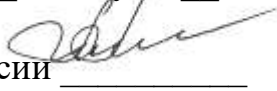


ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 41

Тема. Выбор и монтаж устройства защитного отключения (УЗО)

Цель: Освоить методику выбора и монтажа, подключения в схему УЗО.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: устройство защитного отключения, соединительные провода, индукционный счетчик, методические рекомендации, учебная литература, дин-рейка, каталог низковольтной аппаратуры.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016, 34-2016, 02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть осажены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [8], с.80-90.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

1. Работа в мастерской

- 2.1 Получить допуск к работе у преподавателя.
- 2.2 Освоить методику выбора устройства защитного отключения.
- 2.3 Освоить методику монтажа устройства защитного отключения.
- 2.4 Выполнить подключение УЗО в «квартире».
- 2.5 Оформить отчет.
- 2.6 Убрать рабочее место.

3. Методические указания.

3.1. Теоретические сведения.

В настоящее время УЗО является лучшим устройством, способным предохранить человека от поражения электрическим током, а также предотвратить возникновение пожаров из-за неисправной электропроводки. Эта аббревиатура расшифровывается как «устройство защитного отключения».

УЗО способно выявить утечку тока, которая возникает при его прохождении через тело человека, и сразу (не более, чем через 0,02 секунды) отключает все фазы аварийного участка электроцепи.

В настоящее время производятся УЗО двух типов – АС, которые определяют утечку переменных токов, и А, необходимые в случае, если в цепи находятся выпрямители или управляемые тиристоры, отчего возникает возможность утечки не только переменного, но и постоянного тока. Стоимость последних в два раза превышает устройства типа АС. На данный момент не имеется никаких нормативных документов, где обговариваются случаи, когда возможно использование УЗО только типа А. Однако в инструкциях по эксплуатации некоторых приборов иногда указывается необходимость УЗО данного типа. Такое встречается, к примеру, в автоматических стиральных машинах.

УЗО устанавливаются в распределительных щитках после вводного автомата. Для одного дома или квартиры возможно использование только одного устройства. Автоматический выключатель монтируется после УЗО и должен иметь меньший номинал по амперажу (к примеру, для УЗО на 32 А подойдет автомат на 25 А. Однако такая установка имеет и свои недостатки: при ее срабатывании вы столкнетесь с полным отключением напряжения в квартире или доме.

Вместо связки УЗО + автомат вы можете использовать дифференцированный автомат, в который встроены возможности и автомата, и УЗО. Особенно удобно, если в электрощите имеется не очень много места. Но стоимость **дифференцированного автомата** намного выше совокупной цены обычного автомата и УЗО.

Другим вариантом является использование одного «вводного» УЗО на 30 мА и дополнительных отходящих на 10 мА, для каждой группы. Однако такой способ тоже приводит к лишним затратам и требует от большего щита, где можно было бы разместить дополнительные УЗО.

Наиболее просты в установке УЗО в виде переходника, которые достаточно просто воткнуть в розетку. Они позволяют избавиться от необходимости смены электропроводки, однако стоимость их в три раза выше обычных устройств. Имеется аналог **УЗО-"вилки"** и – **УЗО-"розетки"**.

Устройство защитного отключения (УЗО) - коммутационный аппарат или совокупность элементов, которые при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения при определенных условиях эксплуатации должны вызвать размыкание контактов.

Существует большое количество различных УЗО отличающихся по своим техническим характеристикам, назначению, функциональности. Рассмотрим основные правила, которые следует соблюдать при выборе УЗО.

1. Суммарная величина тока утечки сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должна превосходить $1/3$ номинального тока УЗО. При отсутствии данных о токах утечки электроприемников ее следует принимать из расчета 0,3 мА на 1А тока нагрузки, а ток утечки сети - из расчета 10 мкА на 1 метр длины разного проводника.

2. Рекомендуется использовать УЗО, при срабатывании которых происходит отключение всех рабочих проводников, в том числе и нулевого, при этом наличие защиты от сверхтока в нулевом полюсе не требуется.

3. В зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником.

4. УЗО должно сохранять работоспособность и характеристики при кратковременных (до пяти секунд) провалах напряжения до 50% от номинального. Режим возникает при коротких замыканиях на время срабатывания АВР.

5. Во всех случаях применения УЗО должно обеспечивать надежную коммутацию цепей нагрузки с учетом возможных перегрузок.

6. По наличию расцепителей УЗО выпускаются как имеющими, так и не имеющими защиту от сверхтока. Преимущественно должны использоваться УЗО, представляющие единый аппарат с автоматическим выключателем, обеспечивающим защиту от сверхтока.

7. В жилых зданиях, как правило, должны применяться УЗО типа "А", реагирующие не только на переменные, но и на пульсирующие токиповреждений. Источником пульсирующего тока являются, например, стиральные машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, телевизоры, видеомагнитофоны, персональные компьютеры и др.

8. УЗО, как правило, следует устанавливать в групповых сетях, питающих штепсельные розетки, установка УЗО в линиях, питающих стационарно установленное оборудование и светильники, а также в общедомовых осветительных сетях, как правило, не требуется.

9. Для сантехкабин, ванн и душевых рекомендуется устанавливать УЗО с величиной тока срабатывания до 10 мА, если на них выделена отдельная линия; в остальных случаях (например, при использовании одной линии для сантехкабины, кухни и коридора) допускается использовать УЗО с номинальным током до 30 мА.

10. УЗО должно соответствовать требованиям подключения. Особое внимание следует обращать при использовании проводов и кабелей с алюминиевыми жилами (многие импортные УЗО допускают подключение только медных проводов).

Что нужно учитывать при выборе УЗО

Прежде всего следует определиться с **требованиями по защите**: существует ли необходимость защиты от прямых и непрямых контактов, необходимость защиты от перегрузки или короткого замыкания.

Для защиты от непрямых контактов возможно использование дифференциальных устройств с чувствительностью: 30 мА, 100 мА, 300 мА, 500 мА, 1 А (чувствительность определяется сопротивлением заземления).

Номинальный ток УЗО (40, 63 А) выбирают в зависимости от величины нагрузки. (Примечание. При дополнительной защите от прямых контактов используются дифференциальные устройства чувствительностью 30 мА или 10 мА).

При выборе УЗО следует учитывать как рабочие эксплуатационные параметры устройств, так и характеристики, определяющие их качество и надежность.

Рабочие параметры УЗО - номинальное напряжение, номинальный ток, номинальный отключающий дифференциальный ток (уставка по току утечки) выбираются на основе технических данных проектируемой электроустановки. Их выбор обычно не представляет большой сложности.

Номинальный условный ток короткого замыкания I_{nc} - характеристика, определяющая надежность и прочность устройства, качество исполнения его механизма и электрических соединений. Иногда этот параметр называют «стойкость к токам короткого замыкания».

Стандартом ГОСТ Р 51326.1.99 для УЗО установлено минимально допустимое значение I_{nc} , равное 3 кА.

Следует заметить, что в европейских странах не допускаются к эксплуатации УЗО с I_{nc} , меньшим, чем 6 кА. У качественных УЗО этот показатель равен 10 кА и даже 15 кА.

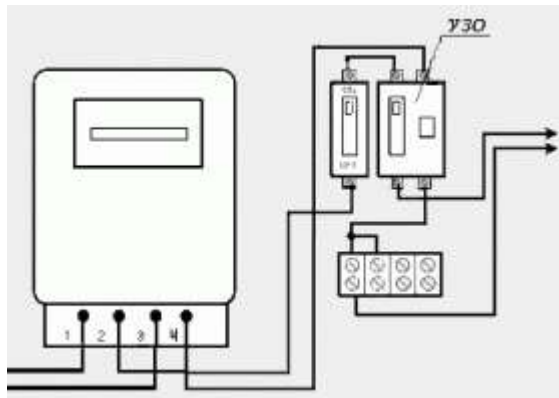
На лицевой панели устройств данный показатель указывается либо символом: например, $I_{nc} = 10\ 000\ А$ либо соответствующими цифрами в прямоугольнике.

Коммутационная способность УЗО - I_m , согласно требованиям норм, должна быть не менее десятикратного значения номинального тока, или 500 А (берется большее значение).

Качественные устройства имеют, как правило, гораздо более высокую коммутационную способность - 1000, 1500 А. Это значит, что такие устройства надежнее, и в аварийных режимах, например при коротком замыкании на землю, УЗО, опережая автоматический выключатель, гарантированно произведет отключение.

Подключение УЗО в квартире может быть выполнено следующими способами:

Общее вводное УЗО. В этом случае УЗО устанавливается в электрощите и подключается сразу после подключения электросчетчика. Преимуществом такого подключения является защита от различных утечек токов на "землю" всей схемы электропроводки квартиры или дома



Кроме того, это относительно недорогой способ защиты от утечек токов на "землю", имеющий, однако один существенный недостаток: срабатывание вводного УЗО в случае неисправности на каком-либо участке электрической цепи вызовет отключение всей цепи, т. е. полностью обесточит весь дом. При таком способе подключения, следует использовать УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током (током утечки) не менее 30 мА.

Подключение нескольких УЗО для защиты электрических групп, с определенной нагрузкой - всевозможные водонагреватели, стиральные машины, розетки в детской или ванной комнатах и т. д. Т. е., вместо одного вводного УЗО после расчетного электросчетчика устанавливается несколько защитных устройств, количество которых определяется количеством отходящих электрических групп, нуждающихся в защите от утечек тока на "землю"

Такая схема защиты более предпочтительна, однако, стоимость ее реализации, по понятным причинам будет выше, чем предложенная выше. Номинальный отключающий дифференциальный ток УЗО, в этом случае, для одной электрической группы не должен превышать 30 мА.

Независимо от используемой схемы подключения УЗО, следует помнить, что эти устройства предназначены, прежде всего для защиты электрических цепей от утечек токов на "землю" и никак не могут быть использованы в качестве "автоматов" - для защиты от коротких замыканий. Более того, УЗО само должно быть обеспечено защитой от сверхтоков и токовых перегрузок.

УЗО В КВАРТИРЕ: ОШИБКИ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ УСТРОЙСТВО ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ.

1. Устройства защитного отключения бывают электронные и электромеханические. Мы будем говорить исключительно об электромеханическом типе защитных

устройств, потому, как электронные уступают своему электромеханическим и дополнительно требуют электропитания входе работы.

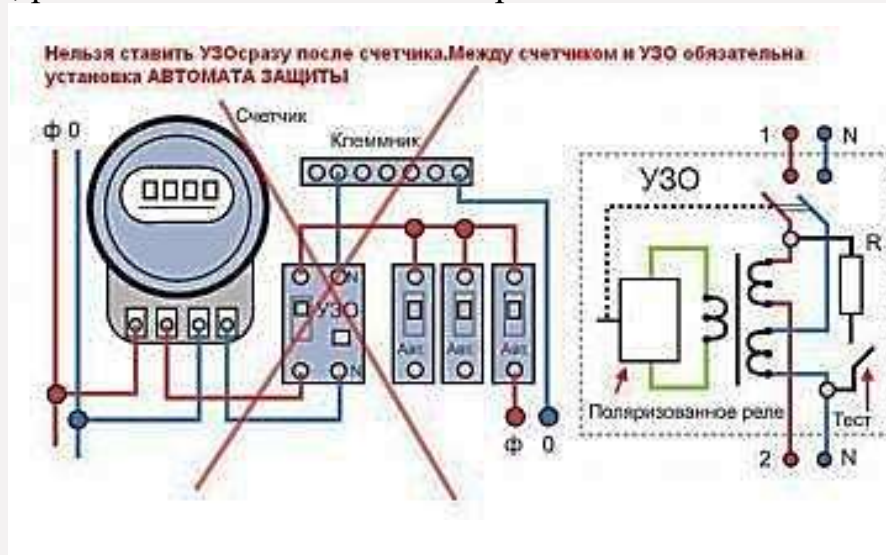
2. Принцип действия электромеханических защитных устройств основан на сравнении токов в фазе и нейтрале(нуле). Если их амплитуда (утечка) выше значения в характеристиках УЗО, указанных на фасаде прибора, то дифференциальный автоматический выключатель активируется и отключит как фазу, так и ноль.

Примечание: в трехфазных защитных устройствах амплитуды токов по отдельным фазам суммируются и сравниваются «нулем».

УЗО может сработать и при выключенной фазе (отключенный автомат) в случае если по «нулю» пущен или “пробивает” ток.

3. Суммарная величина тока утечки сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должна превосходить 1/3 номинального тока УЗО. При отсутствии данных о токах утечки электроприемников ее следует принимать из расчета 0,3 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки сети – из расчета 10 мкА на 1 метр длины фазного проводника.

4. При установке УЗО последовательно должны выполняться требования селективности. При двух- и многоступенчатой схемах УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно иметь уставку и время срабатывания не менее чем в три раза большую, чем у УЗО, расположенного ближе к потребителю.



5. Использовать УЗО в групповых линиях, не имеющих защиты от сверхтока, без дополнительного аппарата, обеспечивающего эту защиту, недопустимо.

6. В жилых зданиях, как правило, должны применяться УЗО типа “А”, реагирующие не только на переменные, но и на пульсирующие токи повреждений. Источником пульсирующего тока являются, например, стиральные машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, телевизоры, видеомэагнитофоны, персональные компьютеры и др. Использование УЗО типа “АС”, реагирующих только на переменные токи утечки, допускается в обоснованных случаях.

7. УЗО, как правило, следует устанавливать в групповых сетях, питающих штепсельные розетки, установка УЗО в линиях, питающих стационарно установленное оборудование и светильники (за исключением ванных комнат), а также в обще ведомственных осветительных сетях, как правило, не требуется.

Установка УЗО на линиях, питающих установки пожарной сигнализации, не допускается.

8. Для сантехкабин, ванных и душевых рекомендуется устанавливать УЗО с величиной тока срабатывания до 10 мА (миллиАмпер), если на них выделена отдельная линия; в остальных случаях, например, при использовании одной линии для сантехкабины, кухни и коридора, допускается использовать УЗО с номинальным током до 30 мА.

9. Для индивидуальных домов УЗО с номинальным током до 30 мА рекомендуется предусматривать для групповых линий, питающих штепсельные розетки внутри дома, включая подвалы, встроенные и пристроенные гаражи, а также в групповых сетях, питающих ванные комнаты, душевые и сауны. Для устанавливаемых снаружи штепсельных розеток установка УЗО с номинальным током до 30 мА обязательна.

Ограничители перенапряжений (грозовые разрядники) следует устанавливать до УЗО.

ОШИБКИ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ УЗО

1. ПЕРЕПУТАНЫ НЕЙТРАЛИ (НУЛИ) ДВУХ УЗО
2. ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ НЕЙТРАЛЕЙ (НУЛЕЙ)
3. НЕПРАВИЛЬНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ НЕЙТРАЛИ (НУЛЯ) К УЗО
4. Недопустимое дополнительное соединение N (нейтраль-нуля) и PE (независимое заземление) внутри розетки SV.

Несколько напоминаний и предупреждений касающихся техники безопасности при самостоятельных работах по электропроводке.



Установка розеток, выключателей, электроприборов в ванной комнате без применения 10 мАмперного УЗО смертельно опасна!

Не подключайте по собственной инициативе нейтральный провод к Вашему заземлению, то есть не делайте повторное заземление нейтрального провода на вводе и соответственно зануление электроприборов.

Повторным заземлением питающих линий в первую очередь должна заниматься энергопередающая организация.

При возникновении аварийных ситуаций на питающей линии, а именно не контакт, обрыв нейтрального проводника, отгорание проводника, ошибочной смены местами фазы и нейтрали, перехлестывании проводов на воздушных линиях единственной нейтралью всех домов через Ваше заземление может стать Ваша заземленная нейтраль.

При кустарном исполнении без соблюдения правил и соответствующих квалифицированных испытаний заземление навряд ли выдержит такое и может отгореть, в лучшем случае вызвав пожар, а если и выдержит, то нет гарантии что обеспечит безопасное напряжение прикосновения на открытых токопроводящих поверхностях. В связи с чем неизбежно смертельно опасное и уголовно ответственное, за нарушение правил эксплуатации электроустановок, поражение электрическим током через электрически соединенные открытые токопроводящие поверхности и опасность возникновения пожара!

При любой работе по электропроводке отключайте электропитание линий, а лучше общий квартирный автомат (это особенно относится к домам старой постройки).

ки) В старых домах ,чем больше работаешь, тем больше удивляешься о хитросплетениях старой электропроводки.

МОНТАЖ УЗО

Монтаж УЗО производится так же как и монтаж другого модульного оборудования, устанавливаемого на дин-рейку. Обычно монтаж УЗО на дин-рейку осуществляется в металлический или пластиковый электрощиток.

Перед **монтажом УЗО** необходимо определить место **монтажа УЗО** на дин-рейке, что потребуется для определения пространственной конфигурации подходящих к УЗО и отходящих от УЗО монтажных проводов. Кроме того необходимо убедиться в том, что для монтажа УЗО достаточно места на рейке в электрощитке, учитывая количество полюсов монтируемого УЗО, геометрические размеры устройства защитного отключения и удобство доступа к управлению УЗО.

Перед тем, как осуществлять **монтаж УЗО**, следует еще раз удостовериться в правильности выбора номинала аппарата, либо в соответствии с проектом, либо в соответствии с расчётом УЗО для защищаемой монтируемым УЗО электропроводки и подключаемых нагрузок.

Кроме того, убедитесь в правильности **монтажа УЗО** именно в этом месте цепи, а именно проверьте наличие защищающего **монтируемого УЗО** автомата с защитой от перегрузки и тока короткого замыкания установленного перед устройством защитного отключения. Номинал автомата по рабочему току должен быть меньше или равен номинальному рабочему току, указанному на маркировке УЗО

После осуществления **монтажа УЗО** на дин-рейку, необходимо произвести электрический **монтаж УЗО**, заключающийся в присоединении проводов к вводным и выходным клеммам УЗО, при этом удобнее использовать провода, которые были предварительно изогнуты, для облегчения электрического **монтажа УЗО**. При электрическом **монтаже УЗО** важно присоединить нейтральный провод к соответствующей клемме УЗО, которая обозначается символом "N", так как присоединение к нейтральной клемме УЗО фазового провода может привести к выходу устройства защитного отключения из строя.

В случае подключения фазового провода к нейтральной клемме электромеханического УЗО может ничего и не произойти (это зависит от производителя УЗО и используемой им схемы УЗО), однако электронное УЗО скорее всего работать не будет.

В случае монтажа четырехполюсного УЗО и подключения фазового провода к нейтральной клемме, с вероятностью 66% (что следует из схемы УЗО) не будет работать кнопка "ТЕСТ", позволяющая проверить работоспособность смонтированного УЗО.

После завершения **монтажа УЗО** можно произвести испытание УЗО с целью убедиться в правильности **монтажа УЗО** и работоспособности системы электропитания.

3.2.Методика выполнения работы.

1. Провести монтаж устройства защитного отключения.

- 1.1. Выбрать УЗО исходя из необходимых требований и параметров
- 1.2. Проверить работоспособность устройства защитного отключения.
- 1.3. Установить дин-рейку на основание.
- 1.4. Смонтировать УЗО для жилой комнаты.

Содержание отчёта

1. Титульный лист установленного образца.
2. Параметры выбора УЗО.
3. Порядок подключения УЗО в квартире.
4. Возможные ошибки при подключении устройства защиты

4. Контрольные вопросы.

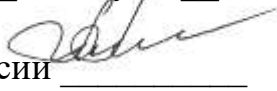
1. Технология монтажа устройства защитного отключения.
2. Какие основные ошибки при подключении УЗО?
3. Перечислите параметры УЗО.
4. Устройство УЗО.

5. Список используемых источников

1. Алиев, И.И. Электротехнический справочник: учеб/ И.И. Алиев [и др.]. – М.: РадиоСофт, 2006. – 384с.
2. Воробьев, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учеб/ В.А. Воробьев. – Москва: «Колос», 2004. – 335с.
3. Пястолов, А.А. Эксплуатация и ремонт электроустановок: учеб/ А.А. Пястолов [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 271с.
4. Янукович, Г.И. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования: учеб/ Г.И. Янукович. – Мн.: «Ураджай», 2000. – 395с.

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 42

Тема. Расчет и выбор аппаратуры, монтаж и наладка схемы пуска не реверсивного электродвигателя

Цель: Закрепить умения по разработке схемы пуска электродвигателя, расчету и выбору аппаратов, подготовке электродвигателя. Научить выполнять монтаж и наладку схемы.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская»

Дидактическое и методическое обеспечение: автоматический выключатель, соединительные провода, электродвигатель, магнитный пускатель, кнопочный пост, методические рекомендации, учебная литература, приложение к практической работе, каталог низковольтной аппаратуры.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016, 34-2016, 02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть осажены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1. Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [1], с.3 - 14.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Изучить ход выполнения практической работы.

2. Работа в мастерской

- 2.1. Получить допуск к работе у преподавателя.
- 2.2. Подготовьте рабочее место к выполнению работы.
- 2.3. Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4. Ответить на контрольные вопросы.
- 2.5. Оформить отчет.
- 2.6. Убрать рабочее место.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

Принцип построения электрических схем

При монтаже электроустановок пользуются в основном *электрическими схемами*, представляющими собой упрощенное наглядное изображение связей между отдель-

ными элементами электрической цепи, выполненное с помощью условных графических обозначений и позволяющее понять принцип действия электрической установки.

Из 7 типов электрических схем основными являются **принципиальные схемы**, отражающие с достаточной полнотой и наглядностью взаимные связи между отдельными элементами, входящими в состав установки и дающими исчерпывающие сведения о принципе ее работы.

Принципиальные схемы служат основанием для разработки схем соединений и подключений, составления спецификации и заявок на оборудование, приборы и аппараты на стадии подготовки к монтажу. На стадии монтажа, наладки и эксплуатации установки принципиальная схема является основным руководящим техническим документом.

По назначению принципиальные схемы разделяют на схемы силовых цепей (цепи главного тока), схемы вспомогательных цепей (цепи управления, контроля, сигнализации), совмещенные схемы. При совмещенном начертании схем цепи главного тока выделяют более жирными линиями.

Принципиальные схемы могут выполняться *совмещенным* и *разнесенным* способами. Совмещенные изображения (рисунок 1, а) всегда применяют в схемах соединений, при этом все части каждого прибора располагают в непосредственной близости и заключают обычно в прямоугольный и круглый контур, выполненный тонкой линией. Чаще всего принципиальные схемы выполняют разнесенным способом (рисунок 1, б), при котором условные графические обозначения составных частей приборов располагают в различных местах, но таким образом, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Принадлежность различных частей к одному и тому же аппарату устанавливается позиционным обозначением.

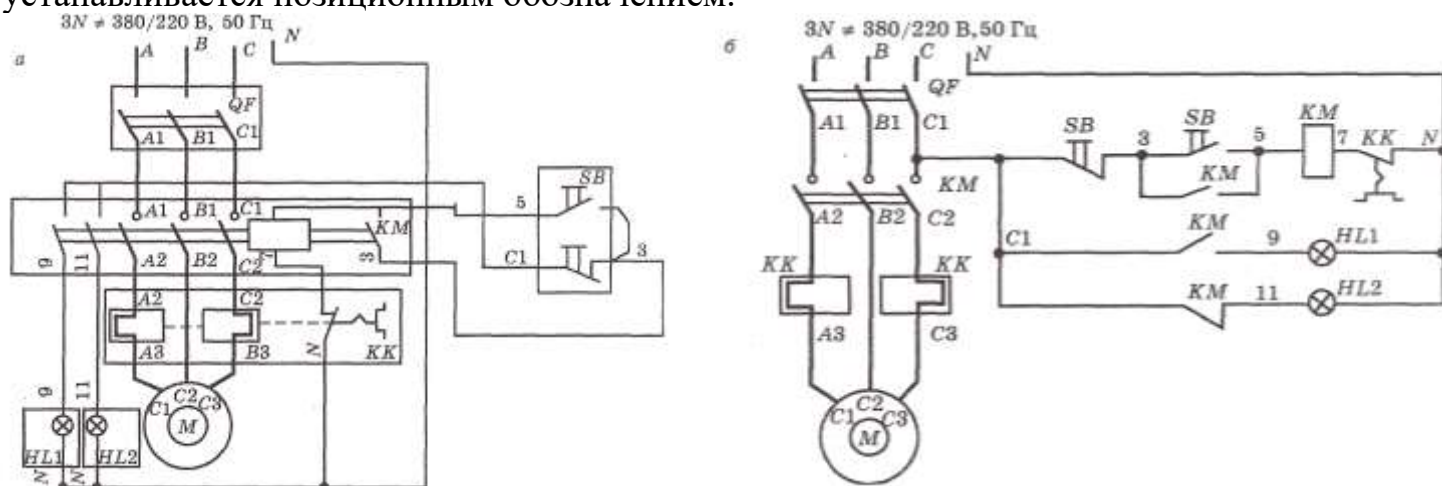


Рисунок 1 - Принципиальные электрические схемы управления электроприводами:
а — совмещенная; б — разнесенная

Чтобы прочесть схему, необходимо знать:

- 1) условные обозначения, определяемые ГОСТ 2.751-73, ГОСТ 2.755-74, ГОСТ 2.756-76; ГОСТ 2.710-81
- 2) принцип действия отдельных аппаратов, входящих в состав установки;
- 3) свойства последовательного и параллельного соединения контактов и других элементов схем.

При чтении схем следует соблюдать определенную последовательность:

- определить источник электропитания и основные пути энергии от источника к потребителю;
- расчленить схему на простейшие цепи;
- уяснить роль каждого элемента, входящего в отдельные простейшие цепи;
- рассмотреть условия взаимодействия аппаратов, входящих в состав электроустановки.

Начинают чтение схемы с рассмотрения цепи основного аппарата, управляющего работой потребителя. Затем определяют контакты аппаратов, входящих в эту цепь, и как они влияют на работу основного аппарата. Потом рассматривают цепи аппаратов, управляющих этими контактами и т.д.

Рассмотрим в качестве примера работу схемы, изображенной на рисунке 1. Наибольшей наглядностью в чтении (лучше прослеживаются отдельные цепи) обладает схема, выполненная разнесенным способом (рисунок 1, б). Из схемы видно, что электродвигатель (*M*) питается от сети 380/220В с частотой 50 Гц. Защита электрической цепи от короткого замыкания осуществляется автоматическим выключателем *OF*.

Дистанционный пуск и остановку выполняют электромагнитным пускателем (*KM*), снабженным электротепловым реле (*KK*) для защиты его от перегрузок. Управление электродвигателем осуществляется кнопками «пуск» и «стоп» (*SB*).

При нажатии *SB* (кнопка «пуск» с замыкающим контактом) и включенном автоматическом выключателе *OF* образуется замкнутая электрическая цепь: зажим *C1* — размыкающий контакт с самовозвратом *SB* (кнопка «стоп»), замыкающий контакт *SB*, катушка электромагнитного пускателя *KM*, размыкающий контакт электротеплового реле *KK*, нулевой провод сети *N*. В электромагните *KM* создается магнитное поле. Якорь, притягиваясь к сердечнику, увлекает траверсу, на которой закреплены подвижные главные и блокировочные контакты. Силовые контакты *KM* замыкают цепь главного тока (электродвигатель включается), а блокировочный замыкающий контакт *KM* шунтирует кнопку «пуск», так как она с пружинным самовозвратом и замкнута лишь на нажатии (поэтому блокировочный контакт *KM* часто называют контактом самопитания).

Для остановки электродвигателя следует нажать кнопку *SB* с размыкающими контактами («стоп»). При этом обесточивается катушка *KM*, главные контакты электромагнитного пускателя разомкнутся и отключат электродвигатель. Защита электродвигателя от перегрузок осуществляется тепловым реле *KK*. При превышении заданного значения электрического тока в цепи питания электродвигателя сработает тепловое реле *KK* и своим размыкающим контактом разомкнет цепь питания катушки электромагнитного пускателя, что в свою очередь приведет к размыканию его главных контактов и электродвигатель отключится.

Схемой предусмотрена также световая сигнализация работы электродвигателя. При неработающем электродвигателе горит сигнальная лампа *HL2*, при работающем — *HL1*.

При применении асинхронных короткозамкнутых электродвигателей, очень остро встает вопрос ограничения пусковых токов. Для ограничения пусковых токов применяются различные схемы пуска асинхронного двигателя.

Способы пуска трехфазного асинхронного двигателя

Следует знать основные достоинства и недостатки различных способов пуска трехфазного асинхронного двигателя. В данной таблице представлены сравнительные характеристики часто используемых способов пуска.

Способ пуска	Преимущества	Недостатки
Прямой пуск (DOL)	Простой и экономичный. Безопасный пуск. Самый большой пусковой момент	Высокий пусковой ток.
Пуск «звезда/треугольник» (SD)	Уменьшение пускового тока в три раза.	Скачки тока при переключении «звезда – треугольник». Не подходит, если нагрузка имеет небольшую массу (безинерционная). Пониженный пусковой момент.
Автотрансформатор	Уменьшение пускового тока на u^2 , где u – понижение напряжения, напр., 60% = 0,60.	Скачки тока при переходе от пониженного к полному напряжению. Пониженный пусковой момент.
Плавный пуск	Плавный пуск. Импульсы тока отсутствуют. Меньший гидравлический удар при пуске насоса. Уменьшение пускового тока на требуемую величину, обычно в 2-3 раза.	Пониженный пусковой момент.
Частотный пускатель	Импульсы тока отсутствуют. Меньший гидравлический удар при пуске насоса. Уменьшение пускового тока, обычно, до уровня тока полной нагрузки. Можно использовать для непрерывной подачи питания к электродвигателю.	Пониженный пусковой момент. Высокая стоимость.

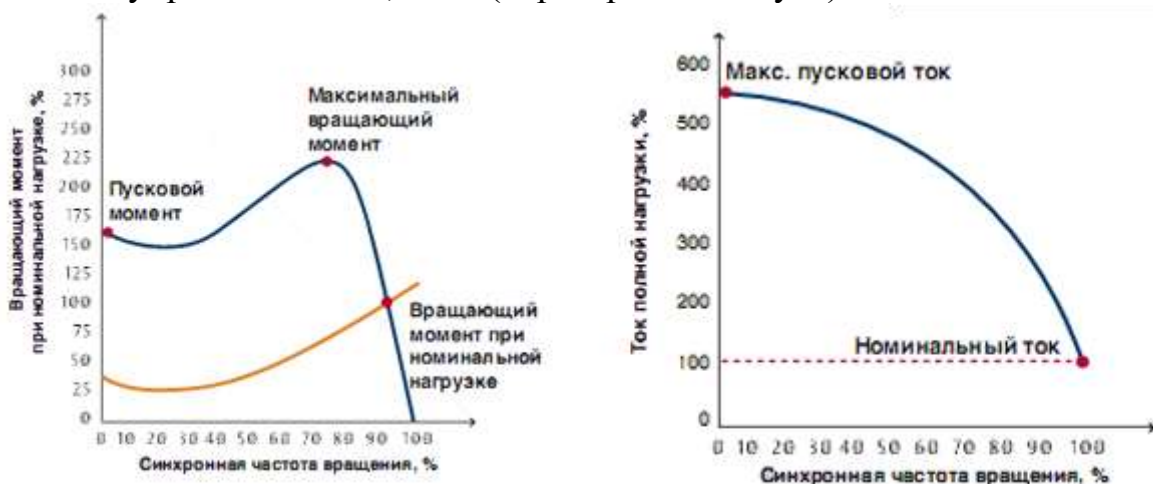
Прямой пуск

Что такое прямой пуск? Как следует из названия, прямой пуск трехфазного асинхронного двигателя означает, что электродвигатель подключается к сети на номинальное напряжение. Прямой пуск в англоязычной аббревиатуре обозначается как (direct-on-line starting – DOL). Его обычно применяют при стабильном питании двигателя, если вал двигателя жестко привязан к приводу, например привод вентилятора или насоса.

Преимущества

Прямой пуск трехфазного асинхронного двигателя от сети (DOL), на сегодняшний день является самым дешёвым и простым. Поэтому он получил и самое большое распространение в промышленности. Кроме того, он даёт минимальное увеличение температуры электродвигателя при пуске по сравнению со всеми другими способами пуска. Если величина пускового тока не ограничивается специальными нормами, то такой способ является наиболее предпочтительным, но не самым экономичным. Если величина пускового тока ограничена параметрами сети, то необходимо выбирать другие способы пуска.

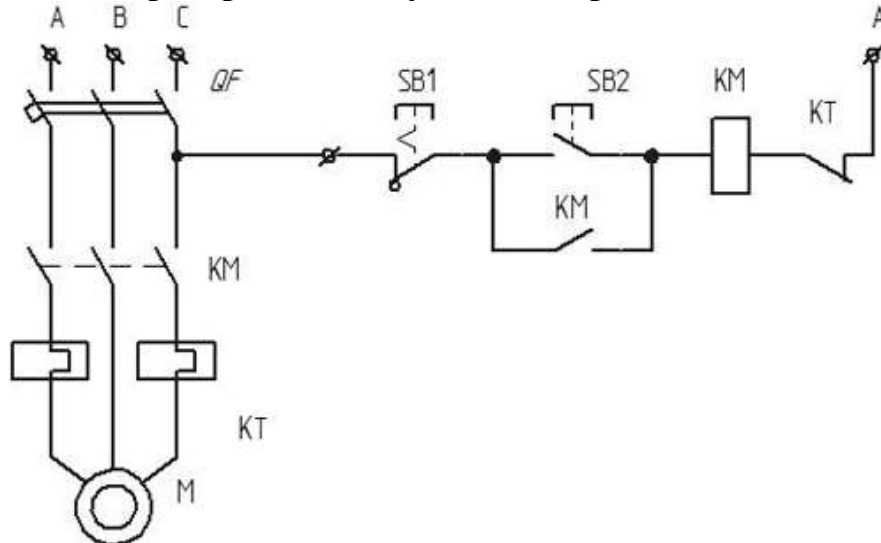
Простейшая схема управления трехфазным асинхронным двигателем М включает в себя силовой контактор КМ, устройство защиты от перегрузок QF тепловое реле КТ и кнопки управления SB1, SB2. (неревверсивный пуск)



Недостатки

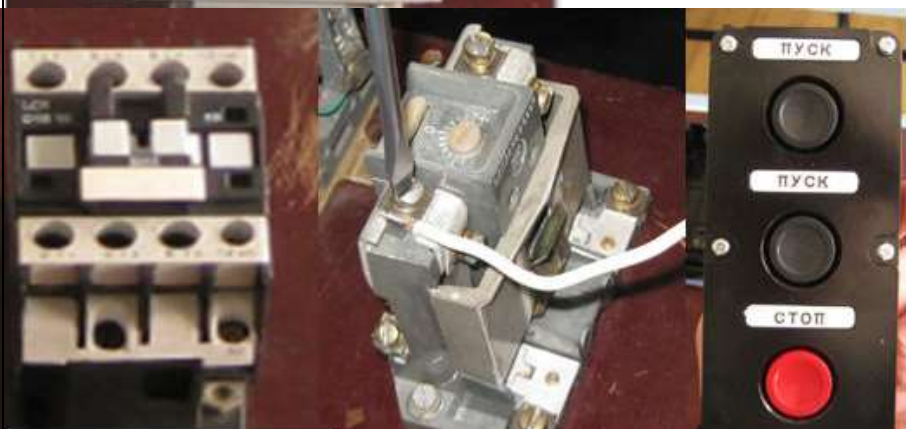
В схемах прямого пуска асинхронных двигателей пусковой момент составляет 150% -300% номинального, при этом пусковой ток может достигать 300% — 800% тока номинального.

Схема нереверсивного пуска асинхронного двигателя



Оборудование:

1. Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором общего назначения.
2. Магнитный пускатель ПМЛ (для пуска, остановки двигателя).
3. Тепловое реле ТРН (для защиты трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором от перегрузок).
4. Кнопка пуск/стоп.



Рабочий инструмент:

- отвертка плоская
- бокорезы
- нож
- кабель (провод) одножильный
- круглогубцы
- плоскогубцы
- трехфазная вилка



До начала работы хотелось бы объяснить обыкновенные понятия для понимания схемы:

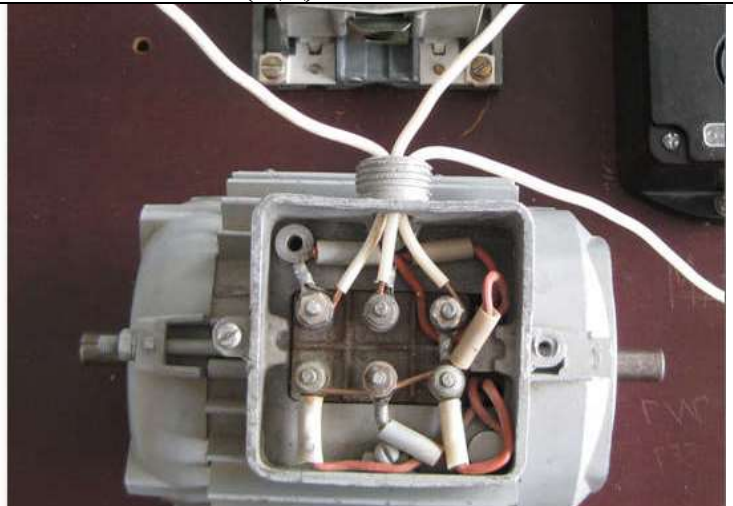
- нормально замкнутый контакт в кнопке пуск/стоп под цифрами (3-4)
- нормально разомкнутый контакт в кнопке пуск/стоп под цифрами (1-2)



Алгоритм (порядок выполнения) сборки схемы нереверсивного пуска асинхронного двигателя (АД)

1. Силовая цепь:

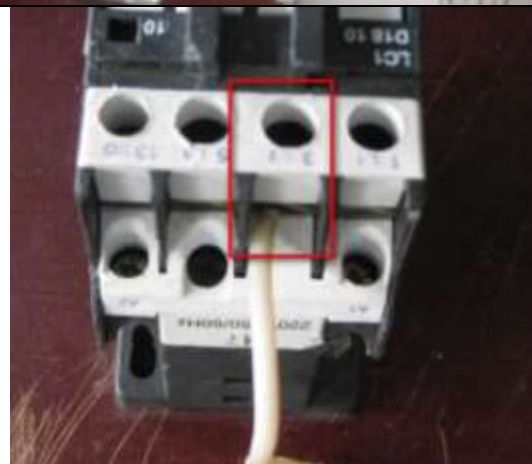
1.1. Берем крайние 2 провода (фаза А и С) выходящие от двигателя



1.2. Присоединяем эти провода к верхним контактам теплового реле



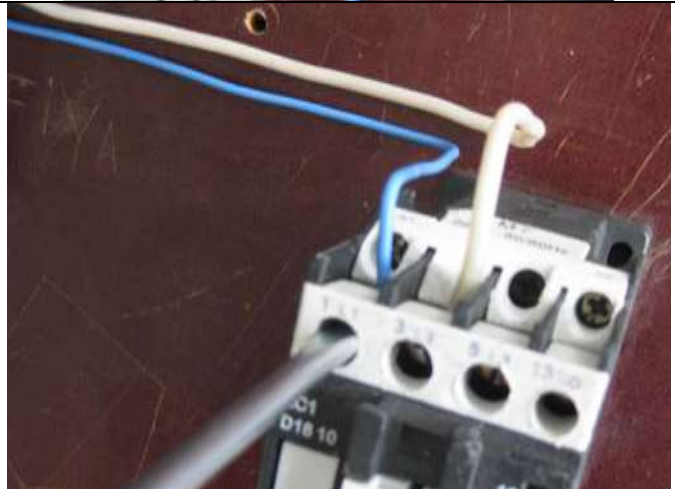
1.3. Третий провод от двигателя соединяем с магнитным пускателем, присоединяя его на контакт 3 (фаза В)



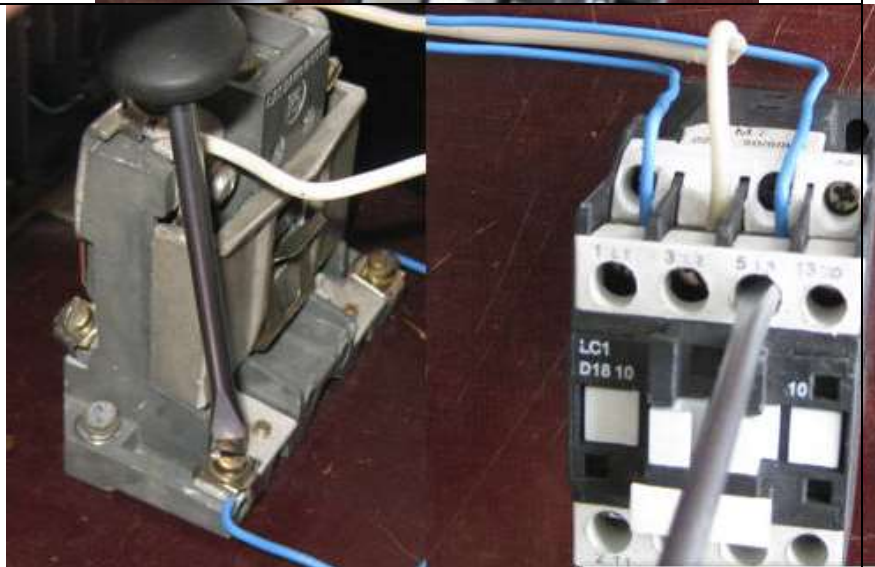
1.4. Соединяем нижние контакты теплового реле с магнитным пускателем



1.5. Один нижний контакт теплового реле соединяем с контактом 1 на магнитном пускателе



1.6. Другой нижний контакт теплового реле соединяем с контактом 5 на магнитном пускателе

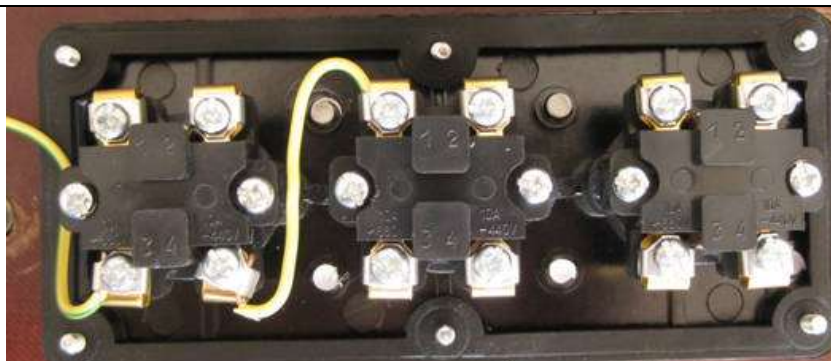


2. Цепь управления:

2.1. Контакт 6 на магнитном пускателе соединяем проводом с нормально замкнутым контактом кнопки «Стоп»



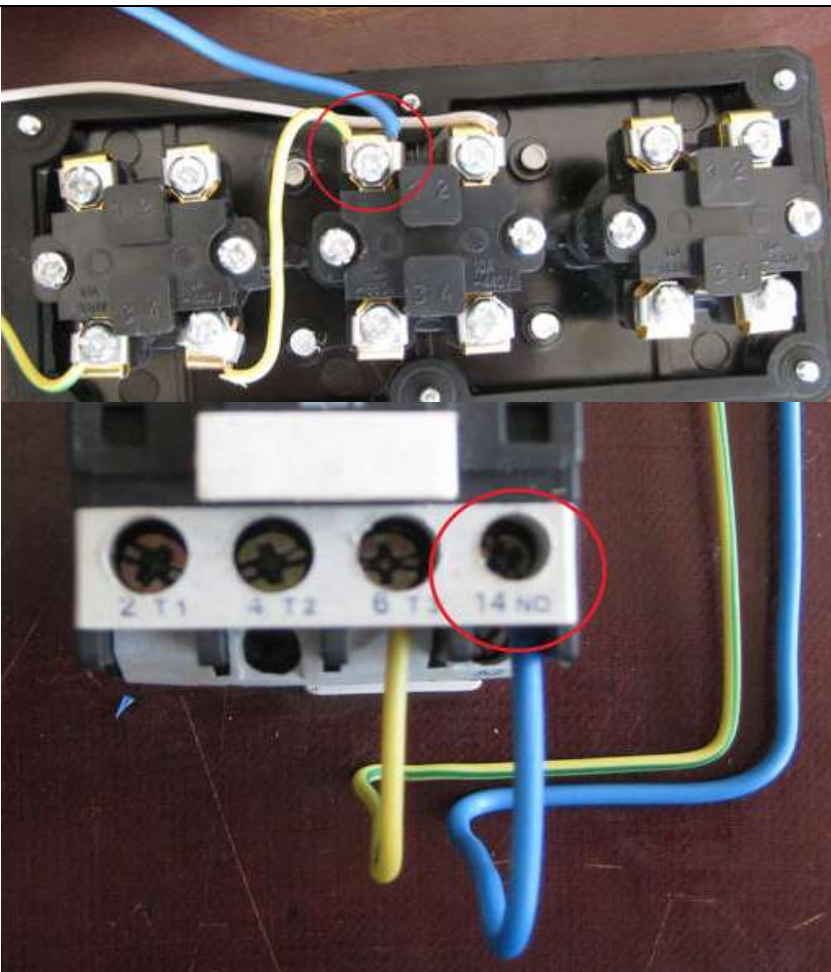
2.2. Делаем перемычку с нормально замкнутого контакта кнопки «Стоп» на нормально разомкнутый контакт кнопки «Пуск»



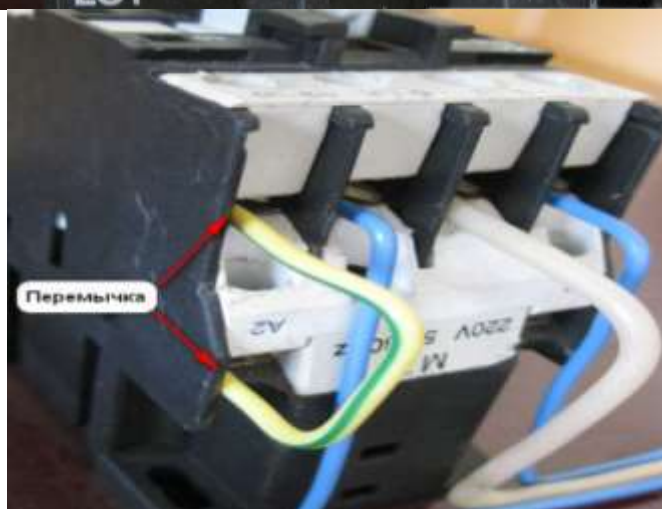
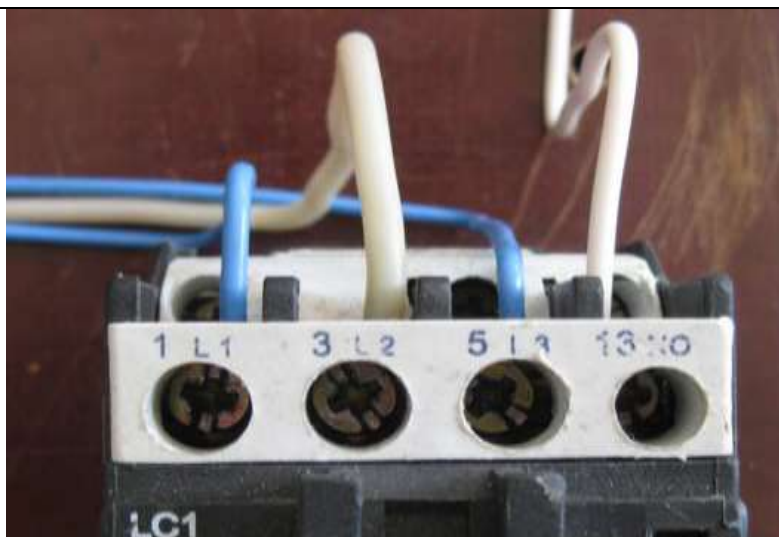
2.3. Блокируем нормально разомкнутый контакт: соединяем контакт 2 кнопки «Пуск» с блок-контактом магнитного пускателя 13



2.4. Соединяем нормально разомкнутый контакт 1 кнопки «Пуск» с блок-контактом магнитного пускателя 14



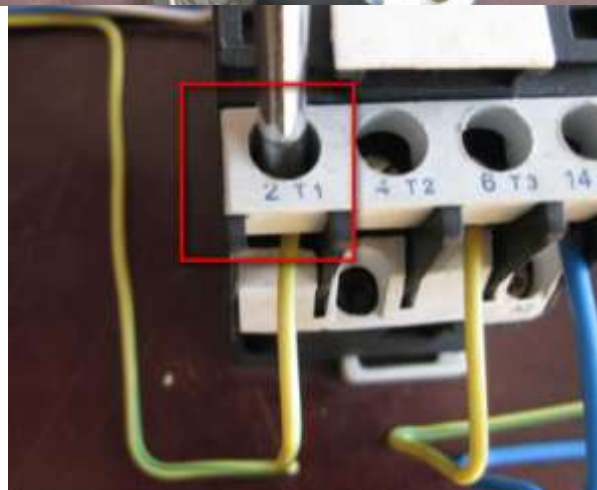
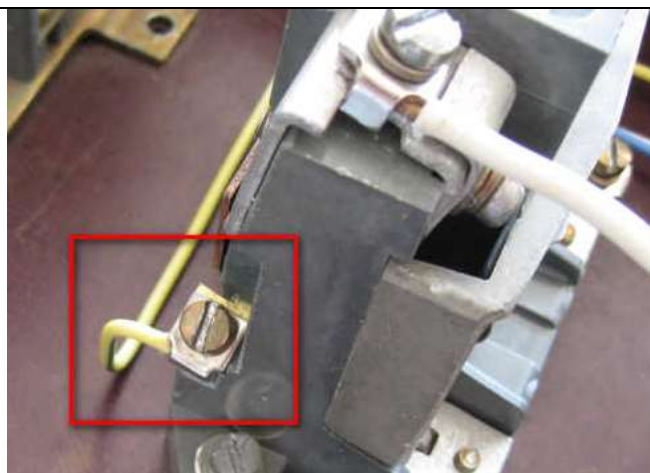
2.5. перемычкой соединяем блок-контакт магнитного пускателя 13 с катушкой магнитного пускателя (контакт – А2)



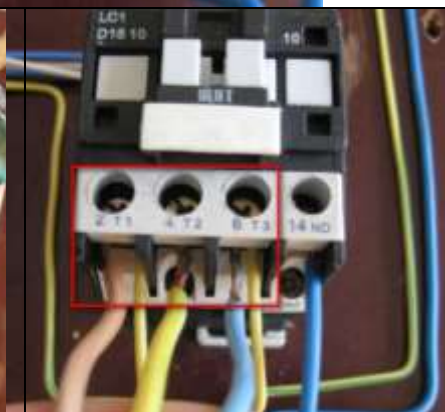
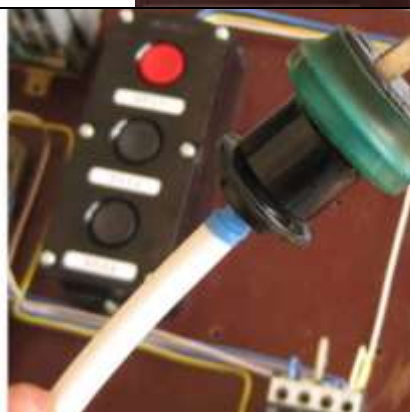
2.6. С катушки магнитного пускателя (контакт А1) подаем питание на нормально замкнутые контакты теплового реле



2.7. С теплового реле (с нормально замкнутого контакта) на контакт 2 магнитного пускателя



2.8. Присоединяем питающий шнур к контактам магнитного пускателя – 2,4,6



2.9. Перед пуском проверяем схему еще раз.

2.10. Запускаем двигатель.



3.2.Методика выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с темой и целью занятия.
2. Изучите теоретические сведения, приведенные в методических указаниях.
3. Изучите схему управления электродвигателем, согласно теме занятия.
4. Осуществить выбор элементов, входящих в схему управления, и дайте их описание (назначение, марка и характеристики).
5. Начертите электрическую принципиальную схему управления электродвигателем согласно теме занятия, используя обозначения предусмотренные ГОСТ 2.755-87, предоставить преподавателю для проверки.
6. Дайте описание порядка работы схемы управления электродвигателем.
7. Подготовить рабочее место и собрать схему управления.
8. **Получите разрешение преподавателя на включение питающего напряжения,** опробуйте работу схемы (в присутствии преподавателя).
9. Убрать рабочее место.

Содержание отчёта

2. Титульный лист установленного образца.
3. Перечень элементов, входящих в состав схемы управления и их характеристики.
4. Схема управления принципиальная.
5. Описание работы схемы управления.
6. Вывод о проделанной работе.
7. Ответы на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы.


1. Расскажите о назначении и типах электрических схем?
2. Поясните назначение принципиальных электрических схем.
3. Поясните, что входит в состав главных (силовых) цепей и цепей управления?
4. Поясните порядок работы схемы управления «пуск двигателя».
5. Поясните назначение блокировочных контактов в схеме управления

5. Список используемых источников

1. Коломиец А.П. Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в с/х производстве. М. Академия.2003г. с.3-14
2. Баран А.Н. и др. Технология электромонтажных работ. Мн. «Дизайн ПРО» 2000 г. с.165-174

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 43

Тема. Расчет и выбор аппаратуры, монтаж и наладка схемы реверсивного пуска электродвигателя

Цель: Закрепить умения по разработке схемы реверсивного пуска электродвигателя, расчету и выбору аппаратов, подготовке электродвигателя. Научить выполнять монтаж и наладку схемы.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: автоматический выключатель, соединительные провода, электродвигатель, магнитный пускатель, кнопочный пост, методические рекомендации, учебная литература, приложение к практической работе, каталог низковольтной аппаратуры.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016, 34-2016, 02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть осажены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [1], с.3 - 14.
- 1.2 Изучите инструкцию по технике безопасности.
- 1.2 Подготовьте бланк отчета.

3. Работа в мастерской

- 2.8 Получить допуск к работе у преподавателя.
- 2.2 Подготовьте рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.5. Ответить на контрольные вопросы.
- 2.5. Оформить отчет.
- 2.6. Убрать рабочее место.

3. Методические указания.

3.1. Теоретические сведения.

Принцип построения электрических схем

При монтаже электроустановок пользуются в основном *электрическими схемами*, представляющими собой упрощенное наглядное изображение связей между отдельными элементами электрической цепи, выполненное с помощью условных графических обозначений и позволяющее понять принцип действия электрической установки.

Из 7 типов электрических схем основными являются **принципиальные схемы**, отражающие с достаточной полнотой и наглядностью взаимные связи между отдельными элементами, входящими в состав установки и дающими исчерпывающие сведения о принципе ее работы.

Принципиальные схемы служат основанием для разработки схем соединений и подключений, составления спецификации и заявок на оборудование, приборы и аппараты на стадии подготовки к монтажу. На стадии монтажа, наладки и эксплуатации установки **принципиальная схема является основным руководящим техническим документом.**

По назначению принципиальные схемы разделяют на схемы силовых цепей (цепи главного тока), схемы вспомогательных цепей (цепи управления, контроля, сигнализации), совмещенные схемы. При совмещенном начертании схем цепи главного тока выделяют более жирными линиями.

Принципиальные схемы могут выполняться **совмещенным** и **разнесенным** способами. Совмещенные изображения (рисунок 1, а) всегда применяют в схемах соединений, при этом все части каждого прибора располагают в непосредственной близости и заключают обычно в прямоугольный и круглый контур, выполненный тонкой линией. Чаще всего принципиальные схемы выполняют разнесенным способом (рисунок 1, б), при котором условные графические обозначения составных частей приборов располагают в различных местах, но таким образом, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Принадлежность различных частей к одному и тому же аппарату устанавливается позиционным обозначением.

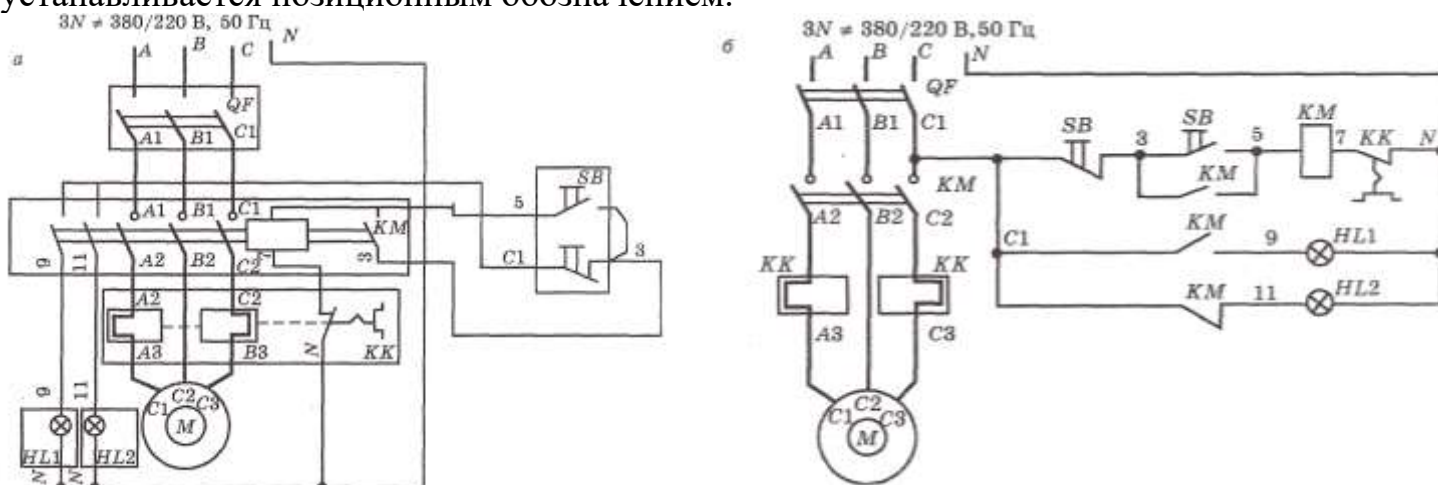


Рисунок 1 - Принципиальные электрические схемы управления электроприводами:
а — совмещенная; б — разнесенная

Чтобы прочитать схему, необходимо знать:

- 1) условные обозначения, определяемые ГОСТ 2.751-73, ГОСТ 2.755-74, ГОСТ 2.756-76; ГОСТ 2.710-81
- 2) принцип действия отдельных аппаратов, входящих в состав установки;
- 3) свойства последовательного и параллельного соединения контактов и других элементов схем.

При чтении схем следует соблюдать определенную последовательность:

- определить источник электропитания и основные пути энергии от источника к потребителю;
- расчленить схему на простейшие цепи;

- уяснить роль каждого элемента, входящего в отдельные простейшие цепи;
- рассмотреть условия взаимодействия аппаратов, входящих в состав электроустановки.

Начинают чтение схемы с рассмотрения цепи основного аппарата, управляющего работой потребителя. Затем определяют контакты аппаратов, входящих в эту цепь, и как они влияют на работу основного аппарата. Потом рассматривают цепи аппаратов, управляющих этими контактами и т.д.

Рассмотрим в качестве примера работу схемы, изображенной на рисунке 1. Наибольшей наглядностью в чтении (лучше прослеживаются отдельные цепи) обладает схема, выполненная разнесенным способом (рисунок 1, б). Из схемы видно, что электродвигатель (*M*) питается от сети 380/220В с частотой 50 Гц. Защита электрической цепи от короткого замыкания осуществляется автоматическим выключателем *OF*.

Дистанционный пуск и остановку выполняют электромагнитным пускателем (*KM*), снабженным электротепловым реле (*KK*) для защиты его от перегрузок. Управление электродвигателем осуществляется кнопками «пуск» и «стоп» (*SB*).

При нажатии *SB* (кнопка «пуск» с замыкающим контактом) и включенном автоматическом выключателе *OF* образуется замкнутая электрическая цепь: зажим *C1* — размыкающий контакт с самовозвратом *SB* (кнопка «стоп»), замыкающий контакт *SB*, катушка электромагнитного пускателя *KM*, размыкающий контакт электротеплового реле *KK*, нулевой провод сети *N*. В электромагните *KM* создается магнитное поле. Якорь, притягиваясь к сердечнику, увлекает траверсу, на которой закреплены подвижные главные и блокировочные контакты. Силовые контакты *KM* замыкают цепь главного тока (электродвигатель включается), а блокировочный замыкающий контакт *KM* шунтирует кнопку «пуск», так как она с пружинным самовозвратом и замкнута лишь на нажатии (поэтому блокировочный контакт *KM* часто называют контактом самопитания).

Для остановки электродвигателя следует нажать кнопку *SB* с размыкающими контактами («стоп»). При этом обесточивается катушка *KM*, главные контакты электромагнитного пускателя разомкнутся и отключат электродвигатель. Защита электродвигателя от перегрузок осуществляется тепловым реле *KK*. При превышении заданного значения электрического тока в цепи питания электродвигателя сработает тепловое реле *KK* и своим размыкающим контактом разомкнет цепь питания катушки электромагнитного пускателя, что в свою очередь приведет к размыканию его главных контактов и электродвигатель отключится.

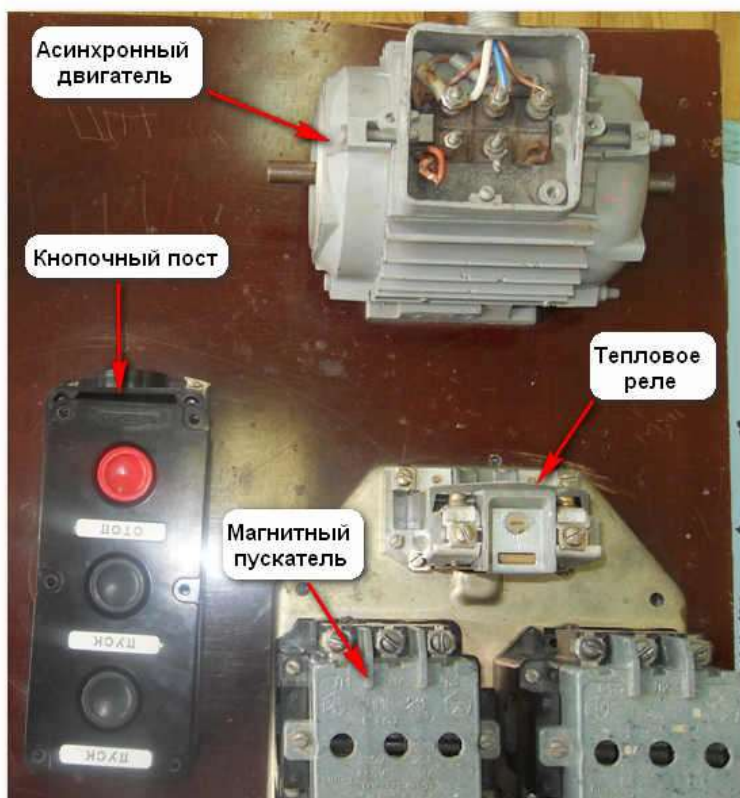
Схемой предусмотрена также световая сигнализация работы электродвигателя. При неработающем электродвигателе горит сигнальная лампа *HL2*, при работающем — *HL1*.

При применении асинхронных короткозамкнутых электродвигателей, очень остро встает вопрос ограничения пусковых токов. Для ограничения пусковых токов применяются различные схемы пуска асинхронного двигателя.

Электрооборудование, используемое при работе:

- асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором общего назначения
- магнитный пускатель ПМЕ-211 (для пуска, остановки и реверсирования двигателя)
- тепловое реле ТРН (для защиты асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором от перегрузок)

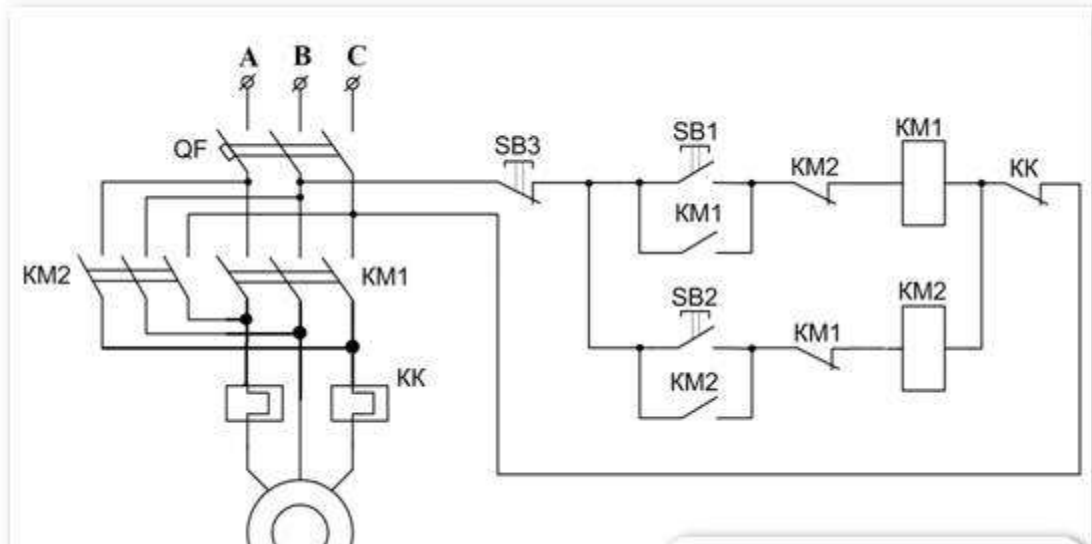
- кнопочный пост ПКЕ 222-3У2 (кнопка пуск — вперед, пуск — назад и стоп)



Рабочий инструмент: отвертка плоская, бокорезы, монтажный нож, **кабель (провод) одножильный**, круглогубцы, плоскогубцы, трехфазная вилка с питающим шнуром.



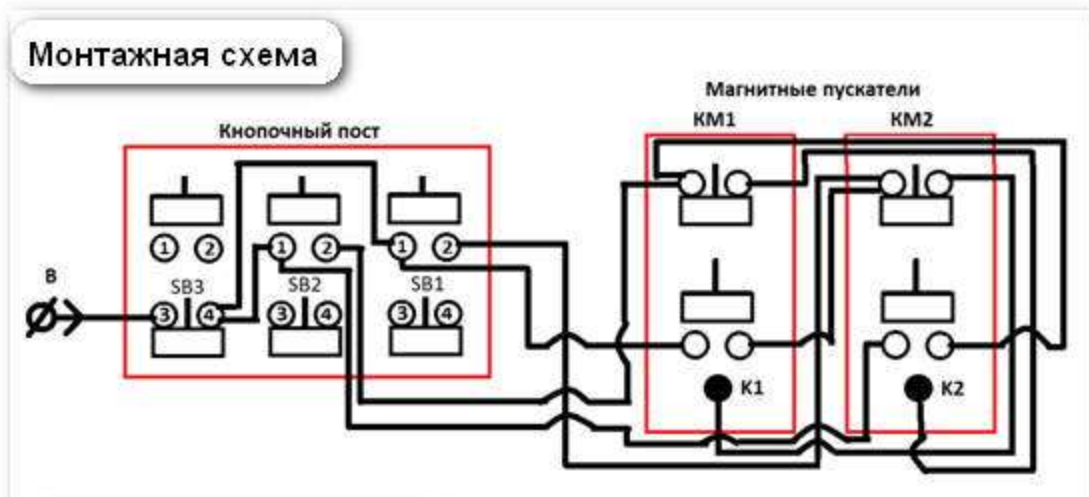
Схема реверсивного пуска асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором

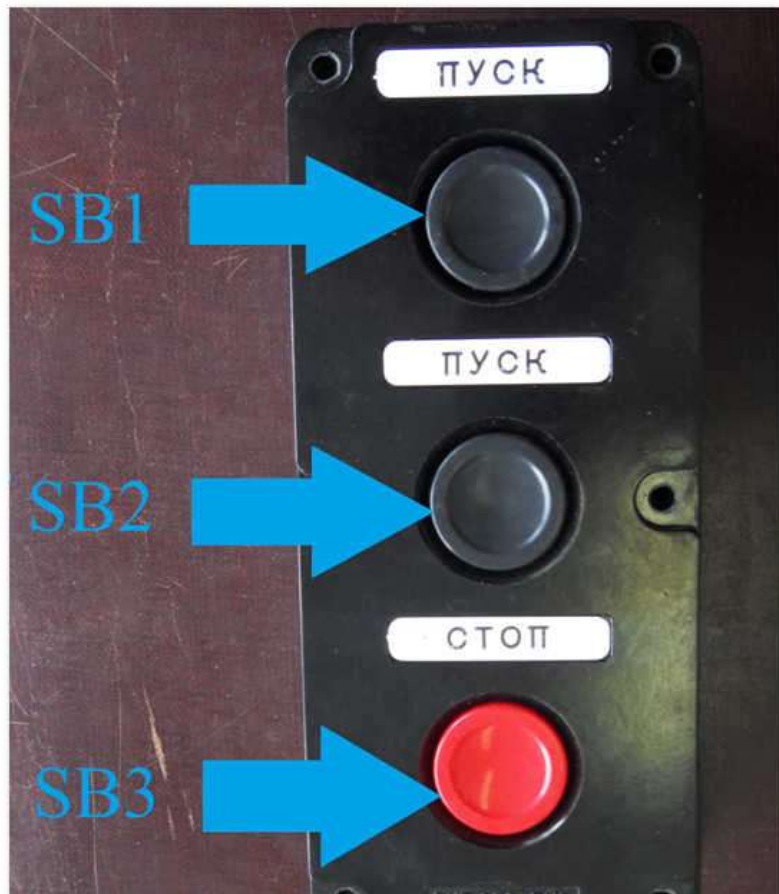


Расшифровка кнопок:

- SB1 — «Вперед»
- SB2 — «Назад»
- SB3 — «Стоп»

Монтажная схема для лучшего понимания кнопочного поста:



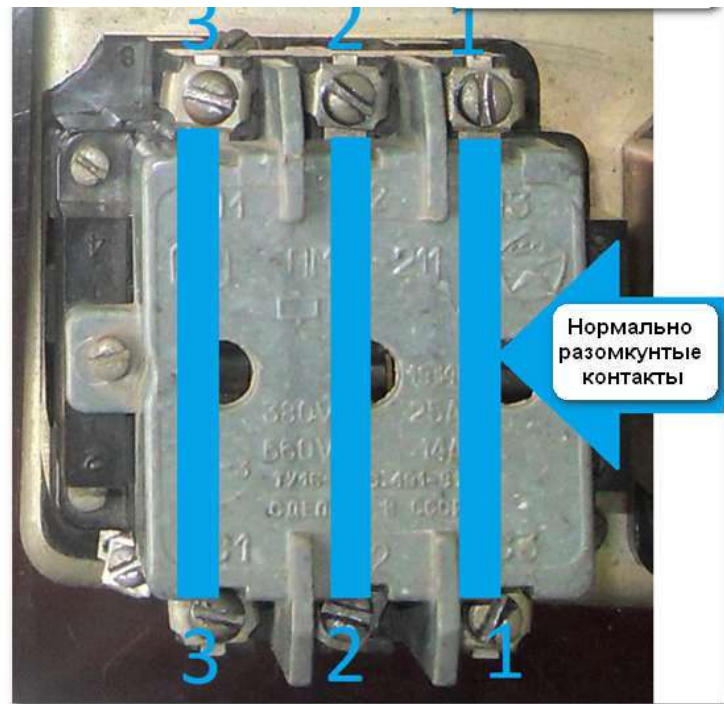


До начала работы хотелось бы объяснить обыкновенные понятия для понимания схемы:

- нормально замкнутый контакт
- нормально разомкнутый контакт



Для наглядности рассмотрим контакты на магнитном пускателе ПМЕ-211:



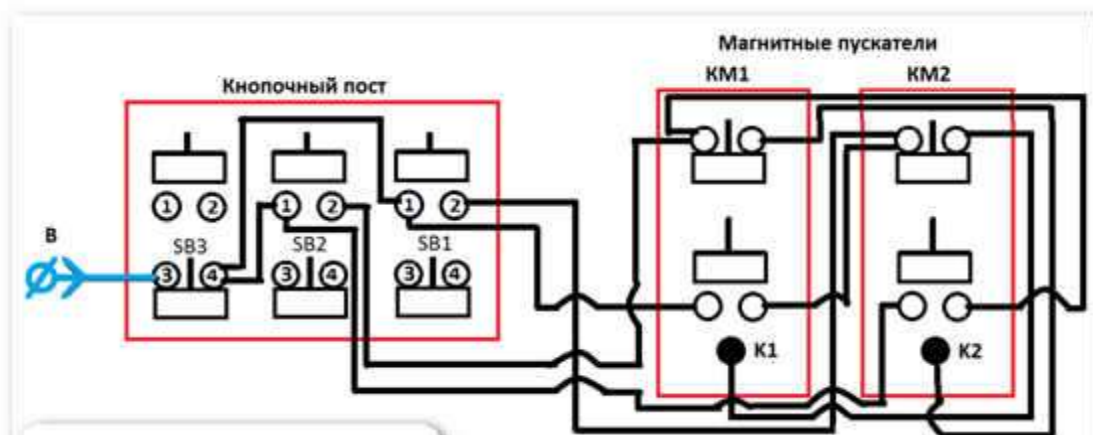
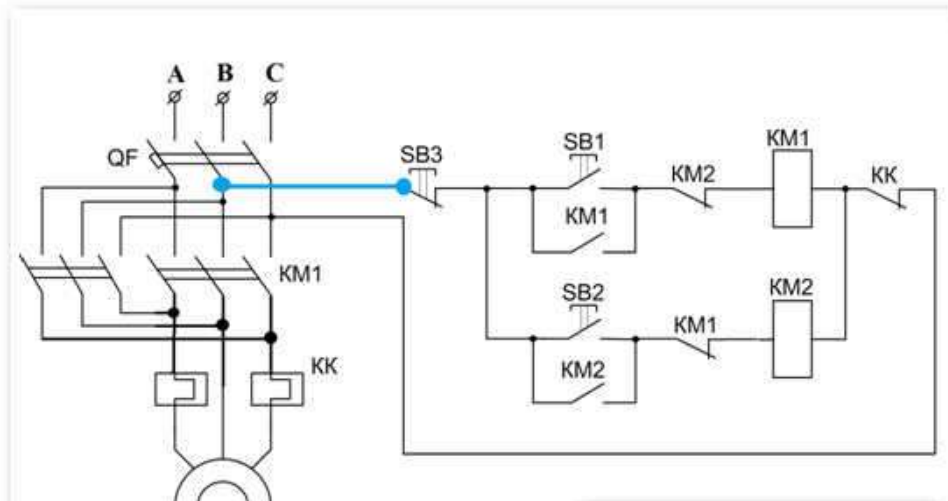
Такой же контакт стоит в кнопке пуск и стоп.



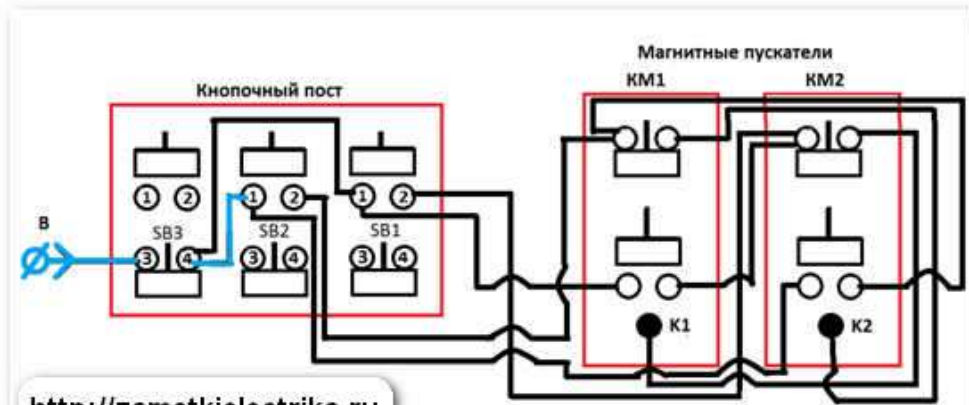
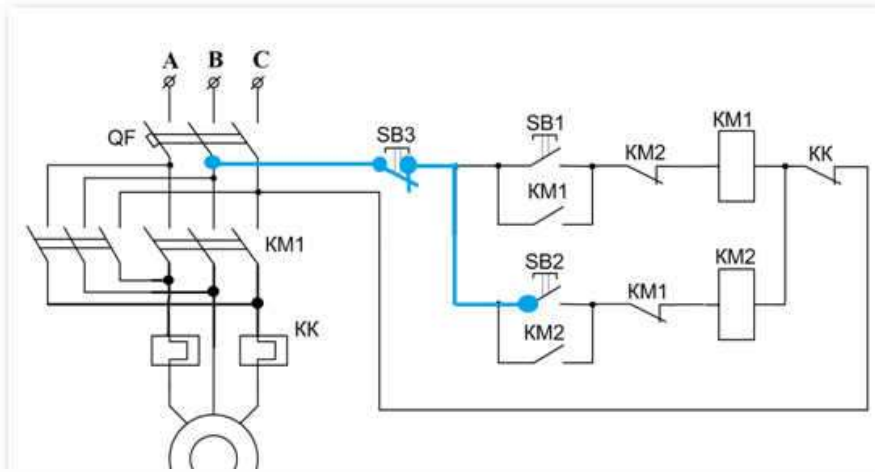
Технологический процесс сборки схемы реверса асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором

Цепь управления:

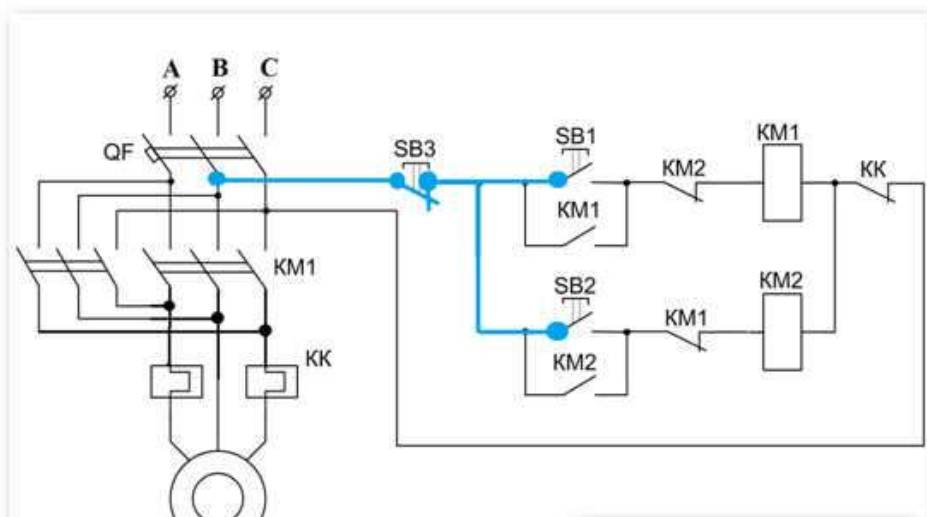
1. Питающий кабель присоединяем с фазы «В» на нормально замкнутый контакт (3) кнопки SB3.

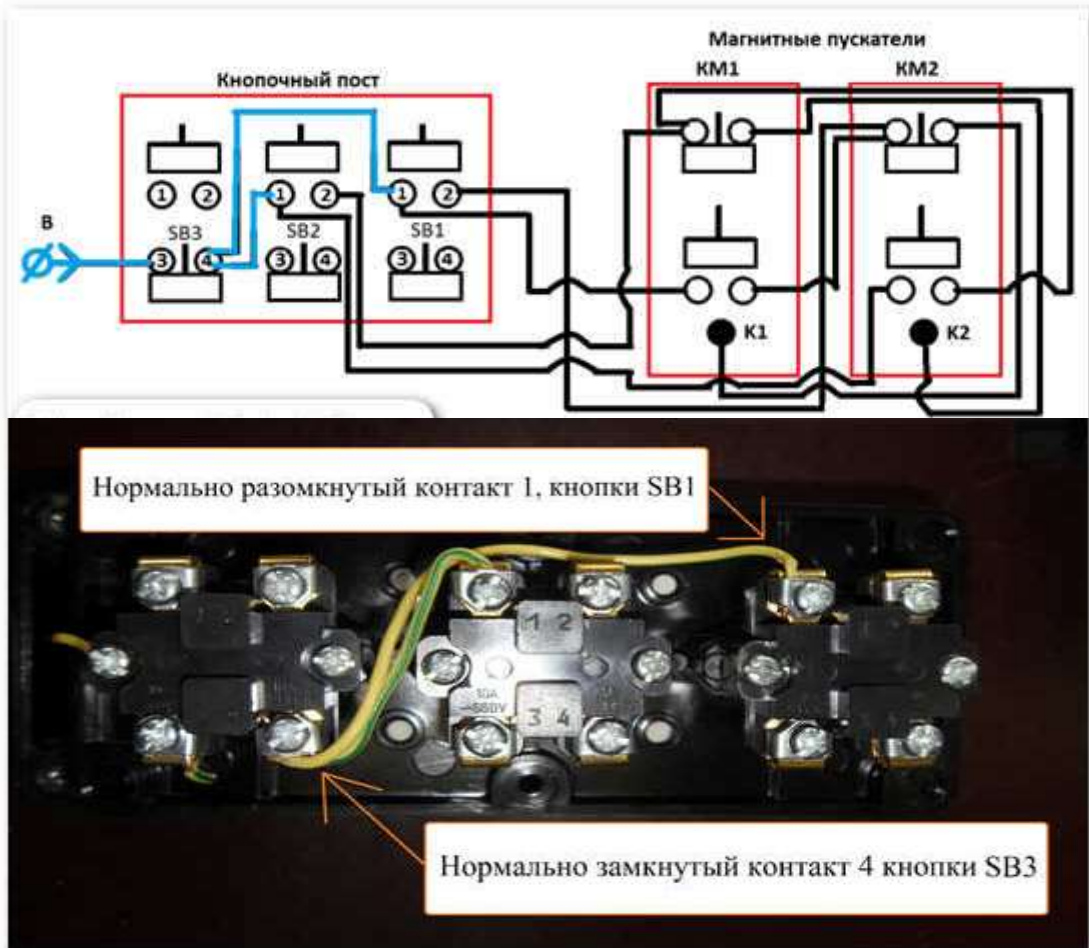


2. С нормально замкнутого контакта (4) кнопки SB3 присоединить перемычку на нормально разомкнутый контакт (1) кнопки SB2.

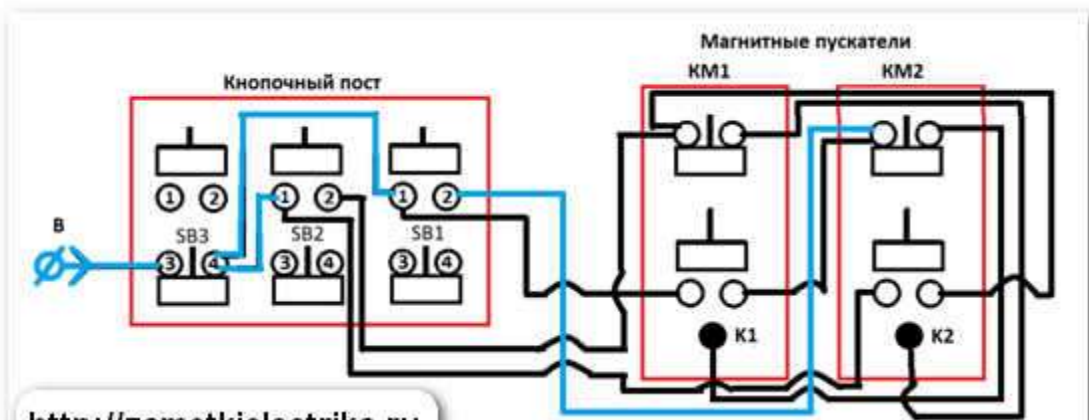
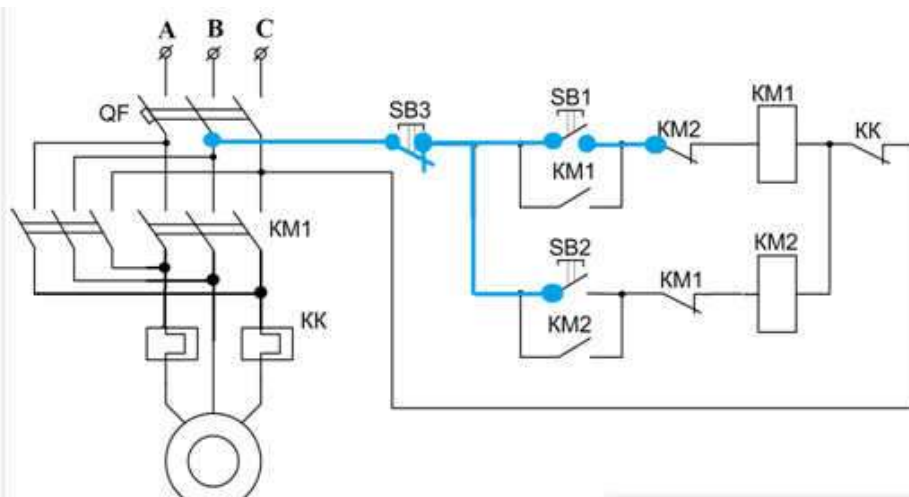


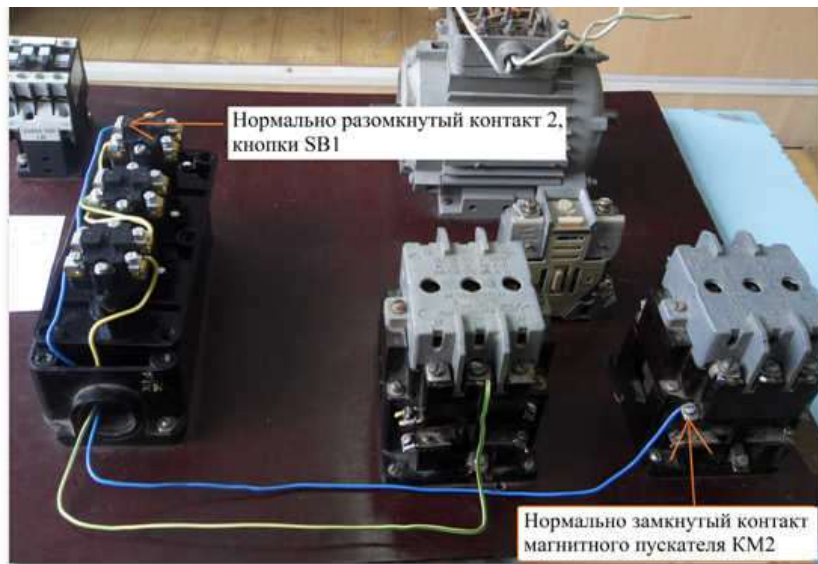
3. С нормально замкнутого контакта (4) кнопки SB3 присоединить перемычку на нормально разомкнутый контакт (1) кнопки SB1.



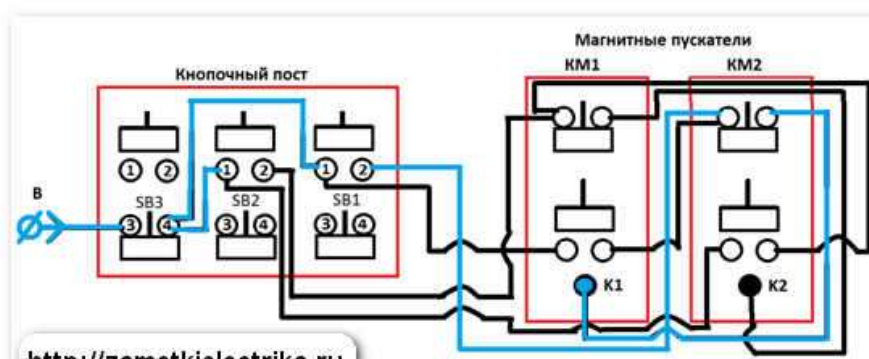
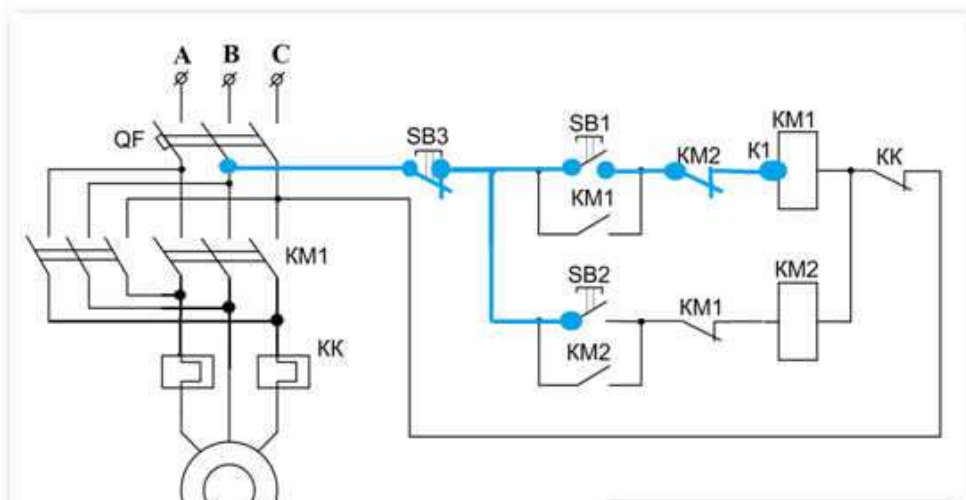


4. С нормально разомкнутого контакта (2) кнопки SB1 присоединить провод на нормально замкнутый контакт магнитного пускателя KM2.



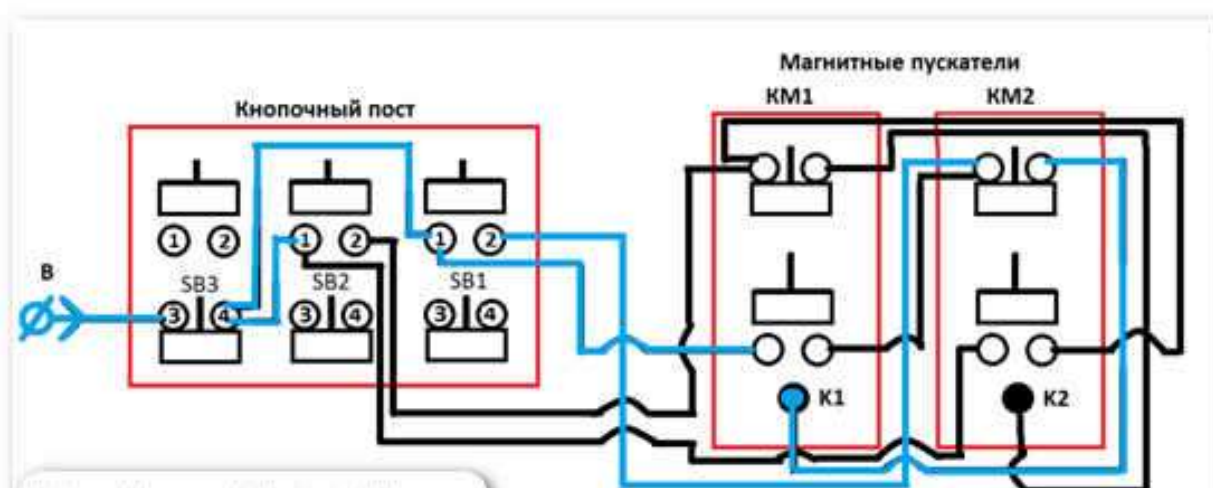
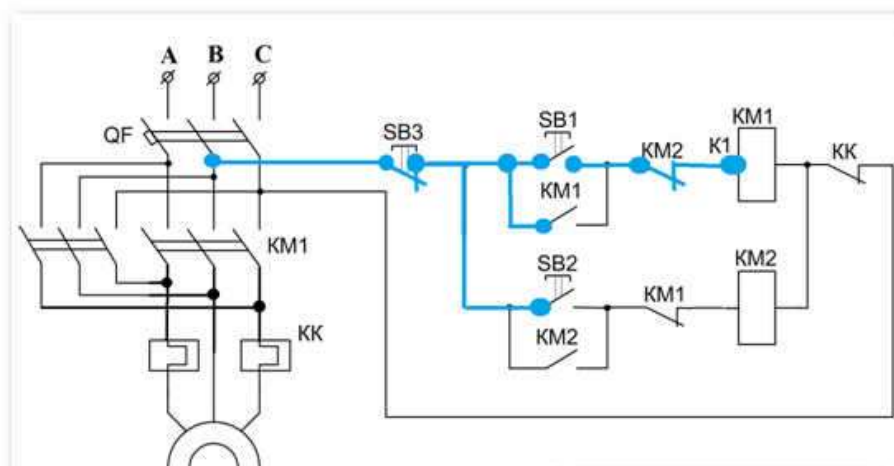


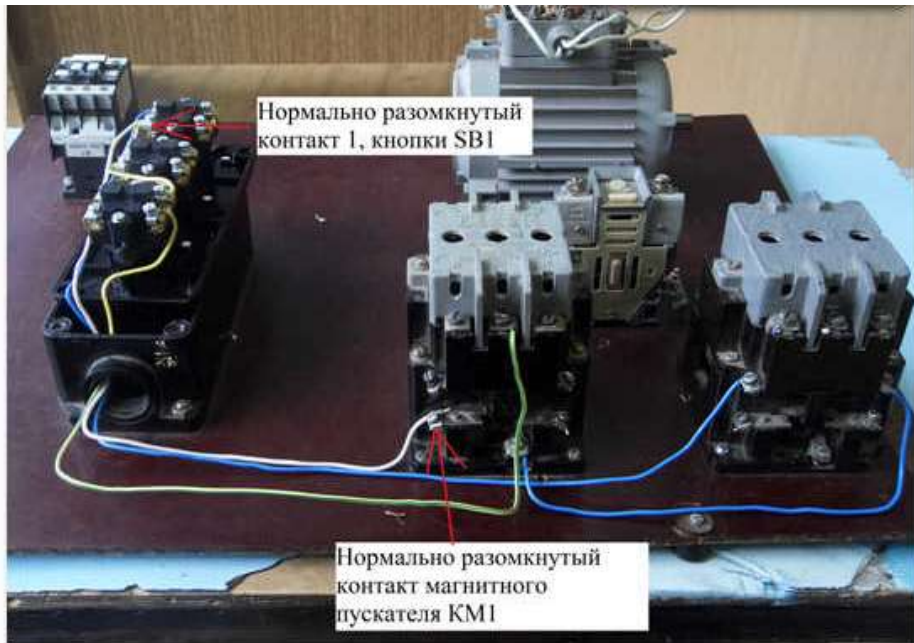
5. С нормально замкнутого контакта магнитного пускателя KM2 присоединяем провод на катушку K1 магнитного пускателя KM1.



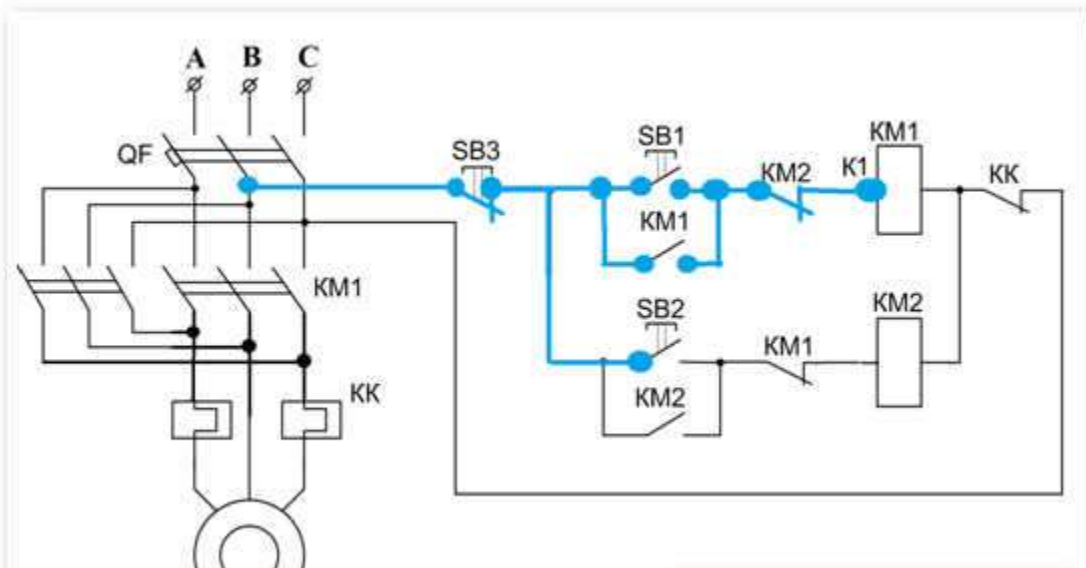


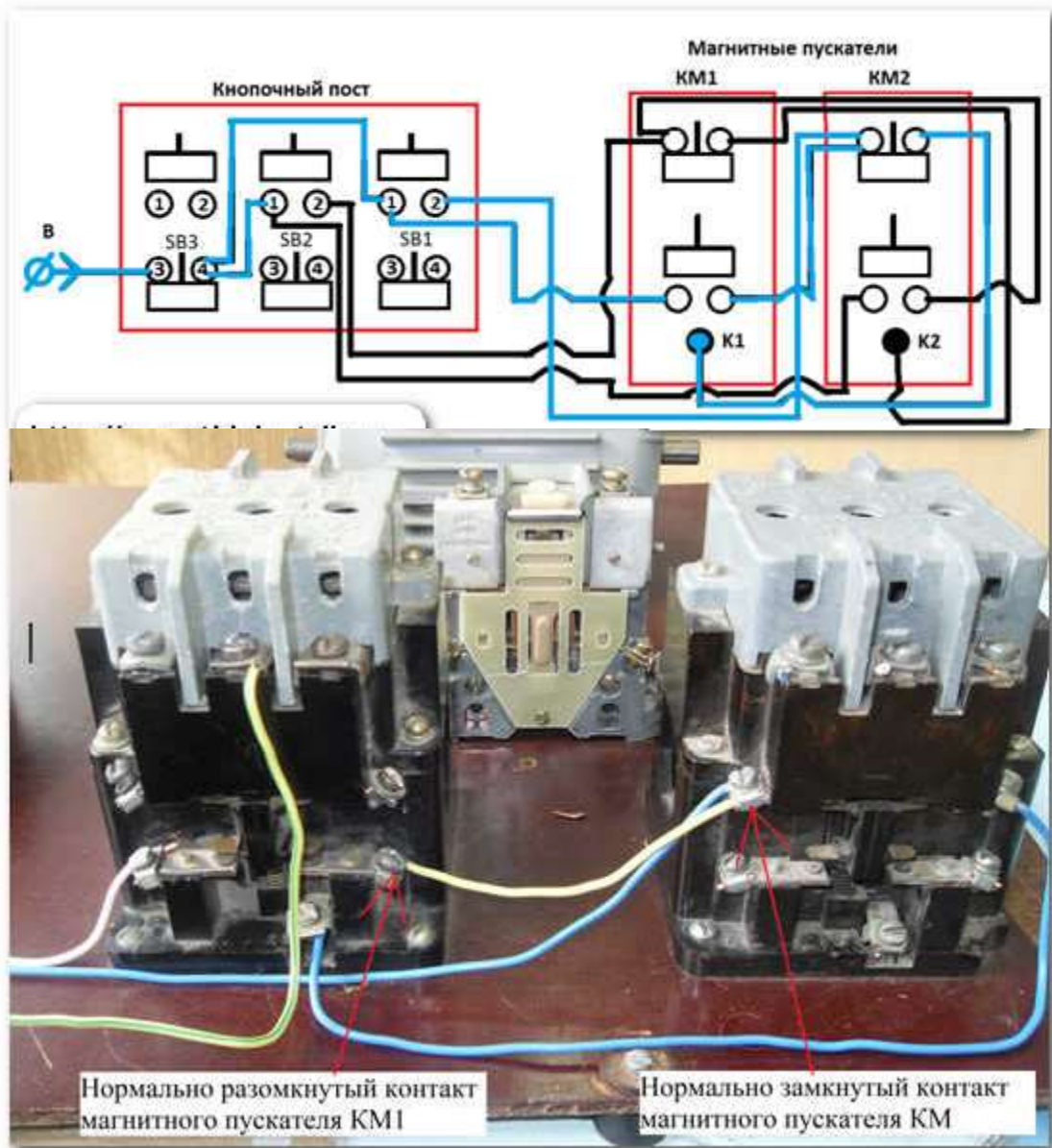
6. С нормально разомкнутого контакта (1) кнопки SB1 присоединяем провод на нормально разомкнутый контакт магнитного пускателя KM1.



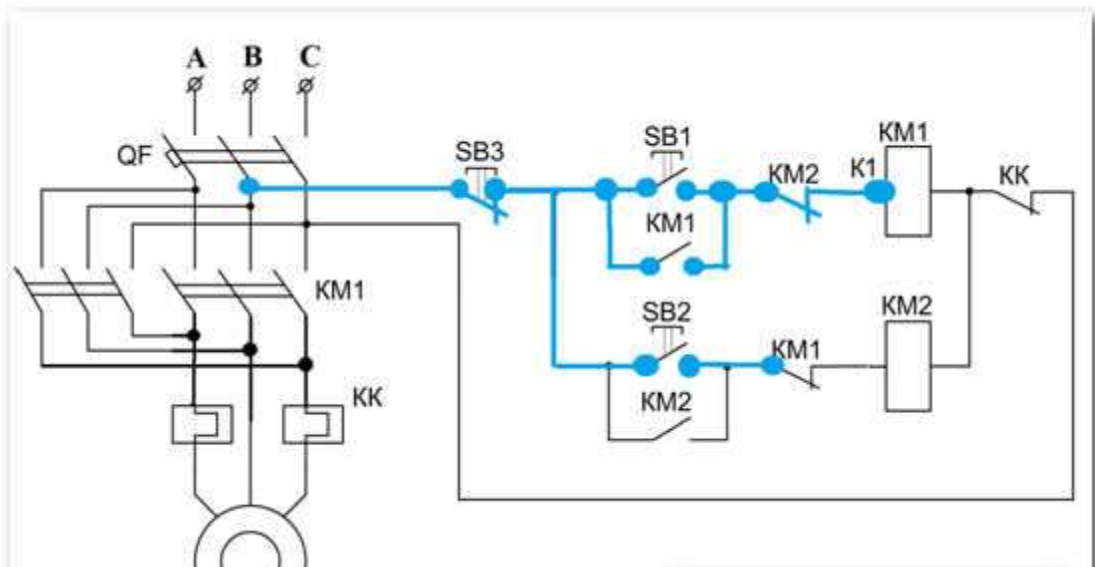


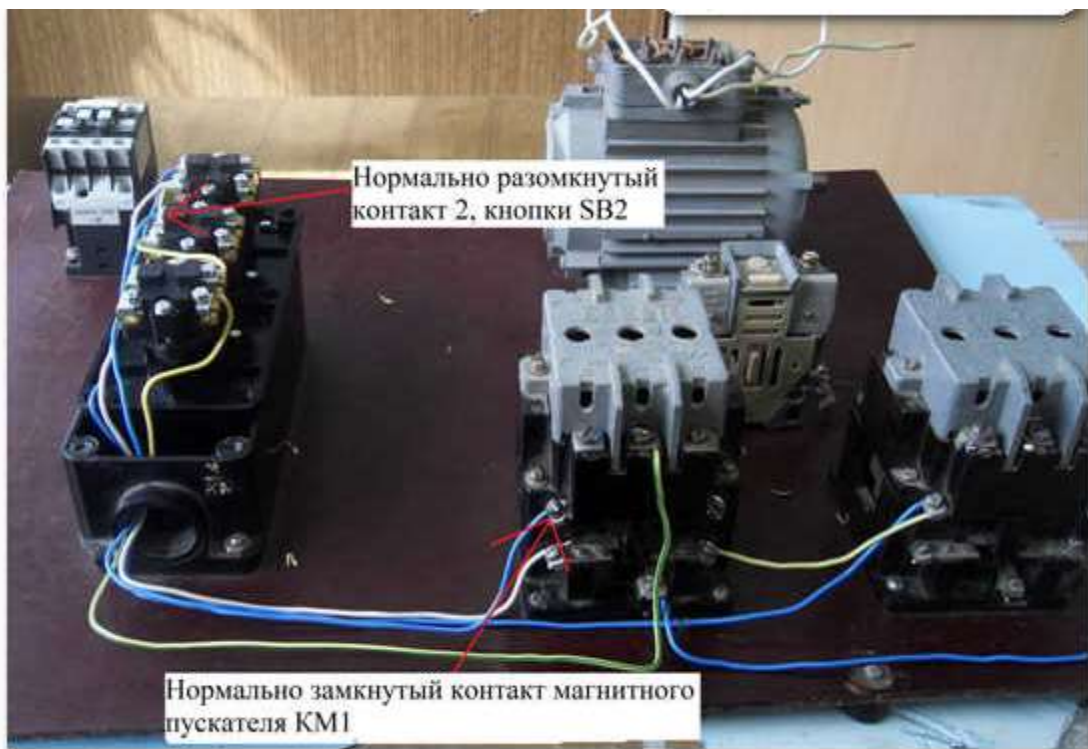
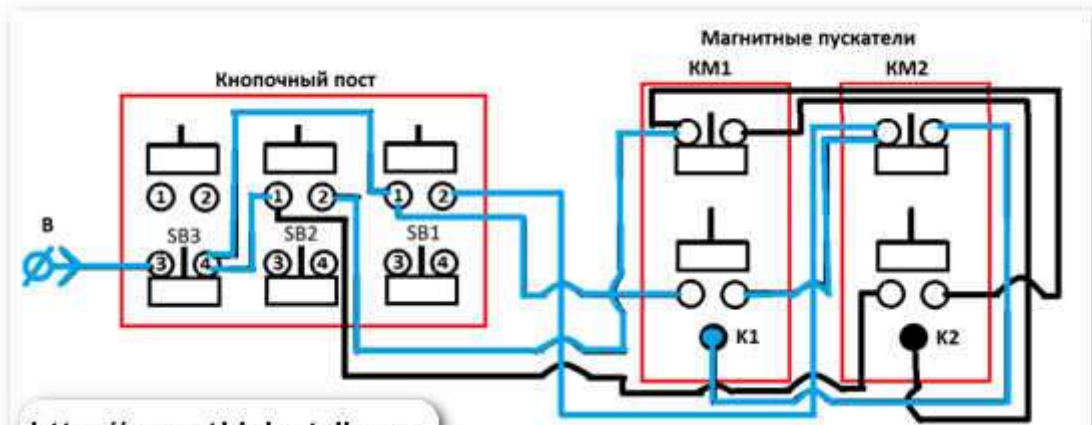
7. С нормально разомкнутого контакта магнитного пускателя KM1, присоединяем перемычку на нормально замкнутый контакт магнитного пускателя KM2.



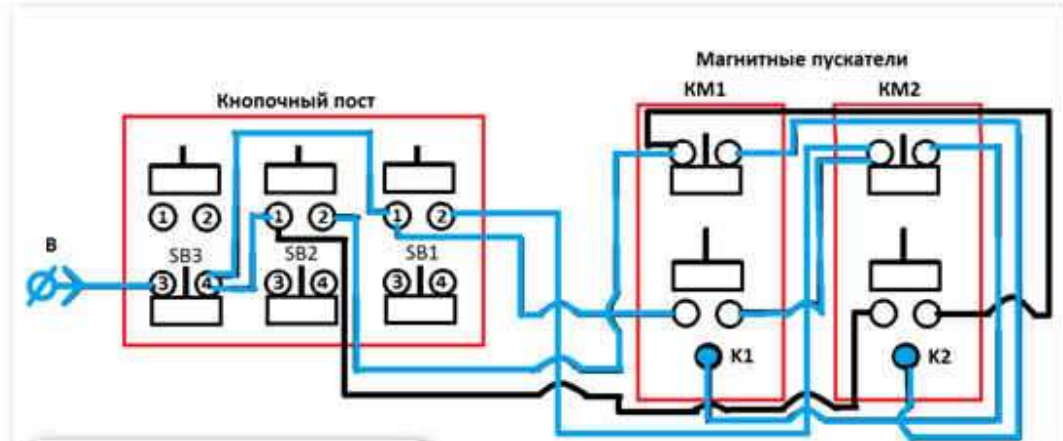
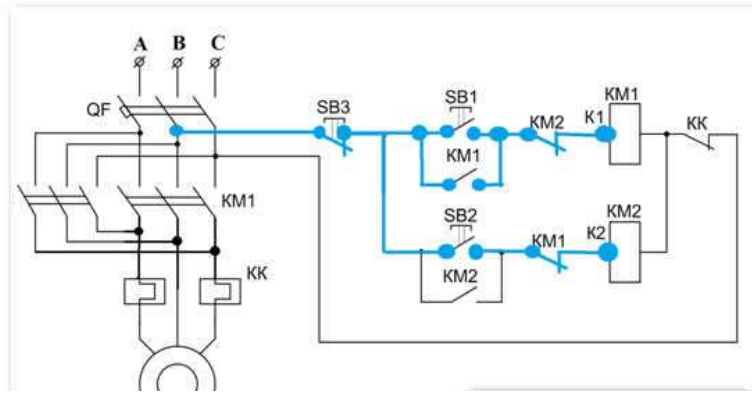


8. С нормально разомкнутого контакта (2) кнопки SB2 присоединить провод на нормально замкнутый контакт магнитного пускателя KM1.

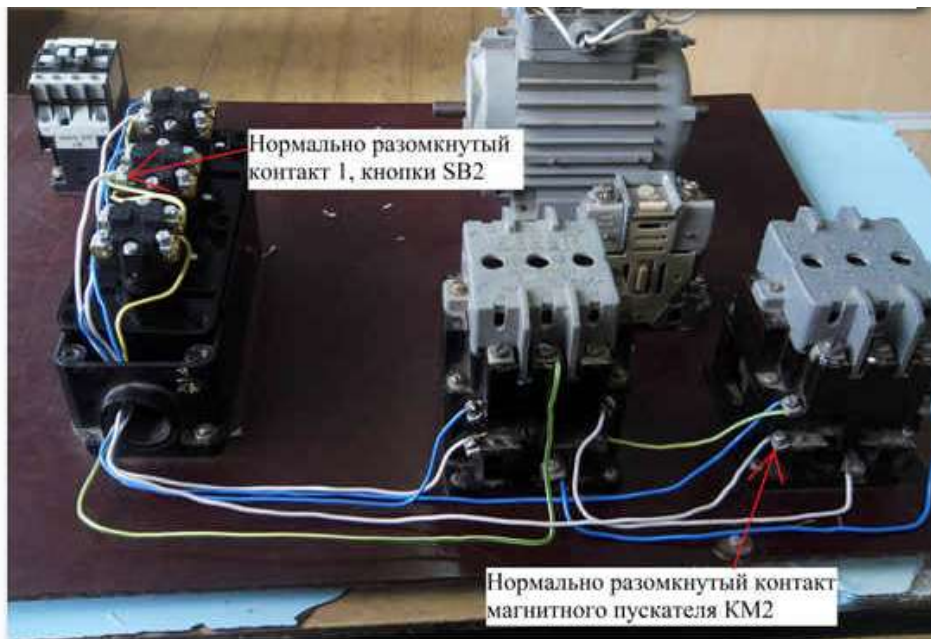
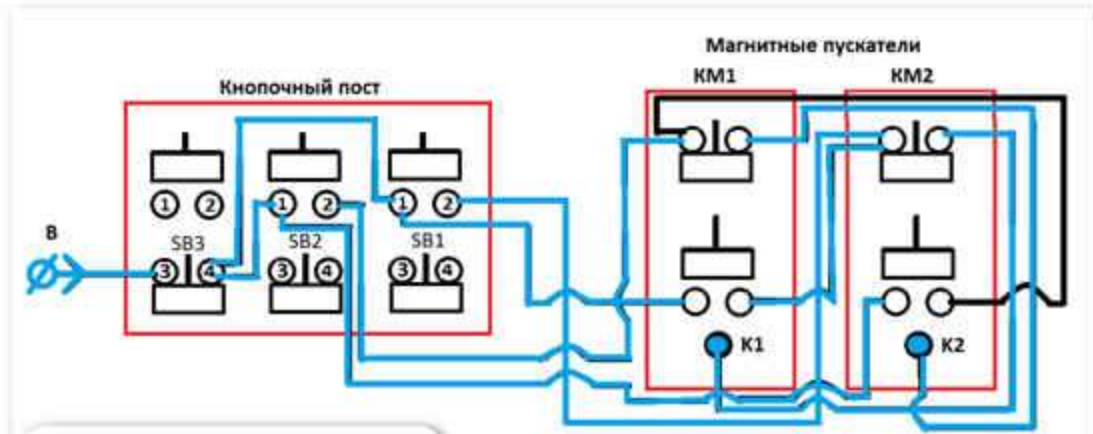
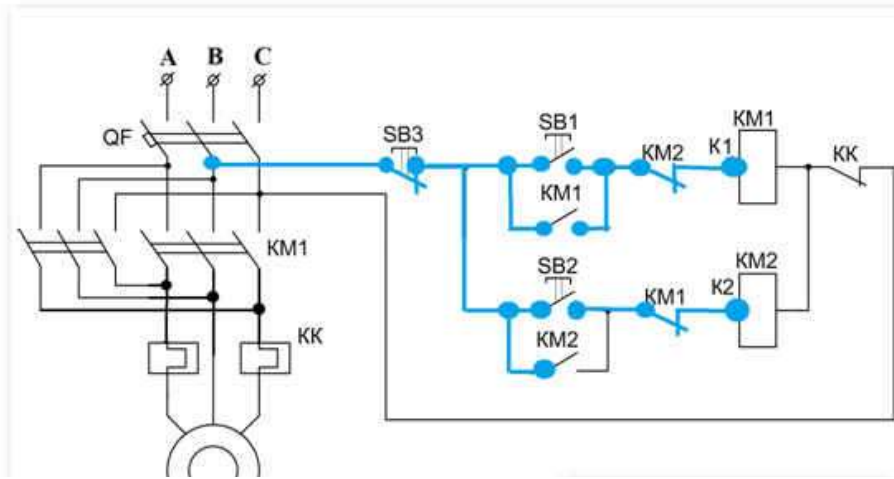




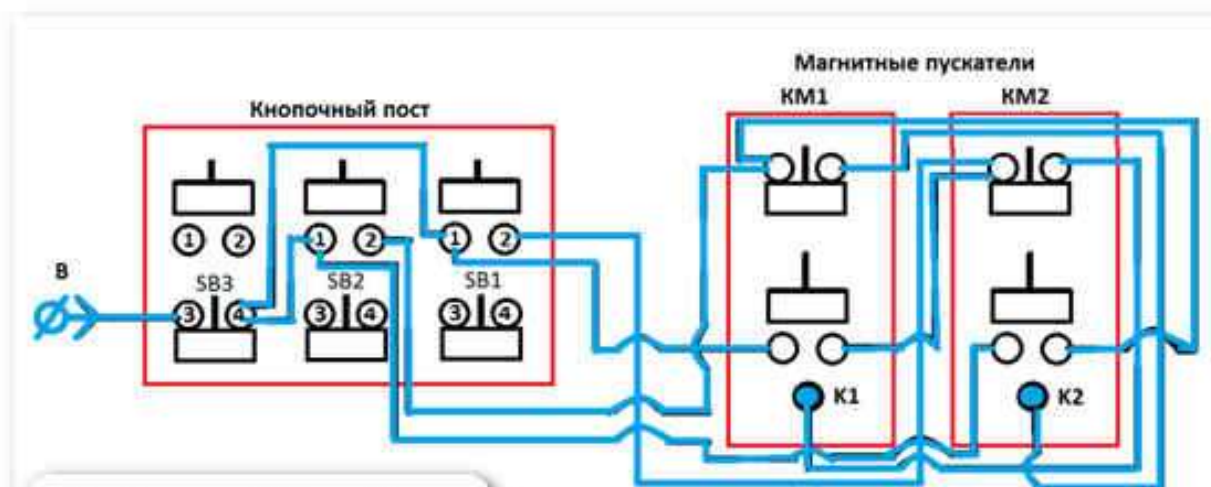
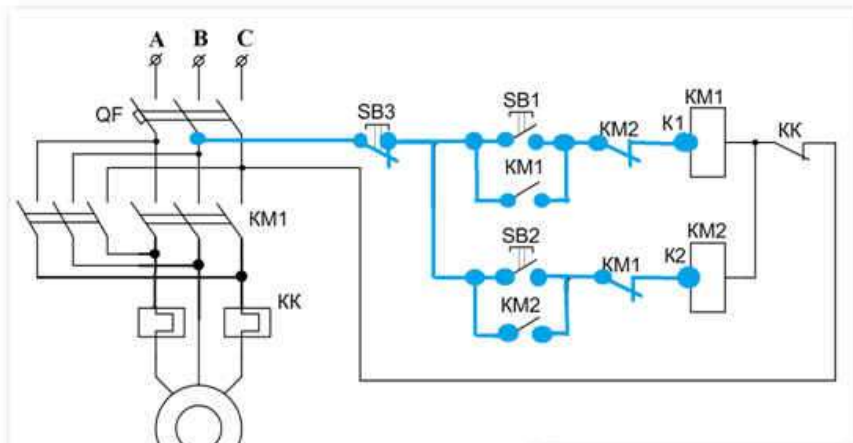
[9. С нормально замкнутого контакта магнитного пускателя KM1 присоединяем провод на катушку K2 магнитного пускателя KM2.](#)



10. С нормально разомкнутого контакта (1) кнопки SB2 присоединить провод на нормально разомкнутый контакт магнитного пускателя KM2.



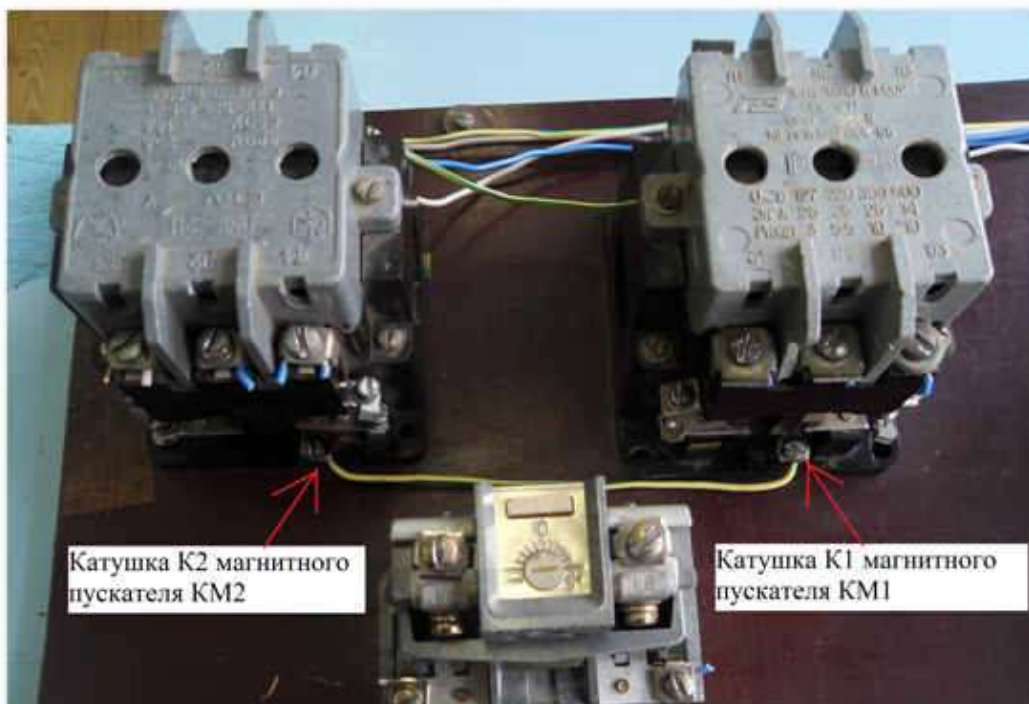
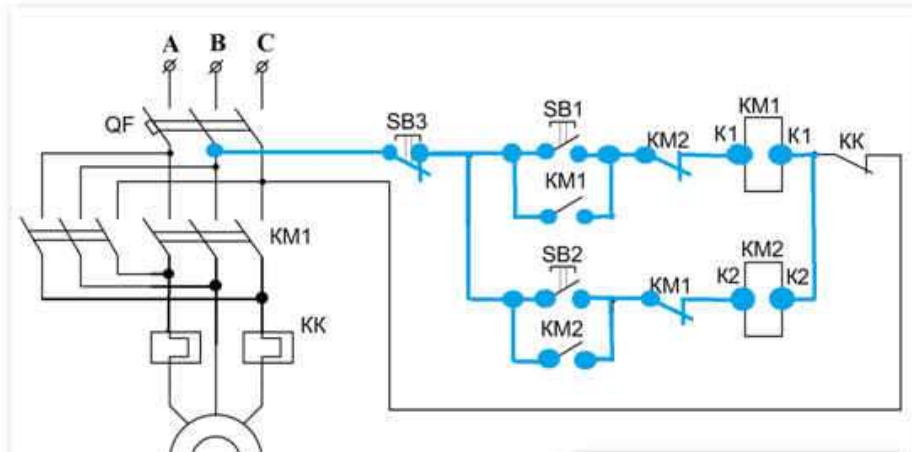
11. С нормально разомкнутого контакта магнитного пускателя KM2, присоединяем перемычку на нормально замкнутый контакт магнитного пускателя KM1.



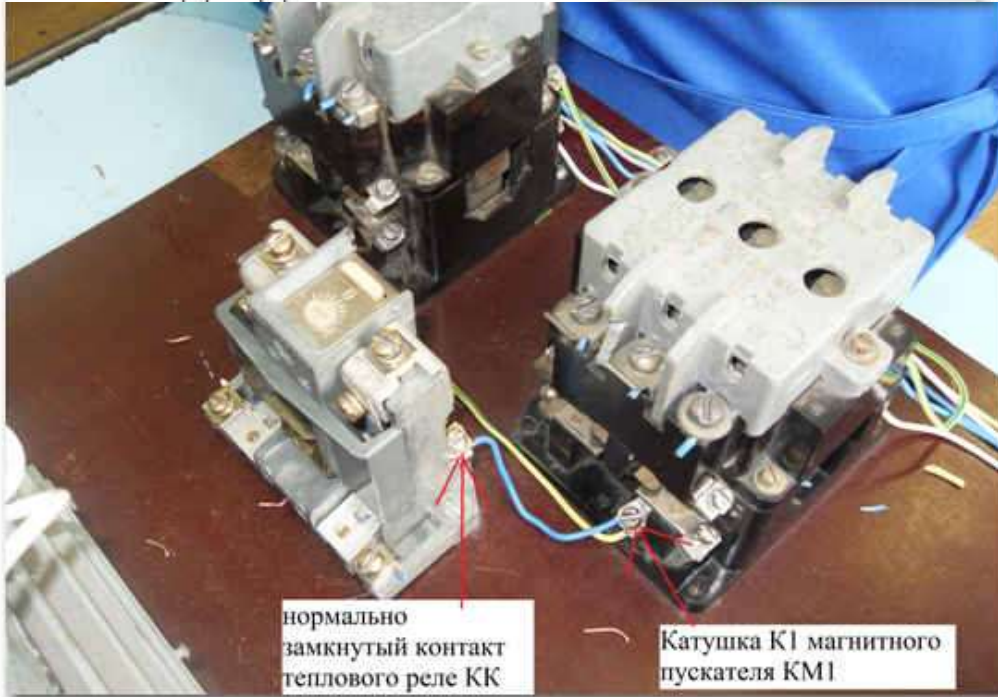
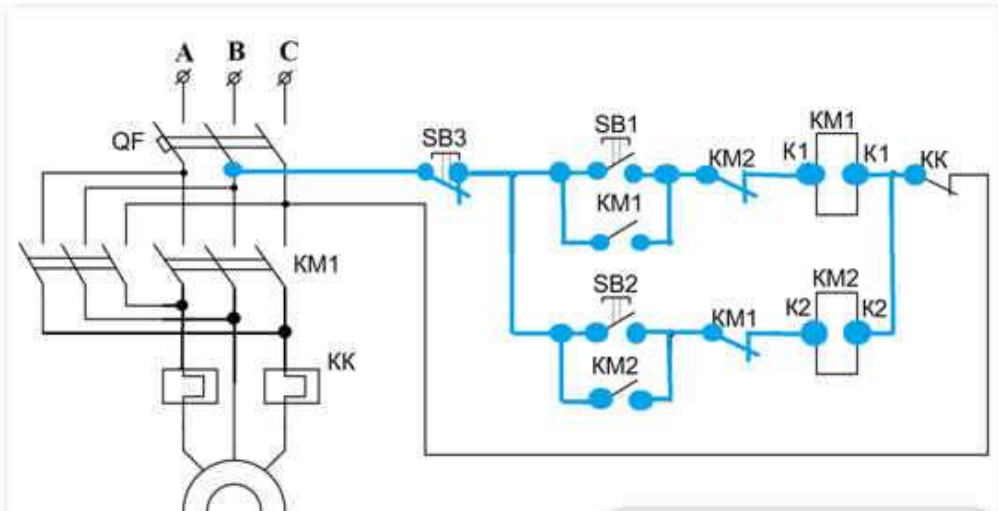
12. Закрыть крышку кнопочного поста.



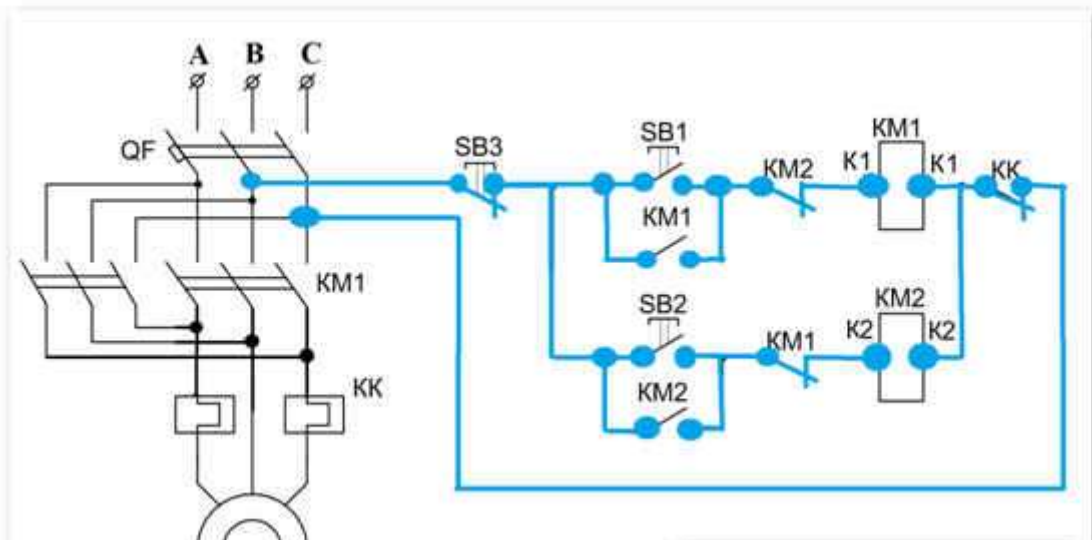
13. Делаем перемычку между катушек K1 и K2 магнитных пускателе KM1 и KM2.

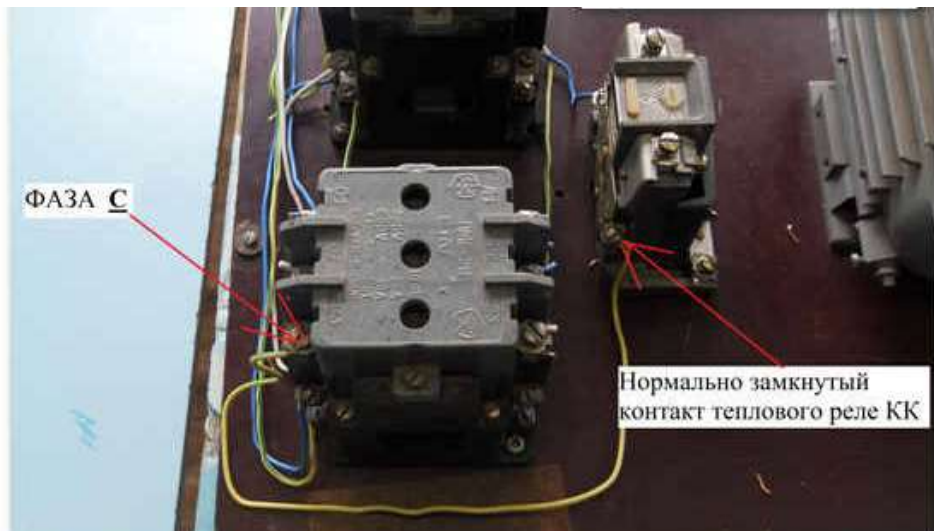


14. От катушки K1 магнитного пускателя KM1 присоединить провод к замкнутому контакту теплового реле KK.



15. С нормально замкнутого контакта теплового реле КК присоединяем провод на фазу «С».





Силовая цепь:

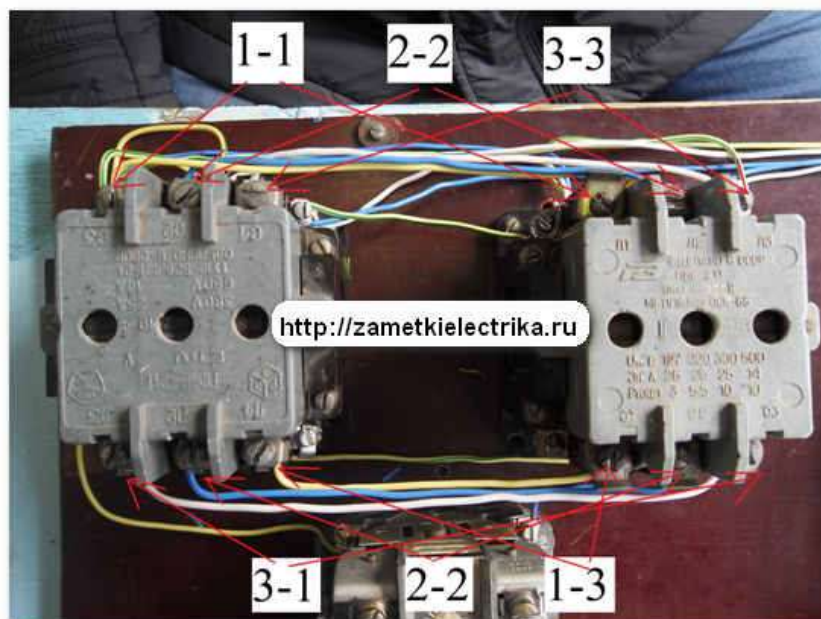
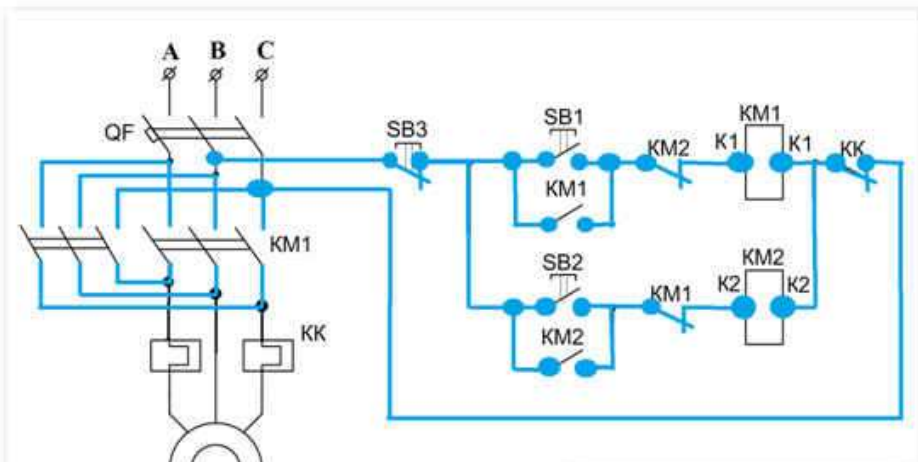
16. На магнитных пускателях осуществить реверс путем переключения контактов по схеме.

Со стороны двигателя:

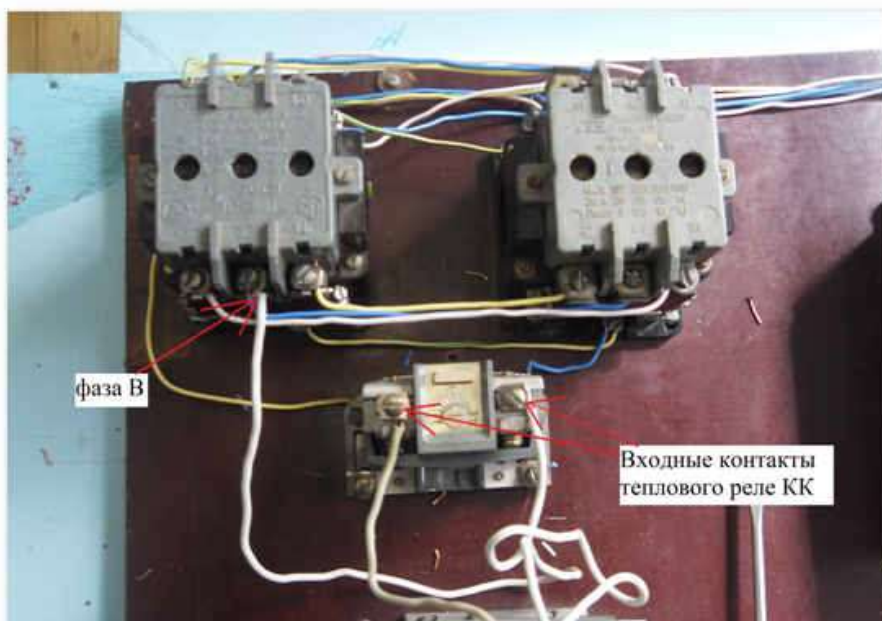
- 3-1
- 2-2
- 1-3

Со стороны подключения кнопочного поста:

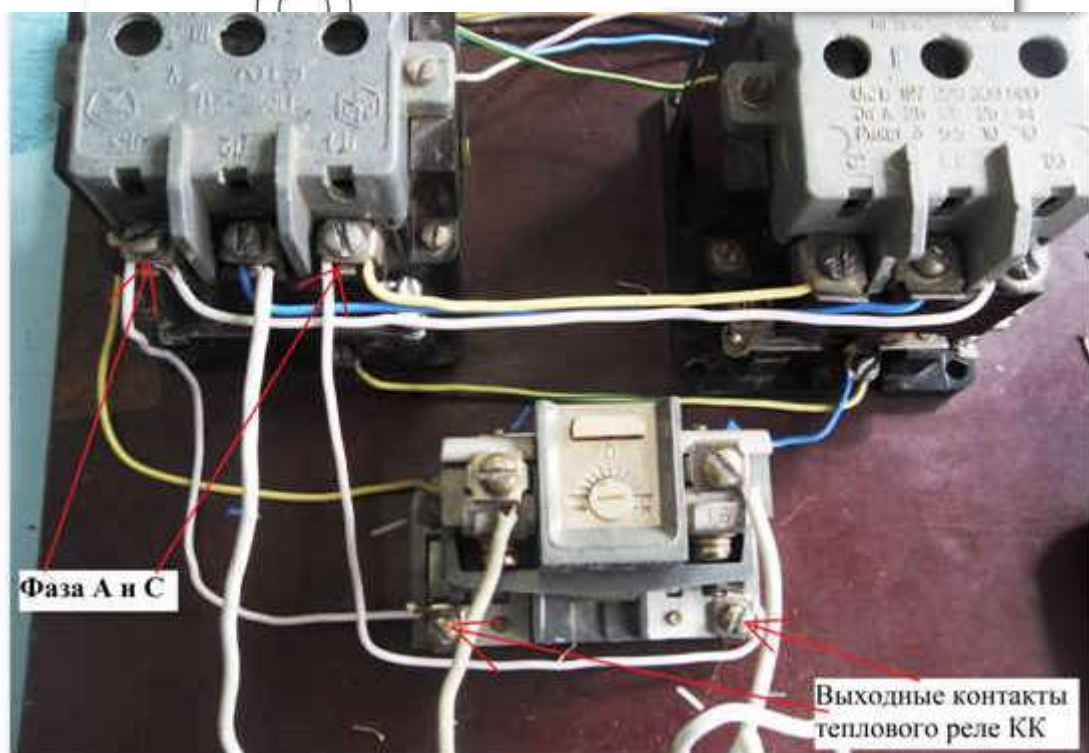
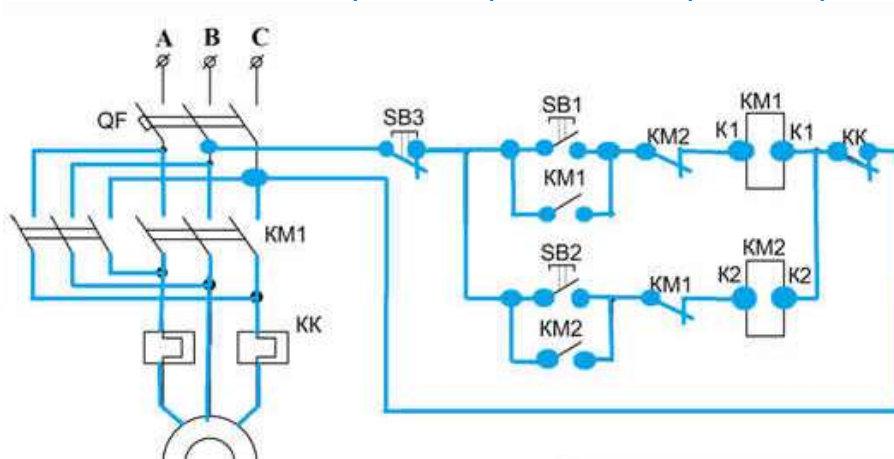
- 1-1
- 2-2
- 3-3



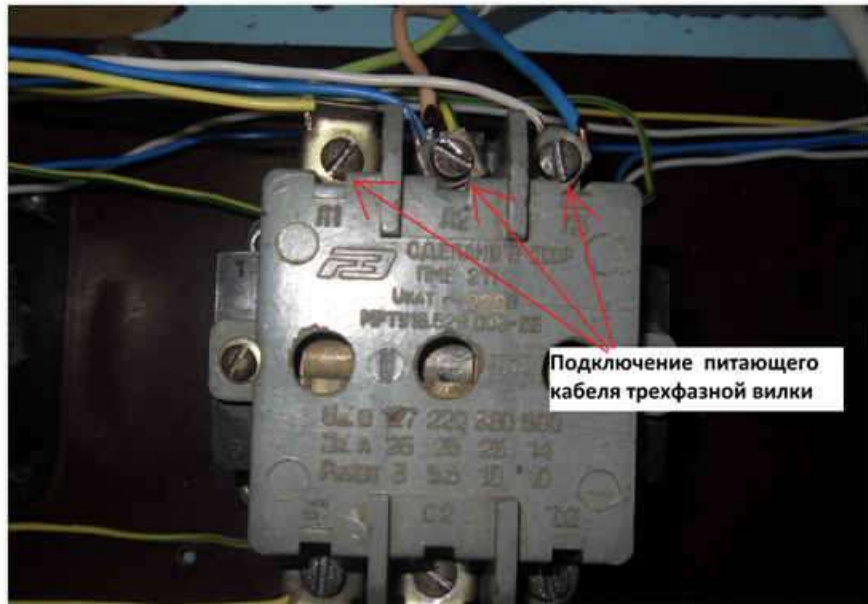
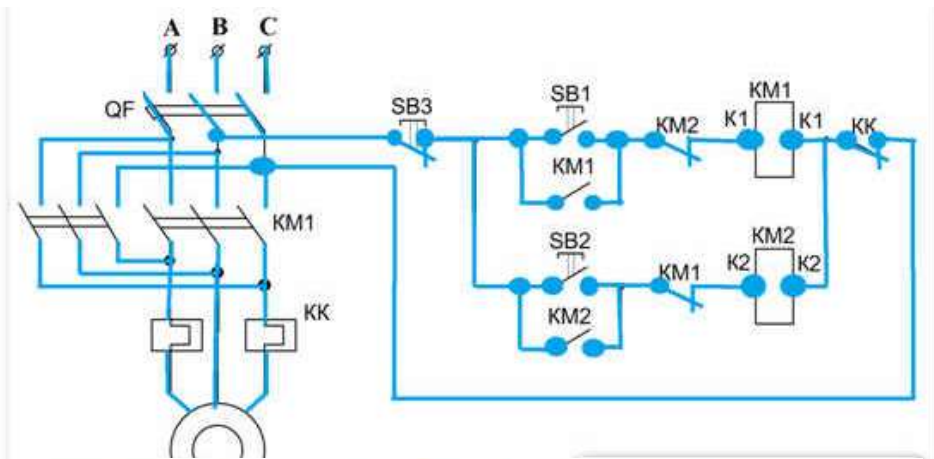
17. Подключение двигателя с КЗ ротором фазой «В» к фазе «В» на магнитный пускатель. Фазу «А» и «С» подключаем к входным контактам теплового реле КК.



18. С выходных контактов теплового реле КК присоединить провода к фазе «А» и фазе «С».



19. Подключить трехфазную вилку к магнитному пускателю на фазы «А», «В» и «С».



20. Проверить правильность сборки **схемы реверса асинхронного двигателя** и только после этого подать напряжение, и запустить двигатель.

3.2.Методика выполнения работы.

1. Ознакомьтесь с темой и целью занятия.
2. Изучите теоретические сведения, приведенные в методических указаниях.
3. Изучите схему управления электродвигателем, согласно теме занятия.
4. Осуществить выбор элементов, входящих в схему управления, и дайте их описание (назначение, марка и характеристики).
5. Начертите электрическую принципиальную схему управления электродвигателем согласно теме занятия, используя обозначения предусмотренные ГОСТ 2.755-87, предоставить преподавателю для проверки.
6. Дайте описание порядка работы схемы управления электродвигателем.
7. Подготовить рабочее место и собрать схему управления.
8. **Получите разрешение преподавателя на включение питающего напряжения,** опробуйте работу схемы (в присутствии преподавателя).
9. Убрать рабочее место.

Содержание отчёта

8. Титульный лист установленного образца.
9. Перечень элементов, входящих в состав схемы управления и их характеристики.
- 10.Схема управления принципиальная.
- 11.Описание работы схемы управления.
- 12.Вывод о проделанной работе.
- 13.Ответы на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы.

1. Расскажите о назначении и типах электрических схем?
2. Поясните назначение принципиальных электрических схем.
3. Поясните, что входит в состав главных (силовых) цепей и цепей управления?
4. Поясните порядок работы схемы управления «реверс».
5. Поясните назначение блокировочных контактов в схеме управления

5. Список используемых источников

- 1.Коломиец А.П. Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в с/х производстве. М. Академия.2003г. с.3-14
- 2.Баран А.Н. и др. Технология электромонтажных работ. Мн. «Дизайн ПРО» 2000 г. с.165-174

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 44

Тема. : Расчёт, выбор аппаратуры, монтаж и наладка схемы управления электродвигателем в функции пути.

Цель: Освоить методику выбора и монтажа, подключения в схему УЗО.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: устройство защитного отключения, соединительные провода, индукционный счетчик, методические рекомендации, учебная литература, дин-рейка, каталог низковольтной аппаратуры.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 162

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть осажены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеурочная подготовка

- 1.1. Повторить устройство и принцип действия коллекторных двигателей.
- 1.2. Изучить правила техники безопасности при техническом обслуживании и текущем ремонте электроинструмента и ручных электрических машин.
- 1.3. Записать порядок проведения технического обслуживания и текущего ремонта электроинструмента и ручных электрических машин.
- 1.4. Изучить ход выполнения практической работы.

2. Работа в лаборатории

- 2.9. Получить допуск к работе у преподавателя.
- 2.10. Освоить методику выбора устройства защитного отключения.
- 2.11. Освоить методику монтажа устройства защитного отключения.
- 2.12. Выполнить подключение УЗО в «квартире».
- 2.13. Оформить отчет.
- 2.14. Убрать рабочее место.

3.1. Теоритические сведения.

В настоящее время УЗО является лучшим устройством, способным предохранить человека от поражения электрическим током, а также предотвратить возникновение пожаров из-за неисправной электропроводки. Эта аббревиатура расшифровывается как «устройство защитного отключения».

УЗО способно выявить утечку тока, которая возникает при его прохождении через тело человека, и сразу (не более, чем через 0,02 секунды) отключает все фазы аварийного участка электроцепи.

В настоящее время производятся УЗО двух типов – АС, которые определяют утечку переменных токов, и А, необходимые в случае, если в цепи находятся выпрямители или управляемые тиристоры, отчего возникает возможность утечки не только переменного, но и постоянного тока. Стоимость последних в два раза превышает устройства типа АС. На данный момент не имеется никаких нормативных документов, где обговариваются случаи, когда возможно использование УЗО только типа А. Однако в инструкциях по эксплуатации некоторых приборов иногда указывается необходимость УЗО данного типа. Такое встречается, к примеру, в автоматических стиральных машинах.

УЗО устанавливаются в распределительных щитках после вводного автомата. Для одного дома или квартиры возможно использование только одного устройства. Автоматический выключатель монтируется после УЗО и должен иметь меньший номинал по амперажу (к примеру, для УЗО на 32 А подойдет автомат на 25 А. Однако такая установка имеет и свои недостатки: при ее срабатывании вы столкнетесь с полным отключением напряжения в квартире или доме.

Вместо связки УЗО + автомат вы можете использовать дифференцированный автомат, в который встроены возможности и автомата, и УЗО. Особенно удобно, если в электрощите имеется не очень много места. Но стоимость **дифференцированного автомата** намного выше совокупной цены обычного автомата и УЗО.

Другим вариантом является использование одного «вводного» УЗО на 30 мА и дополнительных отходящих на 10 мА, для каждой группы. Однако такой способ тоже приводит к лишним затратам и требует от большего щита, где можно было бы разместить дополнительные УЗО.

Наиболее просты в установке УЗО в виде переходника, которые достаточно просто воткнуть в розетку. Они позволяют избавиться от необходимости смены электропроводки, однако стоимость их в три раза выше обычных устройств. Имеется аналог **УЗО-"вилки"** и – **УЗО-"розетки"**.

Устройство защитного отключения (УЗО) - коммутационный аппарат или совокупность элементов, которые при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения при определенных условиях эксплуатации должны вызвать размыкание контактов.

Существует большое количество различных УЗО отличающихся по своим техническим характеристикам, назначению, функциональности. Рассмотрим основные правила, которые следует соблюдать при выборе УЗО.

1. Суммарная величина тока утечки сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должна превосходить $1/3$ номинального тока УЗО. При отсутствии данных о токах утечки электроприемников ее следует принимать из расчета 0,3 мА на 1А тока нагрузки, а ток утечки сети - из расчета 10 мкА на 1 метр длины разного проводника.

2. Рекомендуется использовать УЗО, при срабатывании которых происходит отключение всех рабочих проводников, в том числе и нулевого, при этом наличие защиты от сверхтока в нулевом полюсе не требуется.

3. В зоне действия УЗО нулевой рабочий проводник не должен иметь соединений с заземленными элементами и нулевым защитным проводником.

4. УЗО должно сохранять работоспособность и характеристики при кратковременных (до пяти секунд) провалах напряжения до 50% от номинального. Режим возникает при коротких замыканиях на время срабатывания АВР.

5. Во всех случаях применения УЗО должно обеспечивать надежную коммутацию цепей нагрузки с учетом возможных перегрузок.

6. По наличию расцепителей УЗО выпускаются как имеющими, так и не имеющими защиту от сверхтока. Преимущественно должны использоваться УЗО, представляющие единый аппарат с автоматическим выключателем, обеспечивающим защиту от сверхтока.

7. В жилых зданиях, как правило, должны применяться УЗО типа "А", реагирующие не только на переменные, но и на пульсирующие токиповреждений. Источником пульсирующего тока являются, например, стиральные машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, телевизоры, видеомагнитофоны, персональные компьютеры и др.

8. УЗО, как правило, следует устанавливать в групповых сетях, питающих штепсельные розетки, установка УЗО в линиях, питающих стационарно установленное оборудование и светильники, а также в общедомовых осветительных сетях, как правило, не требуется.

9. Для сантехкабин, ванн и душевых рекомендуется устанавливать УЗО с величиной тока срабатывания до 10 мА, если на них выделена отдельная линия; в остальных случаях (например, при использовании одной линии для сантехкабины, кухни и коридора) допускается использовать УЗО с номинальным током до 30 мА.

10. УЗО должно соответствовать требованиям подключения. Особое внимание следует обращать при использовании проводов и кабелей с алюминиевыми жилами (многие импортные УЗО допускают подключение только медных проводов).

Что нужно учитывать при выборе УЗО

Прежде всего следует определиться с **требованиями по защите**: существует ли необходимость защиты от прямых и непрямых контактов, необходимость защиты от перегрузки или короткого замыкания.

Для защиты от непрямых контактов возможно использование дифференциальных устройств с чувствительностью: 30 мА, 100 мА, 300 мА, 500 мА, 1 А (чувствительность определяется сопротивлением заземления).

Номинальный ток УЗО (40, 63 А) выбирают в зависимости от величины нагрузки. (Примечание. При дополнительной защите от прямых контактов используются дифференциальные устройства чувствительностью 30 мА или 10 мА).

При выборе УЗО следует учитывать как рабочие эксплуатационные параметры устройств, так и характеристики, определяющие их качество и надежность.

Рабочие параметры УЗО - номинальное напряжение, номинальный ток, номинальный отключающий дифференциальный ток (уставка по току утечки) выбираются на основе технических данных проектируемой электроустановки. Их выбор обычно не представляет большой сложности.

Номинальный условный ток короткого замыкания I_{nc} - характеристика, определяющая надежность и прочность устройства, качество исполнения его механизма и электрических соединений. Иногда этот параметр называют «стойкость к токам короткого замыкания».

Стандартом ГОСТ Р 51326.1.99 для УЗО установлено минимально допустимое значение I_{nc} , равное 3 кА.

Следует заметить, что в европейских странах не допускаются к эксплуатации УЗО с I_{nc} , меньшим, чем 6 кА. У качественных УЗО этот показатель равен 10 кА и даже 15 кА.

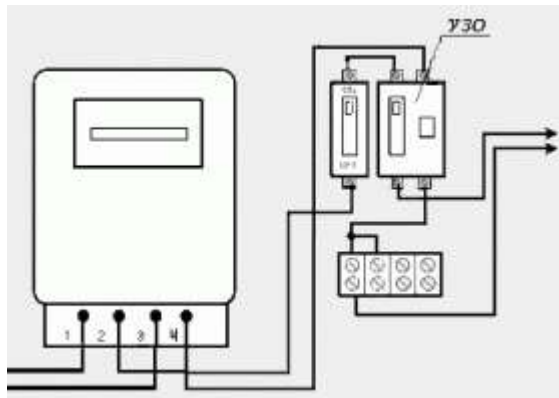
На лицевой панели устройств данный показатель указывается либо символом: например, $I_{nc} = 10\ 000\ А$ либо соответствующими цифрами в прямоугольнике.

Коммутационная способность УЗО - I_m , согласно требованиям норм, должна быть не менее десятикратного значения номинального тока, или 500 А (берется большее значение).

Качественные устройства имеют, как правило, гораздо более высокую коммутационную способность - 1000, 1500 А. Это значит, что такие устройства надежнее, и в аварийных режимах, например при коротком замыкании на землю, УЗО, опережая автоматический выключатель, гарантированно произведет отключение.

Подключение УЗО в квартире может быть выполнено следующими способами:

Общее вводное УЗО. В этом случае УЗО устанавливается в электрощите и подключается сразу после подключения электросчетчика. Преимуществом такого подключения является защита от различных утечек токов на "землю" всей схемы электропроводки квартиры или дома



Кроме того, это относительно недорогой способ защиты от утечек токов на "землю", имеющий, однако один существенный недостаток: срабатывание вводного УЗО в случае неисправности на каком-либо участке электрической цепи вызовет отключение всей цепи, т. е. полностью обесточит весь дом. При таком способе подключения, следует использовать УЗО с номинальным отключающим дифференциальным током (током утечки) не менее 30 мА.

Подключение нескольких УЗО для защиты электрических групп, с определенной нагрузкой - всевозможные водонагреватели, стиральные машины, розетки в детской или ванной комнатах и т. д. Т. е., вместо одного вводного УЗО после расчетного электросчетчика устанавливается несколько защитных устройств, количество которых определяется количеством отходящих электрических групп, нуждающихся в защите от утечек тока на "землю"

Такая схема защиты более предпочтительна, однако, стоимость ее реализации, по понятным причинам будет выше, чем предложенная выше. Номинальный отключающий дифференциальный ток УЗО, в этом случае, для одной электрической группы не должен превышать 30 мА.

Независимо от используемой схемы подключения УЗО, следует помнить, что эти устройства предназначены, прежде всего для защиты электрических цепей от утечек токов на "землю" и никак не могут быть использованы в качестве "автоматов" - для защиты от коротких замыканий. Более того, УЗО само должно быть обеспечено защитой от сверхтоков и токовых перегрузок.

УЗО В КВАРТИРЕ: ОШИБКИ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ УСТРОЙСТВО ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ.

1. Устройства защитного отключения бывают электронные и электромеханические. Мы будем говорить исключительно об электромеханическом типе защитных

устройств, потому, как электронные уступают своему электромеханическим и дополнительно требуют электропитания входе работы.

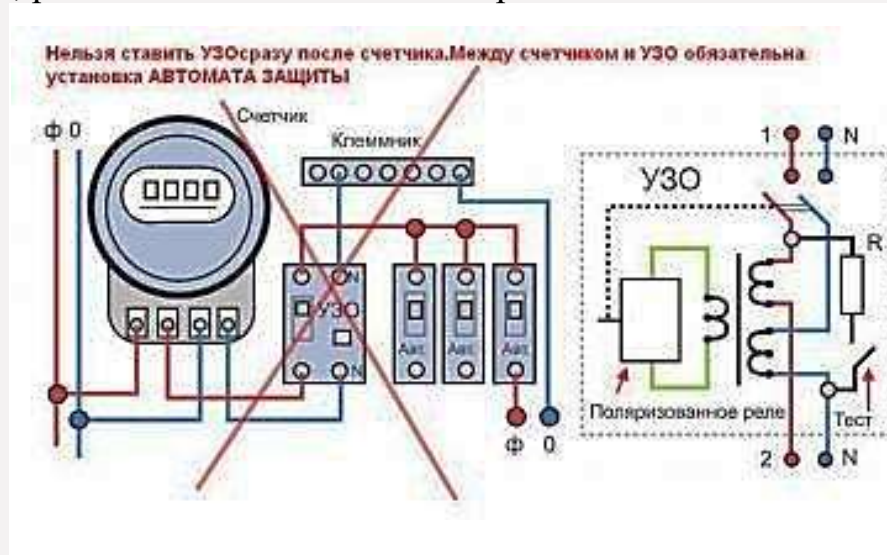
2. Принцип действия электромеханических защитных устройств основан на сравнении токов в фазе и нейтрале(нуле). Если их амплитуда (утечка) выше значения в характеристиках УЗО, указанных на фасаде прибора, то дифференциальный автоматический выключатель активируется и отключит как фазу, так и ноль.

Примечание: в трехфазных защитных устройствах амплитуды токов по отдельным фазам суммируются и сравниваются «нулем».

УЗО может сработать и при выключенной фазе (отключенный автомат) в случае если по «нулю» пущен или “пробивает” ток.

3. Суммарная величина тока утечки сети с учетом присоединяемых стационарных и переносных электроприемников в нормальном режиме работы не должна превосходить $1/3$ номинального тока УЗО. При отсутствии данных о токах утечки электроприемников ее следует принимать из расчета $0,3 \text{ мА}$ на 1 А тока нагрузки, а ток утечки сети – из расчета 10 мкА на 1 метр длины фазного проводника.

4. При установке УЗО последовательно должны выполняться требования селективности. При двух- и многоступенчатой схемах УЗО, расположенное ближе к источнику питания, должно иметь уставку и время срабатывания не менее чем в три раза большую, чем у УЗО, расположенного ближе к потребителю.



5. Использовать УЗО в групповых линиях, не имеющих защиты от сверхтока, без дополнительного аппарата, обеспечивающего эту защиту, недопустимо.

6. В жилых зданиях, как правило, должны применяться УЗО типа “А”, реагирующие не только на переменные, но и на пульсирующие токи повреждений. Источником пульсирующего тока являются, например, стиральные машины с регуляторами скорости, регулируемые источники света, телевизоры, видеомэагнитофоны, персональные компьютеры и др. Использование УЗО типа “АС”, реагирующих только на переменные токи утечки, допускается в обоснованных случаях.

7. УЗО, как правило, следует устанавливать в групповых сетях, питающих штепсельные розетки, установка УЗО в линиях, питающих стационарно установленное оборудование и светильники (за исключением ванных комнат), а также в обще ведомственных осветительных сетях, как правило, не требуется.

Установка УЗО на линиях, питающих установки пожарной сигнализации, не допускается.

8. Для сантехкабин, ванных и душевых рекомендуется устанавливать УЗО с величиной тока срабатывания до 10 мА (миллиАмпер), если на них выделена отдельная линия; в остальных случаях, например, при использовании одной линии для сантехкабины, кухни и коридора, допускается использовать УЗО с номинальным током до 30 мА.

9. Для индивидуальных домов УЗО с номинальным током до 30 мА рекомендуется предусматривать для групповых линий, питающих штепсельные розетки внутри дома, включая подвалы, встроенные и пристроенные гаражи, а также в групповых сетях, питающих ванные комнаты, душевые и сауны. Для устанавливаемых снаружи штепсельных розеток установка УЗО с номинальным током до 30 мА обязательна.

Ограничители перенапряжений (грозовые разрядники) следует устанавливать до УЗО.

ОШИБКИ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ УЗО

1. ПЕРЕПУТАНЫ НЕЙТРАЛИ (НУЛИ) ДВУХ УЗО
2. ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ НЕЙТРАЛЕЙ (НУЛЕЙ)
3. НЕПРАВИЛЬНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ НЕЙТРАЛИ (НУЛЯ) К УЗО
4. Недопустимое дополнительное соединение N (нейтраль-нуля) и PE (независимое заземление) внутри розетки SV.

Несколько напоминаний и предупреждений касающихся техники безопасности при самостоятельных работах по электропроводке.



Установка розеток, выключателей, электроприборов в ванной комнате без применения 10 мАмперного УЗО смертельно опасна!

Не подключайте по собственной инициативе нейтральный провод к Вашему заземлению, то есть не делайте повторное заземление нейтрального провода на вводе и соответственно зануление электроприборов.

Повторным заземлением питающих линий в первую очередь должна заниматься энергопередающая организация.

При возникновении аварийных ситуаций на питающей линии, а именно не контакт, обрыв нейтрального проводника, отгорание проводника, ошибочной смены местами фазы и нейтрали, перехлестывании проводов на воздушных линиях единственной нейтралью всех домов через Ваше заземление может стать Ваша заземленная нейтраль.

При кустарном исполнении без соблюдения правил и соответствующих квалифицированных испытаний заземление навряд ли выдержит такое и может отгореть, в лучшем случае вызвав пожар, а если и выдержит, то нет гарантии что обеспечит безопасное напряжение прикосновения на открытых токопроводящих поверхностях. В связи с чем неизбежно смертельно опасное и уголовно ответственное, за нарушение правил эксплуатации электроустановок, поражение электрическим током через электрически соединенные открытые токопроводящие поверхности и опасность возникновения пожара!

При любой работе по электропроводке отключайте электропитание линий, а лучше общий квартирный автомат (это особенно относится к домам старой постройки).

ки) В старых домах ,чем больше работаешь, тем больше удивляешься о хитросплетениях старой электропроводки.

МОНТАЖ УЗО

Монтаж УЗО производится так же как и монтаж другого модульного оборудования, устанавливаемого на дин-рейку. Обычно монтаж УЗО на дин-рейку осуществляется в металлический или пластиковый электрощиток.

Перед **монтажом УЗО** необходимо определить место **монтажа УЗО** на дин-рейке, что потребуется для определения пространственной конфигурации подходящих к УЗО и отходящих от УЗО монтажных проводов. Кроме того необходимо убедиться в том, что для монтажа УЗО достаточно места на рейке в электрощитке, учитывая количество полюсов монтируемого УЗО, геометрические размеры устройства защитного отключения и удобство доступа к управлению УЗО.

Перед тем, как осуществлять **монтаж УЗО**, следует еще раз удостовериться в правильности выбора номинала аппарата, либо в соответствии с проектом, либо в соответствии с расчётом УЗО для защищаемой монтируемым УЗО электропроводки и подключаемых нагрузок.

Кроме того, убедитесь в правильности **монтажа УЗО** именно в этом месте цепи, а именно проверьте наличие защищающего **монтируемого УЗО** автомата с защитой от перегрузки и тока короткого замыкания установленного перед устройством защитного отключения. Номинал автомата по рабочему току должен быть меньше или равен номинальному рабочему току, указанному на маркировке УЗО

После осуществления **монтажа УЗО** на дин-рейку, необходимо произвести электрический **монтаж УЗО**, заключающийся в присоединении проводов к вводным и выходным клеммам УЗО, при этом удобнее использовать провода, которые были предварительно изогнуты, для облегчения электрического **монтажа УЗО**. При электрическом **монтаже УЗО** важно присоединить нейтральный провод к соответствующей клемме УЗО, которая обозначается символом "N", так как присоединение к нейтральной клемме УЗО фазового провода может привести к выходу устройства защитного отключения из строя.

В случае подключения фазового провода к нейтральной клемме электромеханического УЗО может ничего и не произойти (это зависит от производителя УЗО и используемой им схемы УЗО), однако электронное УЗО скорее всего работать не будет.

В случае монтажа четырехполюсного УЗО и подключения фазового провода к нейтральной клемме, с вероятностью 66% (что следует из схемы УЗО) не будет работать кнопка "ТЕСТ", позволяющая проверить работоспособность смонтированного УЗО.

После завершения **монтажа УЗО** можно произвести испытание УЗО с целью убедиться в правильности **монтажа УЗО** и работоспособности системы электропитания.

3.2.Методика выполнения работы.

2. Провести монтаж устройства защитного отключения.

- 1.5. Выбрать УЗО исходя из необходимых требований и параметров
- 1.6. Проверить работоспособность устройства защитного отключения.
- 1.7. Установить дин-рейку на основание.
- 1.8. Смонтировать УЗО для жилой комнаты.

Содержание отчёта

1. Тема и цель лабораторной работы.
2. Расчёт и выбор аппаратов управления и защиты.
3. Таблицы 1, 2.
4. Принципиальная электрическая схема управления и схема внутренних соединений.
5. Принцип действия принципиальной электрической схемы.

4. Контрольные вопросы.

5. Технология монтажа устройства защитного отключения.
6. Какие основные ошибки при подключении УЗО?
7. Перечислите параметры УЗО.
8. Устройство УЗО.

5. Список используемых источников

5. Алиев, И.И. Электротехнический справочник: учеб/ И.И. Алиев [и др.]. – М.: РадиоСофт, 2006. – 384с.
6. Воробьев, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учеб/ В.А. Воробьев. – Москва: «Колос», 2004. – 335с.
7. Пястолов, А.А. Эксплуатация и ремонт электроустановок: учеб/ А.А. Пястолов [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 271с.
8. Янукович, Г.И. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования: учеб/ Г.И. Янукович. – Мн.: «Ураджай», 2000. – 395с.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Приобрести навыки чтения, составления, монтажа и наладки схемы управления электродвигателем в функции пути. Произвести расчёт и выбор аппаратов .

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить допуск к работе.
2. Произвести расчёт и выбор аппаратов управления и защиты, применяемых в схеме управления электродвигателем (рисунок 4). Данные расчёта и выбора занести в таблицу 1. Таблица 1. Данные расчёта и выбора аппаратов управления и защиты

Наименование элементов, устройств	Тип, марка	Напряжение, В	Ток, А	Количество	Примечание

3. Пользуясь типовой схемой управления электродвигателем в функции пути (рисунок 4) дать описание работы схемы, пользуясь следующими указаниями и рекомендациями:

- выяснить назначение элементов в схеме и записать в таблицу 2;

Таблица 2. Данные расчёта и выбора аппаратов управления и защиты

Наименование элементов, устройств	Маркировка элементов, устройств	Назначение

- проследить путь тока в схеме (или с фазы на фазу, или с фазы на ноль, или с плюса на минус);

- читать схему необходимо справа налево, сверху вниз.

4. На основании принципиальной схемы (рисунок 4) составить схему соединений адресным способом. Промаркировать цепи на принципиальной схеме (пример рисунок 1, б) и составить схему соединений лабораторного стенда адресным методом (пример рисунок 2).

5. Начертить в отчет электрические схемы (принципиальную и соединений).

6. По указанию преподавателя смонтировать схему.

6. Опробовать схему в работе.

7. Разобрать схему, сложить провода, убрать рабочее место.

8. Оформить отчет.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Выбор аппаратуры управления производится следующим образом:

- магнитный пускатель из условия:

$$I_{н.п.} \geq I_{н.дв}$$

где $I_{н.дв}$ – номинальный ток двигателя (из паспортных данных);

$I_{н.п.}$ – номинальный ток (величина) пускателя.

Проверить выбранный пускатель по условиям коммутации в режиме частых пусков и остановок:

- по расчетному току по условиям коммутации

$$I_{р.ком} = \frac{k_i \cdot I_n}{6}, A$$

если расчетный ток по условия коммутации будет превышать значение выбранного тока пускателя, то необходимо принять магнитный пускатель на величину больше от принятого.

Выбор аппаратуры защиты производится следующим образом:

- **автоматический выключатель** выбирается из условия:

а) номинальное напряжение автоматического выключателя должно быть больше или равно напряжению сети

$$U_{н.авт} \geq U_{н.с.}$$

б) номинальный ток автоматического выключателя должен быть больше или равен номинального тока двигателя

для одного двигателя

$$I_{н.авт} \geq I_{н.дв}$$

или для группы электродвигателей $I_{н.авт} \geq \sum I_{н.дв} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

в) номинальный ток теплового расцепителя должен быть больше или равен номинального тока двигателя

для одного двигателя

$$I_{н.р} \geq I_{н.дв}$$

или для группы электродвигателей $I_{н.р} \geq \sum I_{н.дв} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

г) определяем ток электромагнитного расцепителя для одного двигателя

$$I_{эм.р} = 1,25 \cdot I_n, A$$

или для группы электродвигателей

$$I_{эм.р} = (I'_{пуск} + \sum I'_{н.дв}), A$$

где $I'_{пуск}$ – пусковой ток самого мощного двигателя, А

$\sum I'_{н.дв}$ – сумма номинальных токов остальных электродвигателей.

д) определяем каталожный ток срабатывания электромагнитного расцепителя

$$I_{ср.кат} = \kappa \cdot I_{н.р}, A$$

где κ – кратность силы тока срабатывания (принимается из паспортных данных автоматического выключателя, зависит от марки автомата).

г) проверяем выбранный автомат на возможность ложного срабатывания при пуске

$$I_{ср.кат} \geq I_{эм.р}$$

Записываем марку автоматического выключателя и его характеристики.

- **тепловое реле** выбирается из условия

$$I_{н.р} \geq I_{н.дв}$$

где $I_{н.р}$ – номинальный ток теплового реле, А с последующей, обязательной регулировкой тока срабатывания теплового элемента, который должен включать в себя значение номинального тока двигателя. Регулятор настройки тока срабатывания теплового элемента устанавливаем на значение номинального тока двигателя.

Определяем значение коэффициента настройки теплового реле:

$$\kappa = \frac{I_{н.дв.}}{I_{н.т.р.}}$$

Пример: $I_{н.дв} = 22A$. Из каталога выбираем тепловое реле типа РТЛ – 102204, для которого $I_{н.р} = 25A > I_{н.дв} = 22A$, с пределами регулирования 18...25 А. Регулятор настройки тока несрабатывания теплового элемента устанавливаем на значение $I_{н.дв} = 22A$. Значение коэффициента настройки теплового реле

$$\kappa = \frac{22}{25} = 0,88.$$

Таблица 3. Технические данные трехполюсных автоматических выключателей с комбинированными расцепителями

Типоисполнение	Номинальные сила тока и напряжение выключателя	Расцепители	Пределы регулирования	Кратность тока срабатывания
		Сила номинального тока $I_{ном.р}$, А		
АЕ2016Р	10А, 500В	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10	$(0,9 \dots 1,15) I_{ном.р}$	$12 I_{ном.р}$
АЕ2036Р	25А, 500В	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25		
АЕ2046Р	63А, 500В	10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63		
АЕ2056Р	100А, 500В	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100;	$(0,6 \dots 1,0) I_{ном.р}$	

Типоисполнение	Номинальные сила тока и напряжение выключателя	Расцепители	Пределы регулирования	Кратность тока срабатывания
		Сила номинального тока $I_{ном.р}$, А		
АП50Б	63А, 500В	1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	(0,64...1,0) $I_{ном.р}$ (0,8...1,0) $I_{ном.р}$	12 $I_{ном.р}$
А3714Б	160А, 660В	32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160		10 $I_{ном.р}$
ВА51Г25	25А, 660В	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25		14 $I_{ном.р}$
ВА51Г31	100А, 660В	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100;		10 $I_{ном.р}$
ВА51Г33	160А, 660В	80; 100; 125; 160		
ВА51-35	250А, 660В	160; 200; 250		
ВА51-37	400А, 660В	250; 320; 400		
ВА51-39	630А, 660В	400; 500; 630		

Таблица 4. Технические данные пускателей серии ПМЛ

Величина пускателя	Ном. сила тока, А	Число и исполнение контактов вспомогат. цепи	Тип и исполнение						
			Нереверсивное			Реверсивное			
			Без кнопки «пуск» и «стоп»	С кнопками «пуск» и «стоп»	С кнопками «пуск» и «стоп» и сигнальными лампами	Без кнопки «пуск» и «стоп»	С кнопками «пуск» и «стоп»	С кнопками «пуск» и «стоп» и сигнальными лампами	Звезда-треугольник
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1	10	1 з. 1 р.	ПМЛ-121002 -	ПМЛ-122002 -	ПМЛ-123002 -	- ПМЛ-162102	- ПМЛ-162102	- ПМЛ-163102	ПМЛ-172002 -
2	25	1 з. 1 р.	ПМЛ-211002 -	ПМЛ-222002 -	ПМЛ-223002 -	- ПМЛ-261102	- ПМЛ-262102	- ПМЛ-263102	ПМЛ-272002 -
3	40	1 з.+1 р.	ПМЛ-321002	ПМЛ-322002	ПМЛ-323002	ПМЛ-361002	ПМЛ-362002	ПМЛ-363002	-
4	63	1 з.+1 р.	ПМЛ-421002	ПМЛ-422002	ПМЛ-423002	ПМЛ-461002	ПМЛ-462002	ПМЛ-463002	ПМЛ-472002
5	80	1 з.+1 р. 2 з.+2р.	ПМЛ-521002 ПМЛ-521102	- -	- -	ПМЛ-561102 ПМЛ-561102	- -	- -	ПМЛ-472002 ПМЛ-571002
6	125	1 з.+1 р. 2 з.+2р.	ПМЛ-621002 ПМЛ-621002	- -	- -	ПМЛ-661002 ПМЛ-661102	- -	- -	ПМЛ-671002 -
7	200	2 з.+2р.	ПМЛ-721102	-	-	ПМЛ-761102	-	-	-

Таблица 5. Технические данные тепловых реле серии РТЛ, встраиваемых в пускатели ПМЛ (согласно ТУ 16-523, 549-78)

Величина пускателя	Тип реле	Номинальная сила тока реле, А	Среднее значение силы тока теплового элемента, А	Пределы регулирования силы тока несрабатывания, А
	РТЛ-100104		0,14	0,1-0,17
	РТЛ-100204		0,21	0,16-0,26

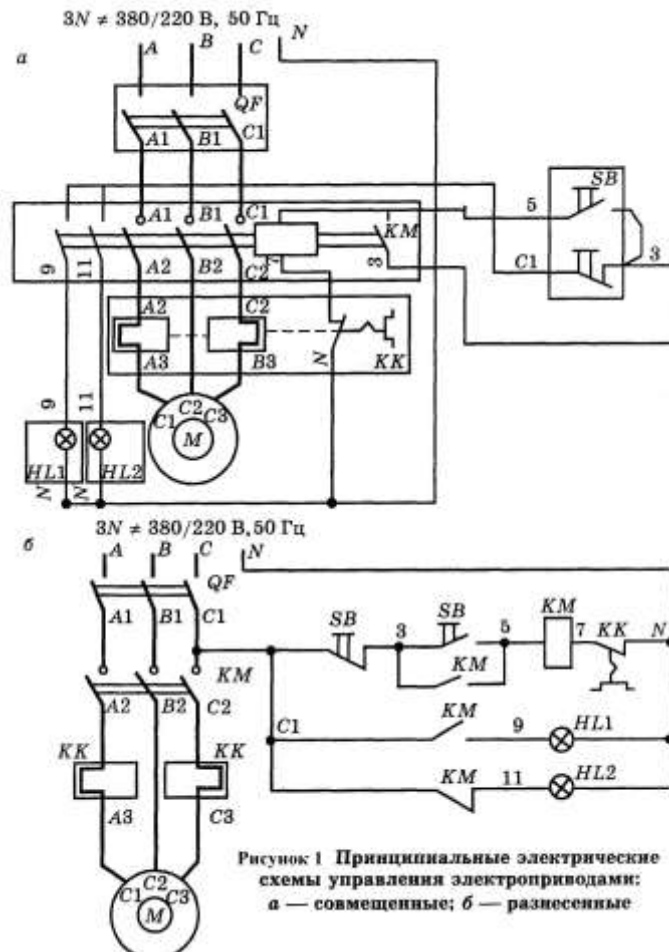
1	РТЛ-100304	25	0,32	0,24-0,4
	РТЛ-100404		0,52	0,38-0,65
	РТЛ-100504		0,8	0,61-1,0
	РТЛ-100604		1,3	0,95-1,6
	РТЛ-100704		2,0	1,5-2,6
	РТЛ-100804		3,2	2,4-4,0
	РТЛ-101004		5,0	3,8-6,0
	РТЛ-101204		6,8	5,5-8,0
	РТЛ-101404		8,5	7,0-10
2	РТЛ-101004		8,5	7,0-10
	РТЛ-101604		12	9,5-14
	РТЛ-102104		16	13-19
	РТЛ-202204		21,5	18-25
3	РТЛ-102204		21,5	18-25
	РТЛ-205304		27,0	23-32
	РТЛ-205504		35,0	30-40
4	РТЛ-205504	80	35	30-40
	РТЛ-205704		44	38-50
	РТЛ-205904		52	47-57
	РТЛ-206104		60	54-66
5	РТЛ-206104		60	54-66
	РТЛ-206304		71,5	63-80
6	РТЛ-206304		71,5	63-80
	РТЛ-312504		99	75-105
	РТЛ-312504		110	95-125
7	РТЛ-312504	200	110	95-125
	РТЛ-316004		140	120-160
	РТЛ-320004		175	150-200

Электрические схемы. Современное оборудование содержит большое количество как электрических, так и неэлектрических (гидравлических, пневматических, механических) элементов. Взаимодействие их между собой изображают графически с помощью схем. В соответствии с ГОСТ 2.701-76 все схемы классифицируют по видам (обозначаются буквой): электрические — Э, гидравлические — Г, пневматические — П, кинематические — К, комбинированные — С и по типам (обозначаются цифрой): структурные — 1, функциональные — 2, принципиальные — 3, соединений — 4, подключения — 5, общие — 6, расположения — 7. Например, обозначение схемы Э4 - электрическая схема соединений.

При монтаже электроустановок пользуются в основном *электрическими схемами*, представляющими собой упрощенное наглядное изображение связей между отдельными элементами электрической цепи, выполненное с помощью условных графических обозначений и позволяющее понять принцип действия электрической установки.

Из 7 типов электрических схем основными являются *принципиальные схемы*, отражающие с достаточной полнотой и наглядностью взаимные связи между отдельными элементами, входящими в состав установки и дающими исчерпывающие сведения о принципе ее работы.

Принципиальные схемы служат основанием для разработки схем соединений и подключений, составления спецификации и заявок на оборудование, приборы и аппараты на стадии подготовки к монтажу. На стадии монтажа, наладки и эксплуатации установки **принципиальная схема является основным руководящим техническим документом.**

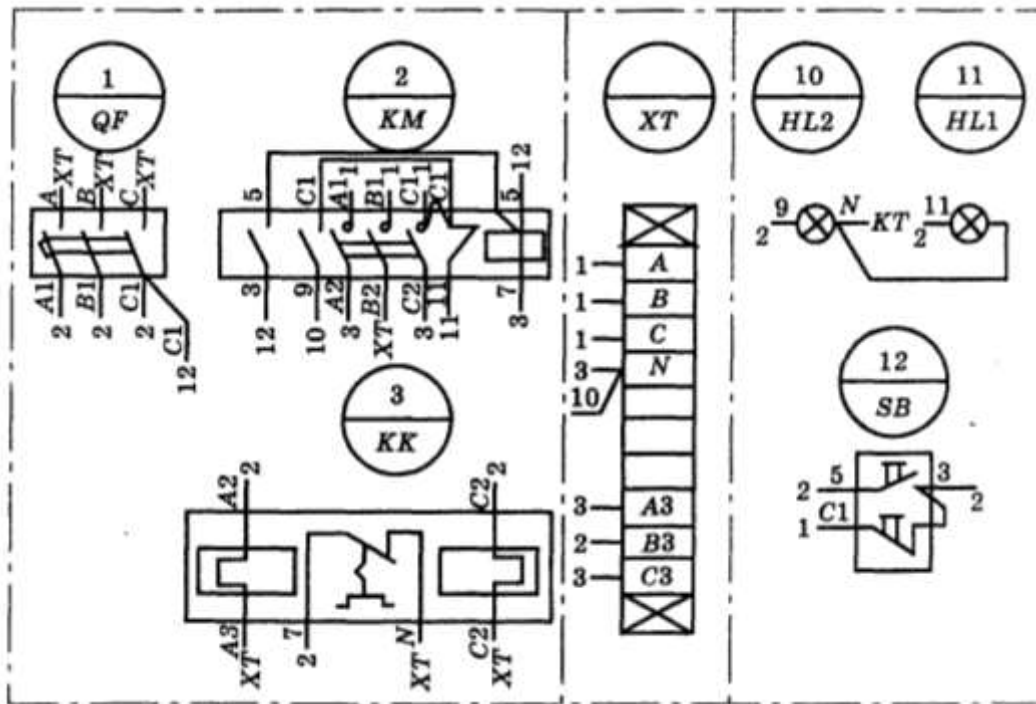


По назначению принципиальные схемы разделяют на схемы силовых цепей (цепи главного тока), схемы вспомогательных цепей (цепи управления, контроля, сигнализации), совмещенные схемы. При совмещенном начертании схем цепи главного тока выделяют более жирными линиями.

Принципиальные схемы могут выполняться **совмещенным и разнесенным** способами. Совмещенные изображения (рисунок 1, а) всегда применяют в схемах соединений, при этом все части каждого прибора располагают в непосредственной близости и заключают обычно в прямоугольный и круглый контур, выполненный тонкой линией. Чаще всего принципиальные схемы выполняют разнесенным способом (рисунок 1, б), при котором условные графические обозначения составных частей приборов располагают в различных местах, но таким образом, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Принадлежность различных частей к одному и тому же аппарату устанавливается позиционным обозначением.

Рису-
Элек-
ская
соеди-

От-
эlemen-
рудова-
бильни-
предо-
нители,
тромаг-
пускате-
рестисто-
денса-
т.п.) со-



нок 2.
триче-
схема
нений

дельные
ты обо-
ния (ру-
ки,
хра-
элек-
нитные
ли, реле,
ры, кон-
торы и
единяют

между собой проводами и кабелями, пользуясь **схемами соединений**, представляющими собой документ, прилагаемый заводом-изготовителем электроустановки или аппарата, содержащий сведения о **внутренних** соединениях изделия.

Сведения о соединениях между собой отдельных устройств (шкафов, пультов, панелей управления, клемм элементов электроустановки) и особенностях выполнения таких соединений содержат **схемы подключения** (рис. 3).

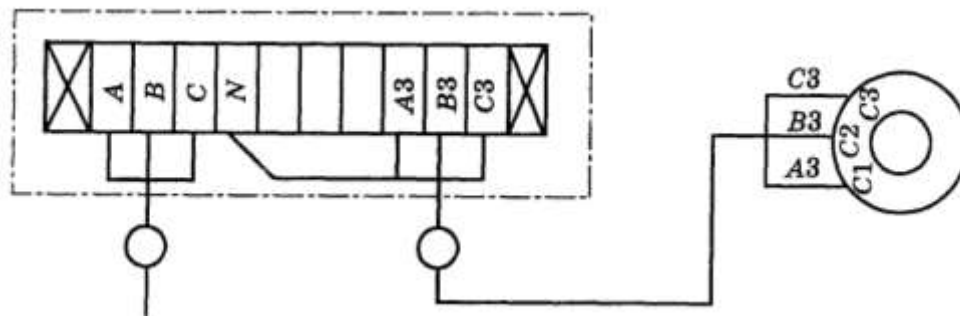


Рисунок 3. Схема подключений

Коммутирующие аппараты на схемах изображают в отключенном состоянии (т.е. при отсутствии тока в обмотках реле, контакторов, электромагнитных пускателей и т.п. и внешних принудительных сил, воздействующих на отдельные аппараты).

Для опознавания участков цепи и составления схем соединений, цепи в принципиальных схемах маркируют. Силовые цепи переменного тока маркируются буквами, обозначающими фазы, и последовательными числами (рис.1). Так, цепи трехфазного переменного тока маркируют буквами L1, L2, L3, PN.

цепи двухфазного тока — L1, L2; L2, L3; L3, L1 — и однофазного тока — L1, PN; L2, PN; L3, PN.

В схемах постоянного тока участкам цепей с положительной полярностью присваивают нечетные числа, а с отрицательной — четные. Входные и выходные участки цепи маркируют с указанием полярности: плюс (+) и минус (-), а средний проводник — буквой N или M. Цепи постоянного тока могут маркироваться последовательными числами.

Цепи управления, защиты, сигнализации, автоматики, измерения маркируются последовательными числами в пределах изделия.

На схемах маркировку проставляют у концов или в середине участка цепи, слева от изображения вертикальной цепи и над изображением горизонтальной цепи.

Схемы соединения могут выполняться *графическим методом*, когда провода, жгуты и кабели, соединяющие зажимы аппаратов, показывают на схеме отдельными линиями аналогично тому, как выполняется принципиальная схема (пример — рис. 1, а). Линии одного направления допускается изображать одной утолщенной, которая у мест присоединения ответвляется на отдельные линии.

В случае затруднения чтения схемы применяют адресный метод, при котором линии, изображающие провода, жгуты и кабели, обрывают вблизи мест присоединения. При этом у зажимов аппаратов показывают лишь отрезки проводов.

В местах присоединения жил проводов и кабелей к аппаратам на схемах соединений изображают выводные зажимы в виде окружностей, внутри которых проставляют их маркировку (заводскую или специально присвоенную).

Чтобы прочесть схему, необходимо знать:

- 1) условные обозначения, определяемые ГОСТ 2,751-73, ГОСТ 2.755-74, ГОСТ 2.756-76;
- 2) принцип действия отдельных аппаратов, входящих в состав установки;
- 3) свойства последовательного и параллельного соединения контактов и других элементов схем.

При чтении схем следует соблюдать определенную последовательность:
определить источник электропитания и основные пути энергии от источника к потребителю;
расчленив схему на простейшие цепи;
уяснить роль каждого элемента, входящего в отдельные простейшие цепи;
рассмотреть условия взаимодействия аппаратов, входящих в состав электроустановки.

Начинают чтение схемы с рассмотрения цепи основного аппарата, управляющего работой потребителя. Затем определяют контакты аппаратов, входящих в эту цепь, и как они влияют на работу основного аппарата. Потом рассматривают цепи аппаратов, управляющих этими контактами и т.д.

Рассмотрим в качестве примера работу схемы, изображенной на рис.1. Наибольшей наглядностью в чтении (лучше прослеживаются отдельные цепи) обладает схема, выполненная разнесенным способом (рис. 1, б). Из схемы видно, что электродвигатель (М) питается от сети 380/220 В с частотой 50 Гц. Защита электрической цепи от короткого замыкания осуществляется автоматическим выключателем QF.

Дистанционный пуск и остановку выполняют электромагнитным пускателем (KM), снабженным электротепловым реле (KK) для защиты его от перегрузок. Управление электродвигателем осуществляется кнопками «пуск» и «стоп» (SB).

При нажатии SB (кнопка «пуск» с замыкающим контактом) и включенном автоматическом выключателе QF образуется замкнутая электрическая цепь: зажим C1 — размыкающий контакт с самовозвратом SB (кнопка «стоп»), замыкающий контакт SB, катушка электромагнитного пускателя KM, размыкающий контакт электротеплового реле KK, нулевой провод сети N. В электромагните KM создается магнитное поле. Якорь, притягиваясь к сердечнику, увлекает траверсу, на которой закреплены подвижные главные и блокировочные контакты. Силовые контакты KM замыкают цепь глав-

ного тока (электродвигатель включается), а блокировочный замыкающий контакт КМ шунтирует кнопку «пуск», так как она с пружинным самовозвратом и замкнута лишь при нажатии (поэтому блокировочный контакт КМ часто называют контактом самопитания).

Для остановки электродвигателя следует нажать кнопку SB с размыкающими контактами («стоп»). При этом обесточивается катушка КМ, главные контакты электромагнитного пускателя разомкнутся и отключат электродвигатель. Защита электродвигателя от перегрузок осуществляется тепловым реле КК, которое работает нижеопи- санным способом. При превышении заданного значения электрического тока в цепи питания электродвигателя сработает тепловое реле КК и своим размыкающим контак- том разомкнет цепь питания катушки электромагнитного пускателя, что в свою оче- редь приведет к размыканию его главных контактов и электродвигатель отключится.

Схемой предусмотрена также световая сигнализация работы электродвигателя. При неработающем электродвигателе горит сигнальная лампа HL2, при работающем – HL1.

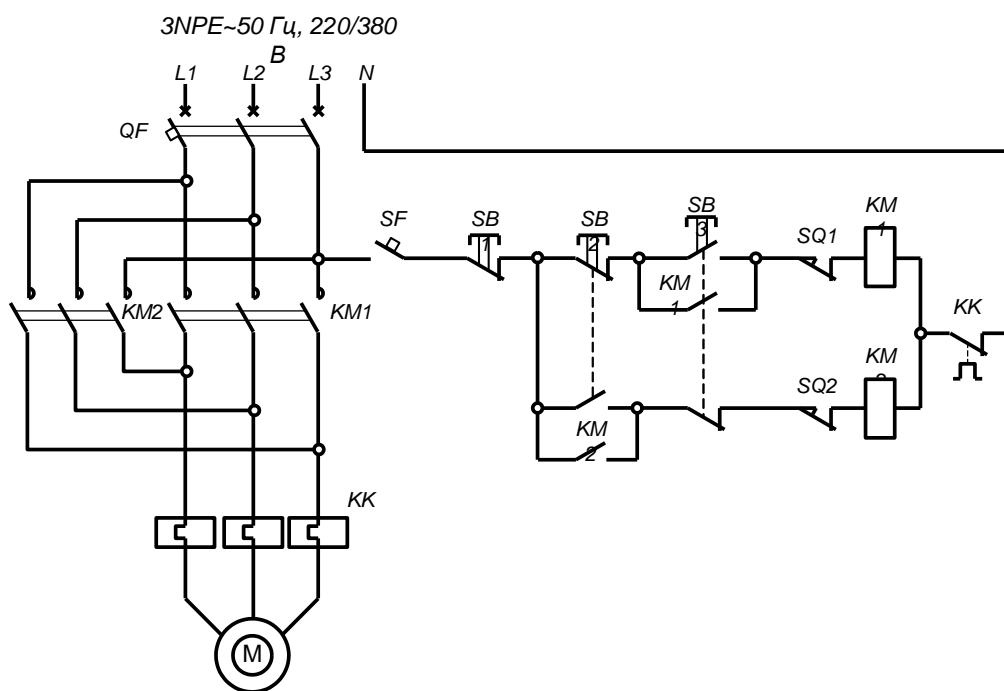


Рисунок 4. Электрическая принципиальная схема управления электродвигателем в функции пути.

Способы установки и крепления аппаратуры.

Для управления работой электрических машин в качестве пускорегулирующей аппаратуры принимаются рубильники, переключатели, предохранители, магнитные пускатели, автоматические выключатели, командоаппараты, контроллеры, станции управления и пр. Поставляются они на монтаж, как правило, в собранном виде или укрупненными узлами в виде комплектных устройств промышленного изготовления.

Устанавливают пускорегулирующую аппаратуру в электротехнических помещениях и помещениях, не содержащих паров и газов, разрушающих изоляцию и металл. Места остановки должны быть удобны для эксплуатации. Способы установки зависят от типа аппаратуры, назначения, габаритов, места установки и выполняются в соответствии с инструкциями и проектом.

На вводах в жилые дома и общественные здания пускорегулирующую аппаратуру устанавливают в отдельных щитовых помещениях в специальных металлических шкафах заводского изготовления. В производственных помещениях устанавливают на

прочных, не подверженных вибрации поверхностях, с ровными и гладкими основаниями, в строго вертикальном положении, отклонение от вертикального положения не должно превышать 5° в любую сторону.

Коммутационный аппарат ручного управления устанавливают таким образом, чтобы его рукоятка находилась на высоте 1,5 м от поверхности пола или площадки обслуживания, а оператор при управлении мог наблюдать за работой машины или другого механизма.

Крепление каждого аппарата к опорным конструкциям должно быть надежным. Способы крепления зависят от конструкции аппарата. Аппараты могут иметь для крепления специальные приспособления, крепиться винтами, болтами, скобами.

При установке аппаратуры на стене сначала выполняют необходимые разметочные работы. Затем устанавливают вспомогательные металлоконструкции (скобы). Их изготавливают из полосовой или угловой стали. Скобы к стене крепят дюбель-гвоздями или дюбель-винтами пристреливанием. К скобам прикрепляют пускорегулирующие аппараты.

Рассмотрим технологию монтажа отдельных аппаратов более подробно.

Монтаж рубильников и переключателей. Рубильники и переключатели монтируются в распределительных щитах и силовых пунктах. При их монтаже необходимо следить, чтобы плита, на которой они крепятся, не была перекошена. Зазор в месте крепления не должен быть более 1 мм. Излишний зазор устраняется рихтовкой опорной конструкции или прокладкой регулировочных шайб. Нормальное положение рубильников и переключателей вертикальное. Установка их выполняется по уровню. Затяжка болтов и гаек производится до отказа без рывков с усилием не более 150 Н. После полного закрепления аппаратов проверяется плотность соприкосновения подвижного и неподвижного контактов. Проверка производится щупом толщиной 0,05 мм, который не должен проходить более чем на $1/3$ контактной поверхности.

Контактные ножи аппаратов при включении должны касаться контактных стоек с обеих сторон по всей линии. Все трущиеся части покрывают тонким слоем технического вазелина или специальной смазки. Если рубильник имеет рычажный привод, то между плитой рубильника и лицевой поверхностью щита или шкафа необходимо обеспечить расстояние не менее 250 мм. При установке рубильника с боковой рукояткой расстояние от боковой стенки шкафа до вертикальной оси крайнего ближайшего к рукоятке полюса должно быть около 130 мм.

У рубильников обязательно проверяется сопротивление изоляции между фазами и относительно земли. Это сопротивление должно быть не менее 0,5 МОм.

Монтаж магнитных пускателей. Магнитные пускатели изготавливаются, как правило, в стальных защитных кожухах. Перед монтажом крышку кожуха снимают, освобождают якорь магнитной системы от удерживающих приспособлений (деревянные клинья, шпагат), удаляют консервационную смазку, пробивают отверстия в днище по имеющимся надрубам, очищают пускатель от пыли, протирают полюса магнитной системы, проверяют свободный ход подвижной части, паспортные данные пускателя, измеряют сопротивление изоляции и затяжку всех винтов и гаек. Если сопротивление изоляции менее 1 МОм, пускатели необходимо просушить.

Пускатель устанавливают на основание в вертикальном положении и крепят к нему с помощью винтов, пропускаемых в отверстие в днище кожуха. Нажатием руки на якорь убеждаются в свободном ходе подвижной системы. Якорь должен свободно возвращаться в крайнее исходное положение.

У реверсивных пускателей проверяют работу механического блокировочного устройства. Смазывать контакты пускателя не допускается.

Пускатели с тепловыми реле во избежание ложных срабатываний защиты не рекомендуется устанавливать рядом с нагревательными установками (реостаты, радиаторы отопления и т.н.).

При установке пускателей открытого исполнения необходимо соблюдать допустимые расстояния от дугогасительных камер до ближайших токоведущих частей других аппаратов. Эти расстояния по воздуху должны быть не менее 12 мм, а по изоляции — 20 мм.

В конце монтажа пускателя присоединяют к нему проводники первичной цепи и цепи управления, закрывают крышку пускателя и заземляют его.

Монтаж автоматических выключателей типа АЗ700. Автоматические выключатели типа АЗ700 выпускаются на токи 160, 200, 250, 400, 630 А. Имеют электромагнитный и полупроводниковый термобиметаллические расцепители. Привод может быть ручной или электромеханический, выключатели бывают с передним и задним присоединением проводов.

При монтаже выключателей снимают пламегаситель и крышку, которая закрывает доступ к зажимам. После монтажа их ставят на место. К неподвижным контактам выключателя подсоединяют провода, идущие от источника питания. Автоматические выключатели имеют пластмассовый корпус. Поэтому при монтаже их с передним присоединением необходимо отрихтовать конструкцию, на которой они кренятся, чтобы при затяжке винтов не произошла поломка пластмассового основания. При заднем присоединении проводников сначала в изоляционной напели устанавливают шпильки, на них надевают выключатель и гайки затягивают. Шпильки на панели закрепляют не жестко, ас люфтом.

Таблица 6 - Расстояния от предохранителей до заземленных частей по поверхности изоляции и по воздуху

Номинальное напряжение предохранителя, В	Номинальный ток предохранителя, А	Расстояние по поверхности (не менее), мм	Расстояние по воздуху (не менее), мм
220	150-350	15	12
	600-1000	25	20
500	100-350	25	20
	600-1000	30	30

Монтаж предохранительной серии ПР-2. Предохранители устанавливают в вертикальном положении. Контактные стойки монтируются по одной вертикальной оси. При установке нескольких предохранителей их располагают в один ряд. Необходимо обеспечить только свободный съем патронов и выдержать требуемые расстояния (табл. 6) по поверхности изоляции и по воздуху как между фазами, так и между токоведущими и заземленными частями.

Технология монтажа предохранителей ПН-2 аналогичная. Расстояние от частей предохранителя, находящихся под напряжением, до заземленных и других частей, находящихся под напряжением, должно быть не менее 12 мм для напряжения 380 В и 20 мм - для напряжения 500 В.

Монтаж пакетных выключателей и переключателей. Пакетные выключатели (ПВ) и пакетные переключатели (ПП) применяются в электрических цепях переменного тока напряжением до 440 В для включения и отключения цепей управления элект-

роустановок, распределения электрической энергии и для ручного управления асинхронными электродвигателями. Классифицируются по числу полюсов, номинальному току, роду защиты от внешних воздействий, способу монтажа.

В зависимости от способа установки и крепления переключатели выпускаются четырех исполнений: 1 - крепление передней скобой, установка за панелью толщиной до 4 мм; 2 - крепление передней скобой, установка за панелью толщиной до 25 мм; 3 - крепление задней скобой, установка внутри шкафа; 4 - крепление за корпус при помощи стяжных шпилек, установка на стенах и конструкциях. В исполнениях 1 и 2 применяют заднее присоединение проводов, в исполнениях 3 и 4 - переднее.

Изготавливаются пакетные выключатели шести величин -1,3, 5, 6,8, 9. В однополюсном исполнении применяются выключатели только 1 величины. По роду защиты от внешнего воздействия эти аппараты изготавливаются в открытом, защищенном и пылебрызгозащищенном исполнении.

Перед монтажом выключатели и переключатели очищают от смазки, контакты протирают салфеткой, смоченной в бензине, устанавливают на панели и соответствующим образом закрепляют. При креплении на задней стороне панели, когда ось рукоятки проходит через панель, необходимо обеспечить достаточные зазоры (1-2 мм) между осью и отверстием в панели и между рукояткой и передней стороной панели. Контактные винты и наконечники проводов протирают бензином, подсоединяют провода и смазывают контактные соединения тонким слоем технического вазелина. Включающий механизм необходимо обработать консистентной смазкой.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА


4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какая аппаратура нужна для сборки схемы управления электродвигателем в функции пути.
2. Для чего применяются путевые, конечные выключатели и переключатели
3. Как изменить направление вращения ротора асинхронного электродвигателя?
4. Назовите виды и типы схем.
5. Что называется электрической схемой?
6. Что называется электрической схемой соединений?
7. Что называется электрической схемой подключений?

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов

Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа №45

Тема. Реле времени-проверка и устранение дефектов в электромагнитном приводе.

Цель: изучить конструкции, принципа действия реле времени, устранения дефектов основных узлов.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: ручной монтажный инструмент, кронштейны, стойки, держатели, конструкции для крепления реле, розетки, провода различных марок и сечений, электромонтажный инструмент, методические рекомендации, учебная литература.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

1. Находится непосредственно на своём рабочем месте.
2. Соблюдать правила поведения в электромонтажной мастерской.
3. Не отвлекать учащихся с других рабочих мест от работы.
4. Не производить никаких переключений на соседних местах.
5. Соблюдать осторожность при пользовании мастерским инструментом.
6. Подавать напряжение на схему только с разрешения мастера производственного обучения.
7. Все изменения в схемах производить только после снятия напряжения.
8. Не прикасаться к оголённым участкам проводов.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [4], с.42-45, [1], с.66.
- 1.2 Изучите инструкцию по технике безопасности.
- 1.2 Подготовьте бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Записать краткие теоретические сведения об реле времени.
- 2.2. Вычертить схемы реле времени.
- 2.3. Выбрать реле времени.
- 2.4. Расшифровать марки реле времени.
- 2.5. Разметить места установки реле времени.
- 2.6. Установить реле времени.
- 2.7. Подсоединить реле времени.
- 2.8. Показать выполненную работу.
- 2.9. Сдать инструмент, крепёжные изделия и установочные материалы.
- 2.10. Убрать рабочее место.
11. Оформить отчёт.

3. Методические указания.

- 3.1 Теоретические сведения.
- 3.2.Методика выполнения работы.

- 3.1. Ознакомьтесь с темой и целью занятия.
- 3.2. Изучите виды и устройство реле времени.
- 3.3. Выполнить монтаж реле времени.
- 3.4. Выполнить индивидуальное задание.
- 3.5. Составить отчет о проделанной работе.

При работе схем защиты и автоматики часто требуется создать выдержку времени между срабатыванием двух или нескольких аппаратов. При автоматизации технологических процессов также может возникнуть необходимость производить операции в определенной временной последовательности.

Для создания выдержки времени служат аппараты, называемые реле времени.

Требования, предъявляемые к реле времени

Общими требованиями для реле времени являются:

- а) стабильность выдержки времени вне зависимости от колебаний питающего напряжения, частоты, температуры окружающей среды и других факторов;
- б) малая потребляемая мощность, масса и габариты;
- в) достаточная мощность контактной системы.



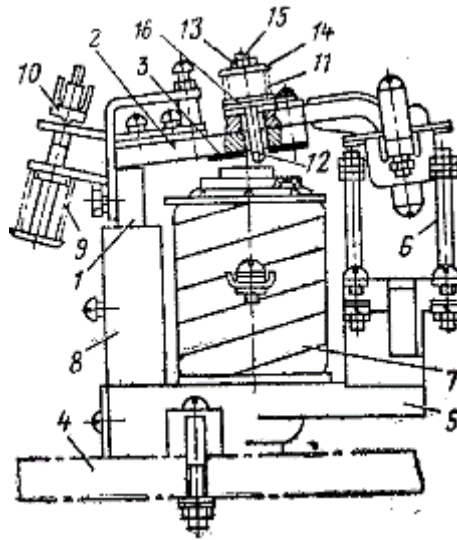
Возврат реле времени в исходное положение происходит, как правило, при его обесточивании. Поэтому к коэффициенту возврата не предъявляется особых требований, и он может быть очень низким. В зависимости от назначения реле к ним предъявляются специфические требования.

Для схем автоматического управления приводом при большой частоте включений в час требуются реле времени с высокой механической износостойкостью. Требуемые выдержки времени находятся в пределах 0,25 — 10 с. К этим реле не предъявляются высокие требования относительно точности работы. Разброс времени срабатывания может достигать 10%. Реле времени должны работать в условиях производственных цехов, при вибрации и тряске.

Реле времени для защиты энергосистем должны иметь большую точность выдержки времени. Эти реле работают относительно редко, поэтому к ним не предъявляются особые требования по износостойкости. Выдержки времени таких реле составляют 0,1 — 20 с.

Реле времени с электромагнитным замедлением

Конструкция реле времени с электромагнитным замедлением типа РЭВ-800. Магнитная цепь реле состоит из магнитопровода 1, якоря 2 и немагнитной прокладки 3. Магнитопровод укрепляется на плите 4 с помощью литого алюминиевого цоколя 5. Этот же цоколь служит для крепления контактной системы 6.



На ярме прямоугольного сечения магнитопровода устанавливается короткозамкнутая обмотка в виде сплюснутой гильзы 8. Намагничивающая обмотка 7 устанавливается на цилиндрическом сердечнике. Якорь вращается относительно стержня 1 на призме. Усилие, развиваемое пружиной 9, изменяется с помощью корончатой гайки 10, которая фиксируется после регулировки с помощью шплинта. Магнитопровод реле выполняется из стали ЭАА. Сердечник катушки имеет круглое сечение, что позволяет применять катушку цилиндрической формы, удобную в производстве. Стержень 1 имеет сечение вытянутого прямоугольника, что увеличивает длину линии касания якоря с торцом ярма и повышает механическую износостойкость реле.

Для получения большого времени при отпуске необходимо иметь высокую магнитную проводимость рабочего и паразитного зазоров в замкнутом состоянии магнитной системы. С этой целью торцы ярма и сердечника и прилегающая к ним поверхность якоря тщательно шлифуются.

Литое основание из алюминия создает дополнительный короткозамкнутый виток, увеличивающий выдержку времени (в схеме замещения все короткозамкнутые обмотки заменяются одним витком с суммарной электрической проводимостью).

У реальных магнитных материалов после отключения намагничивающей обмотки поток спадает до Фост, который определяется свойствами материала магнитопровода и геометрическими размерами магнитной цепи. Чем меньше коэрцитивная сила магнитного материала при заданных размерах магнитной цепи, тем ниже величина остаточной индукции, а, следовательно, остаточного потока. При этом возрастает наибольшая выдержка времени, которая может быть получена от реле. Применение стали ЭАА позволяет увеличить выдержку времени реле.



Для получения большой выдержки времени желательно иметь высокую магнитную проницаемость на ненасыщенном участке кривой намагничивания. Этому требованию сталь ЭАА также удовлетворяет.

Выдержка времени при прочих равных условиях определяется начальным потоком Φ_0 уравнения. Этот поток определяется кривой намагничивания магнитной системы в замкнутом состоянии. Поскольку напряжение и ток в обмотке пропорциональны друг другу, то зависимость $\Phi(U)$ повторяет, только в другом масштабе, зависимость $\Phi(Iw)$. Если система при номинальном напряжении не будет насыщена, то поток Φ_0 будет в сильной степени зависеть от питающего напряжения. При этом выдержка времени также будет зависеть от напряжения, приложенного к обмотке.



В схемах привода на обмотку реле времени часто подается напряжение ниже номинального, при этом реле будет иметь пониженные выдержки времени. Для того чтобы сделать выдержку времени реле независимой от питающего напряжения, магнитная цепь делается сильно насыщенной. В некоторых типах реле времени снижение напряжения на 50% не вызывает заметного изменения выдержки времени. В схемах автоматики напряжение на питающую катушку реле времени может подаваться кратковременно. Для того чтобы выдержка времени при отпускании была стабильной,

необходимо, чтобы длительность приложения напряжения к питающей катушке была достаточная для достижения потоком установившегося значения. Это время называется временем подготовки или зарядки реле. Если длительность приложения напряжения меньше времени подготовки, то выдержка времени уменьшается.

На выдержку времени реле большое влияние оказывает температура короткозамкнутой обмотки. В среднем можно считать, что изменение температуры на 10°C ведет к изменению времени выдержки на 4%. Зависимость выдержки времени от температуры является одним из основных недостатков этого реле.

Реле РЭВ811...РЭВ818 обеспечивают выдержку времени от 0,25 до 5,5 с. Изготавливаются с катушками на напряжение постоянного тока 12, 24, 48, 110 и 220 В.

Схемы включения реле времени

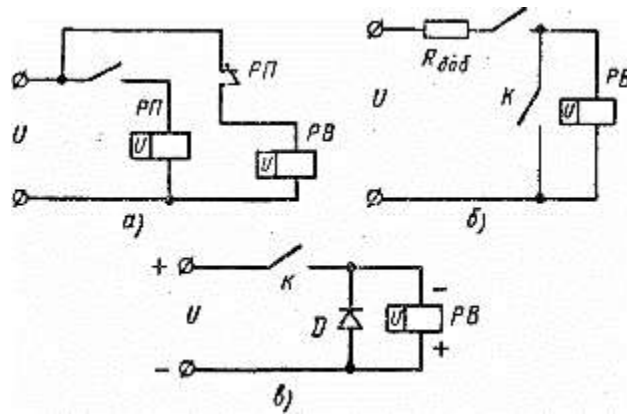
Время срабатывания реле при подаче напряжения очень мало, так как м. д. с. трогания значительно меньше установившегося значения. Таким образом, возможности реле с электромагнитным замедлением при срабатывании очень ограничены. Если необходимо при замыкании управляющих контактов иметь большие выдержки времени, то целесообразно применить схему с промежуточным реле РП. Обмотка реле времени РВ находится под напряжением, все время питаясь через размыкающий контакт реле РП. При подаче напряжения на обмотку РП последнее размыкает свой контакт и обесточивает реле РВ. Якорь РВ отпадает, создавая необходимую выдержку времени.



Реле РВ в этой схеме должно обязательно иметь короткозамкнутый виток.

В некоторых схемах реле времени может не иметь короткозамкнутого витка. Роль этого витка играет сама намагничивающая обмотка, замкнутая накоротко. Обмотка РВ питается через резистор $R_{доб}$. Величина напряжения на РВ должна быть достаточной для достижения потока насыщения в замкнутом состоянии магнитной цепи. При замыкании управляющего контакта К обмотка реле закорачивается, обеспечивая медленный спад потока в магнитной цепи. Отсутствие короткозамкнутой обмотки позволяет все окно магнитной системы занять намагничивающей обмоткой и создать большой запас в м. д. с. При этом выдержка времени не уменьшается даже в том случае, когда питающее напряжение на обмотке составляет $0,5 U_n$. Такая схема широко применяется в электроприводе. Реле включается параллельно ступени пускового резистора в цепи якоря. При закорачивании этой ступени обмотка реле времени замыкается и с выдержкой это реле производит включение контактора, шунтирующего следующую ступень пускового резистора.

Схемы включения реле времени с электромагнитным замедлением



Применение полупроводникового вентиля также позволяет использовать реле без короткозамкнутого витка. При включении питающей обмотки реле времени ток через вентиль практически равен нулю, так как он включен в непроводящем направлении. При отключении контакта К поток в магнитной цепи спадает, при этом на зажимах обмотки появляется э.д.с. с полярностью. При этом через вентиль протекает ток, определяемый этой э.д.с., активным сопротивлением обмотки и вентиля и **индуктивностью обмотки**.

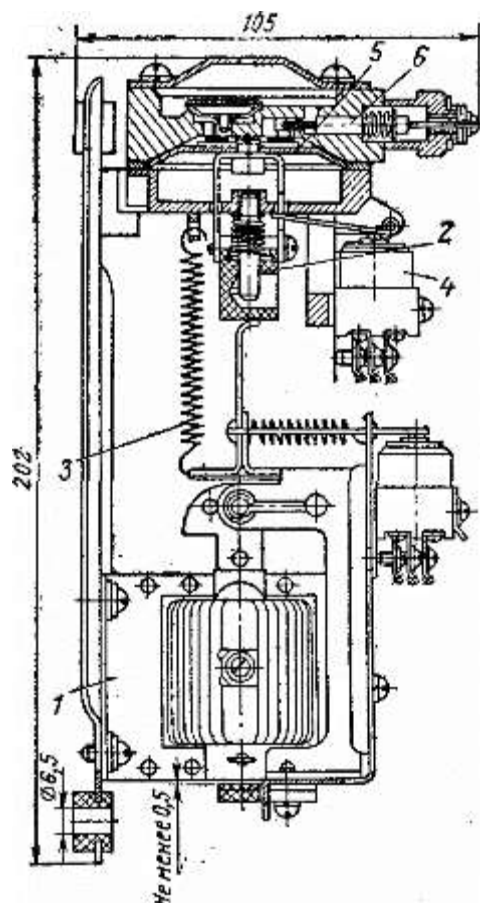
Для того чтобы прямое сопротивление вентиля не приводило к уменьшению выдержки времени (растет активное сопротивление короткозамкнутой цепи), это сопротивление должно быть на один-два порядка ниже сопротивления намагничивающей обмотки реле.

При любых схемах питание намагничивающей обмотки реле должно производиться либо от источника постоянного тока, либо от источника переменного тока с применением мостовой схемы на полупроводниковых вентилях.

Реле времени с механическим замедлением

Реле времени с пневматическим замедлением и с анкерным механизмом. В таких реле электромагнит постоянного или переменного тока воздействует на контактную систему, связанную с замедляющим устройством в виде пневматического демпфера или в виде часового (анкерного) механизма. Выдержка времени меняется путем регулировки замедляющего устройства.

Большим преимуществом реле времени этого типа является возможность создания реле как на переменном, так и на постоянном токе. Работа реле практически не зависит от величины питающего напряжения, частоты питания, температуры.



Пневматическое реле времени РВП, применяется в схемах автоматического управления приводом металлорежущих станков и других механизмов. При срабатывании электромагнита 1 освобождается колодка 2, которая под действием пружины 3 опускается вниз и воздействует на микропереключатель 4. Колодка 2 связана с диафрагмой 5. Скорость движения колодки определяется сечением отверстия, через которое засасывается воздух в верхнюю полость замедлителя. Выдержка времени регулируется иглой 6, меняющей сечение всасывающего отверстия.

Реле времени с пневматическим замедлением позволяет очень легко регулировать выдержку времени.

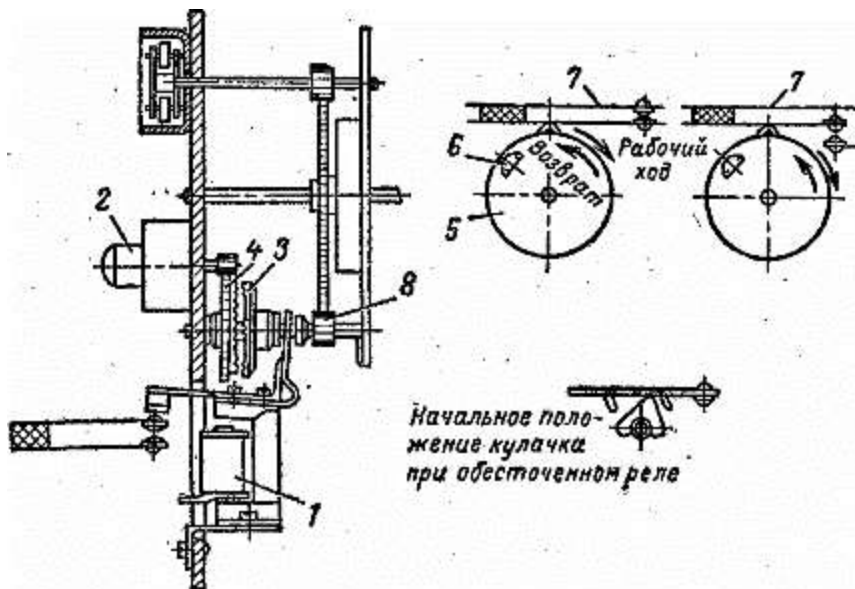
Работа реле времени с замедлителем в виде анкерного механизма происходит в следующем порядке. При подаче напряжения на электромагнит якорь заводит пружину, под действием которой приводится в движение механизм реле. Контакты реле связаны с анкерным механизмом и приходят в движение лишь после того, как анкерный механизм отсчитает определенное время.

Реле времени РВП также имеет и нерегулируемые, мгновенные контакты, которые связаны с якорем электромагнита. Реле времени надежно работают при напряжении до 0,85 Ун.

Моторные реле времени

Для создания выдержки времени в 20—30 мин используются моторные реле времени.





Принцип действия моторного реле времени PVT-1200

При срабатывании реле времени напряжение одновременно подается на электромагнит 1 и двигатель 2. При этом двигатель через муфту 3,4 и зубчатую передачу 8 вращает диски 5 с кулачками 6, воздействующими на контактную систему 7. Выдержка времени реле регулируется путем изменения начального положения диска 5.

Реле позволяет устанавливать различную выдержку времени в пяти совершенно независимых цепях. Выходные контакты реле времени имеют длительно допустимый ток 10 А.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Тема и цель работы.
2. Зарисовать и записать основные реле времени.
3. Зарисовать и записать основные установочные материалы.
4. Зарисовать и расшифровать реле времени.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите назначение реле времени.
2. Назовите виды реле времени.
3. Перечислите назначение и применение реле времени.
4. Перечислите основные элементы реле времени.
5. Перечислите различия по внешнему виду марки реле времени.
6. Поясните способы крепления реле времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

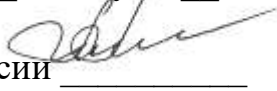
1. Баран А.Н. и др. Технология электромонтажных работ. Лабораторный практикум.- Мн.: Дизайн ПРО, 2000
2. Куценко Г.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок. Практикум.- Мн.: Дизайн ПРО, 2003
3. Куценко Г.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок. - Мн.: Дизайн ПРО, 2003
4. Правила устройств электроустановок.- ЗАО Ксения, 2001
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - ЗАО Ксения, 2001
6. Луковников А.В. Охрана труда. – М.: ВО Агропром , 1991

Составил мастер ПО

А.М. Максимчук

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 46

Тема: Расчёт, выбор аппаратуры, монтаж и наладка схемы управления электродвигателем в функции времени.

Цель: Приобрести навыки чтения, составления, монтажа и наладки схемы управления электродвигателем в функции времени. Произвести расчёт и выбор аппаратов.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: автоматический выключатель, соединительные провода, электродвигатель, магнитный пускатель, кнопочный пост, реле времени, методические рекомендации, учебная литература, приложение к практической работе, каталог низковольтной аппаратуры.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть осажены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [11], с.73 - 80.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Пройти входной контроль.
- 2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4 Убрать рабочее место.
- 2.5 Ответить на контрольные вопросы.
- 2.6 Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

Управление в функции времени, получившее наибольшее распространение, осуществляется с помощью аппаратов, контролирующих время, т. е. реле времени, настраиваемых на отсчет заданных выдержек времени. Каждое реле включает или от-

ключает отдельный контактор, который закорачивает главным контактом или вводит нужную ступень пускового или тормозного сопротивления.

Чтоб обеспечить правильную работу схем автоматического управления, нередко бывает нужно выполнить срабатывание отдельных аппаратов в определенной последовательности с соблюдением подходящих интервалов времени. Для этого предназначено реле времени.

Реле времени работают или по принципу механического замедления и изготавливаются с применением маятников либо электродвигателей, или по принципу электромагнитного замедления. Маятниковые реле дают выдержку времени в границах 1-15 сек, двигательные – до 24 ч, реле с электромагнитным замедлением – до 5 сек. Реле с электрическим замедлением изготавливают только для работы в цепях управления постоянного тока, это реле работает по принципу роста времени спада магнитного потока в магнитной системе при выключении реле.

Рассмотрим устройство и схему включения электрического реле времени типа РЭ-500, которое находит обширное применение при автоматизации электропривода. Это реле (рисунок 1) состоит из катушки 1, неподвижного магнитопровода 2, якоря 3, регулировочного винта 5, траверсы 6 с блок-контактами и оттяжной пружиной 4.

В месте соприкосновения сердечника с якорем помещена немагнитная прокладка, она служит для предотвращения вероятного прилипания якоря к сердечнику, при отсутствии прокладки отбрасывающая пружина может не преодолеть удерживающего усилия *остаточного магнетизма* сердечника, и реле не отключится.

Якорь втягивается под действием потока, создаваемого катушкой 1, насаженной на сердечник. На якоре укреплен траверса 6 с подвижными контактами мостикового типа, которые образуют замыкающие контакты реле.

Для улучшения проводимости контакты изготавливаются с серебряными накладками.

Время от момента подачи импульса на катушку реле до срабатывания контактов именуется *выдержкой времени реле*. Регулирование выдержки времени делается в границах каждого типа реле конфигурацией толщины немагнитной прокладки и натяжением оттяжной пружины с помощью регулировочного винта 5. Чем тоньше прокладка и меньше натяжение пружины, тем больше выдержка времени реле. Не считая того, выдержка времени на реле времени РЭ-511, РЭ-513 и РЭ-515 может быть получена последующими методами: 1) закорачиванием катушки; 2) отключением катушки реле.

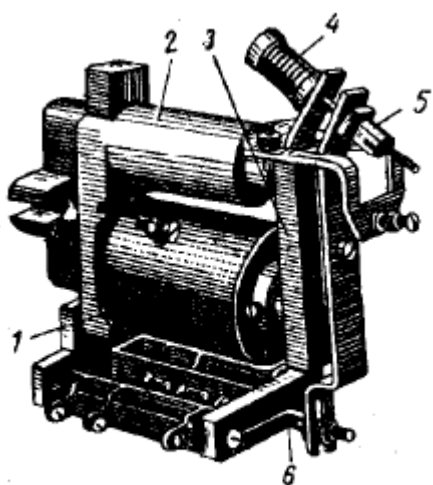


Рис. 1 Электромагнитное реле времени постоянного тока РЭ - 500

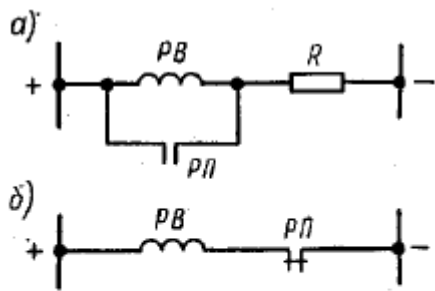


Рис. 2 Схемы получения выдержки времени у электромагнитных реле времени с различными вариантами включения втягивающей катушки

1. Закорачивание катушки. При включении реле РВ якорь притягивается очень стремительно (время заряда реле 0,8 сек). При выключении создается выдержка времени, при всем этом отключение реле может осуществляться как методом разрыва цепи катушки, так и методом ее закорачивания (рис. 2а). Выдержка времени при закорачивании катушки выходит по следующей причине. Для отпадения якоря (и, как следует, срабатывания контактов реле) нужно, чтоб поток в магнитной системе пропал либо уменьшился до определенной величины,

что и происходит при прекращении питания катушки реле, т. е. при ее выключении. Если же шунтировать катушку реле (к примеру, параллельным включением каких-то контактов другого промежуточного реле РП), то вследствие самоиндукции в контуре, образуемом катушкой реле и контактом РП, поддерживается некое время ток. Как следует, магнитный поток и сила притяжения якоря к сердечнику тоже будут затухать равномерно. Сопротивление R в цепи катушки должно быть предвидено для предотвращения недлинного замыкания (в этом случае, если в этой цепи нет других потребителей).

2. Отключение катушки реле. При выключении катушки реле можно также достигнуть замедленного спада магнитного потока в магнитопроводе (рис. 2 б). Для этого используются различные демпферы. Демпфером именуется толстая гильза, выполненная из меди либо алюминия, которая насаживается на общий сердечник со втягивающей катушкой. Эта гильза делает вторичный контур. При исчезновении основного магнитного потока при размыкании РП в гильзе индуктируется ток, который по правилу Ленца стремится поддержать основной поток. Чем больше масса демпфера, тем больше выдержка времени реле. Роль демпфера одновременно делает также и алюминиевое основание реле. Различные спектры выдержки реле (0,3—5,5 сек) достигаются за счет внедрения дополнительных съемных демпферов.

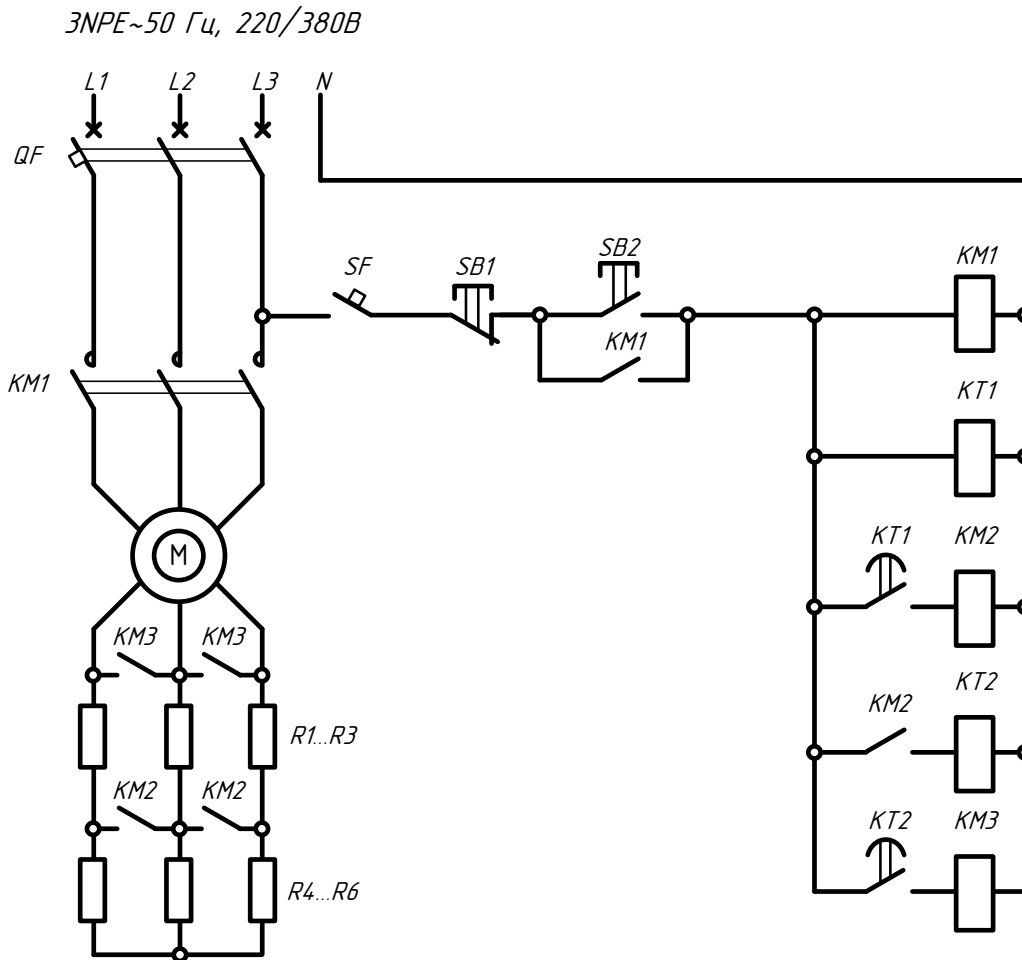


Рисунок 3 - Электрическая принципиальная схема управления электродвигателем в функции времени.

На рисунке 3 показана схема управления АД с ограничением пусковых токов с помощью токоограничивающих резисторов R1, R2, R3, с выдержкой времени.

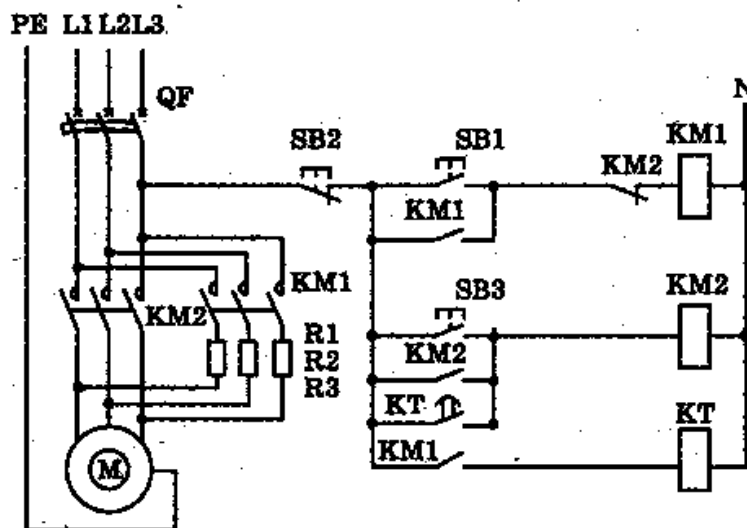


Рисунок 4 - Схема управления трехфазным АД с короткозамкнутым ротором с включением токоограничивающих резисторов при пуске, с выдержкой времени.

При нажатии на кнопку SB1 включается пускатель KM1, силовые контакты которого подключают обмотку статора двигателя к сети через резисторы R1, R2, R3. По мере разгона двигателя сила тока в его цепи снижается.

Блок-контакт пускателя КМ1 одновременно с пуском двигателя включает реле времени КТ, контакт которого с выдержкой времени включает катушку пускателя КМ2. При срабатывании пускателя КМ2 размыкается его контакт в цепи катушки КМ1, замыкается блок-контакт КМ2, шунтирующий контакт реле времени КТ и замыкаются силовые контакты КМ2 в цепи электродвигателя. В результате все контакты КМ1 размыкаются, а обмотка статора электродвигателя подключается в сеть напрямую через силовые контакты КМ2. Эта схема может применяться для включения электродвигателя с тяжелым запуском.

3.2.Методика выполнения работы.

1. Изучить схему управления электродвигателем, согласно теме занятия.
2. Осуществить выбор элементов, входящих в схему управления, и дать их описание (назначение, марка и характеристики)(рисунок 3). Данные расчёта и выбора занести в таблицу 1.

Таблица 1 - Данные расчёта и выбора аппаратов управления и защиты

Наименование элементов, устройств	Тип, марка	Напряжение, В	Ток, А	Количество	Примечание

3. Пользуясь типовой схемой управления электродвигателем в функции времени (рисунок 4) дать описание работы схемы, пользуясь следующими указаниями и рекомендациями:

- выяснить назначение элементов в схеме и записать в таблицу 2;

Таблица 2. Данные расчёта и выбора аппаратов управления и защиты

Наименование элементов, устройств	Маркировка элементов, устройств	Назначение

- проследить путь тока в схеме.

- читать схему необходимо справа налево, сверху вниз.

4. Начертить электрическую принципиальную схему управления электродвигателем согласно теме занятия, используя обозначения предусмотренные ГОСТ 2.755-87.

5. Вычерченную схему предоставите преподавателю для проверки.

6. Дать описание порядка работы схемы управления электродвигателем.

7. Подготовить рабочее место и собрать схему управления.

8. Собранную схему предоставить для проверки преподавателем.

9. **Получить разрешение преподавателя на включение питающего напряжения.**

10. Опробовать работу схемы (в присутствии преподавателя).

11. Отключить собранную цепь от источника питания и разобрать схему.

12. Убрать рабочее место.

13. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель лабораторной работы.
2. Расчёт и выбор аппаратов управления и защиты.
3. Таблицы 1, 2.
4. Принципиальная электрическая схема управления.
5. Принцип действия принципиальной электрической схемы.

5. Контрольные вопросы

1. Какая аппаратура необходима для сборки схемы управления электродвигателем в функции времени?
2. Для чего применяют реле времени?
3. Какова сущность управления электроприводами в функции времени?
4. Назовите виды и типы схем.
5. Что называется электрической схемой?
6. Что называется электрической схемой соединений?
7. Что называется электрической схемой подключений?
8. Какие способы начертания принципиальных электрических схем вы знаете?
9. Какова последовательность чтения принципиальных схем?
10. Как производится маркировка цепей в принципиальных электрических схемах, в чем назначение маркировки?
11. Назовите способы начертания схем соединений.
12. Какова роль блокировочных связей в схемах управления электроприводами?

6. Список используемых источников


9. Алиев, И.И. Электротехнический справочник: учеб/ И.И. Алиев [и др.]. – М.: РадиоСофт, 2006. – 384с.
10. Воробьев, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учеб/ В.А. Воробьев. – Москва: «Колос», 2004. – 335с.
11. Пястолов, А.А. Эксплуатация и ремонт электроустановок: учеб/ А.А. Пястолов [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 271с.
12. Янукович, Г.И. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования: учеб/ Г.И. Янукович. – Мн.: «Ураджай», 2000. – 395с.

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов

Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии



М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 47

Тема: Расчёт, выбор аппаратуры, монтаж и наладка схемы управления многоскоростным электродвигателем.

Цель: Приобрести навыки чтения, составления, монтажа и наладки схемы управления многоскоростным электродвигателем. Произвести расчёт и выбор аппаратов.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: автоматический выключатель, соединительные провода, электродвигатель, магнитный пускатель, кнопочный пост, реле времени, методические рекомендации, учебная литература, приложение к практической работе, каталог низковольтной аппаратуры.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть ограждены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [11], с.80-107.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2.Работа в мастерской

- 2.1 Пройти входной контроль.
- 2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4 Убрать рабочее место.
- 2.5 Ответить на контрольные вопросы.
- 2.6 Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1.Теоретические сведения.

Многоскоростные электродвигатели - это асинхронные двигатели с несколькими ступенями частоты вращения, предназначены для привода механизмов, требующих ступенчатого регулирования частоты вращения.

Многоскоростные электродвигатели применяются в электроприводах к вентиляторам и металлорежущим станкам, где позволяют упростить «коробку скоростей» или совсем от нее освободиться. Достоинством многоскоростного двигателя при применении его, например, для токарного станка является то, что при изменении момента нагрузки он работает на каждой ступени частоты вращения при незначительном ее изменении, как и обычный асинхронный двигатель. К недостаткам многоскоростных электродвигателей можно отнести их увеличенные размеры по сравнению с нормальными двигателями и вследствие этого более высокую стоимость.

Многоскоростные электродвигатели рассчитаны для работы от сети переменного трехфазного тока. Частота сети 50 и 60 Гц, напряжение 220-660 В, степень защиты электродвигателей IP54 (по заказу IP55), степень защиты токоввода IP55, класс изоляции F.

Многоскоростные электродвигатели могут иметь две, три или четыре частоты вращения, которые изменяются переключением обмотки на другое число полюсов.

В обозначении многоскоростных асинхронных электродвигателей дополнительно указываются числа полюсов, соответствующие частотам вращения. Двигатели могут иметь две, три, четыре частоты вращения, которые изменяются переключением обмотки на другое число полюсов. Присоединительные (габаритные) размеры многоскоростных двигателей соответствуют аналогичным размерам общепромышленных двигателей.

В ряде практических случаев это требование успешно удовлетворяется путем применения многоскоростных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

Скорость вращения асинхронных электродвигателей зависит от числа полюсов обмотки статора электродвигателя: чем больше полюсов имеет обмотка статора электродвигателя, тем меньше скорость вращения электродвигателя. Многоскоростные асинхронные электродвигатели отличаются от односкоростных тем, что их конструкция обеспечивает возможность изменения числа полюсов обмотки статора электродвигателя.

Если по условиям работы производственного механизма достаточно иметь две скорости вращения электродвигателя, отличающиеся в 2 раза, применяют двухскоростной асинхронный электродвигатель. Статор такого электродвигателя имеет одну обмотку, выполненную с переключением, позволяющим изменять число ее полюсов вдвое.

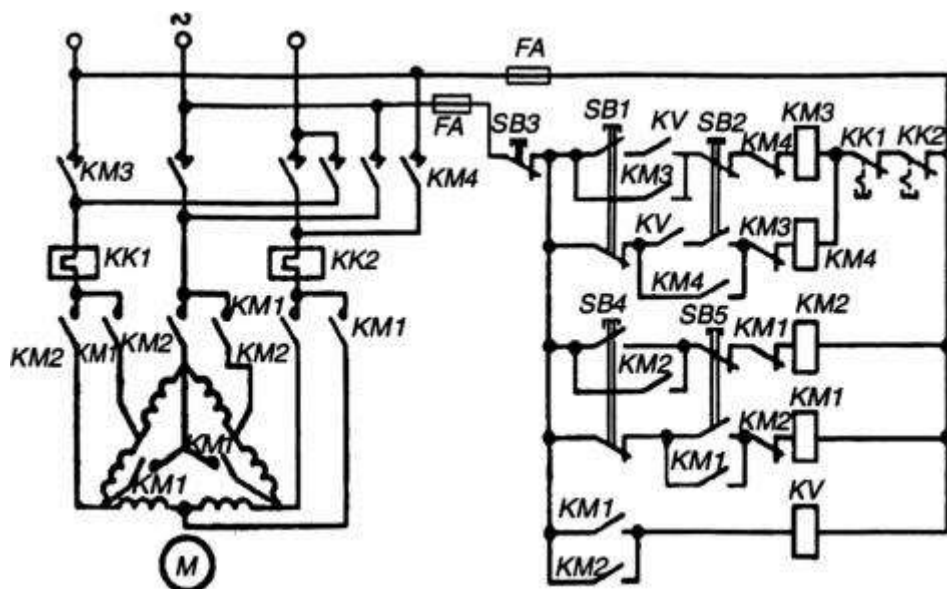


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема управления двухскоростным электродвигателем вентиляционной установки.

Схема включает полюснопереключаемый АД, контакторы КМ1 - КМ4, блокировочное реле КV, двухцепные кнопки SB1 (Вперед), SB2 (Назад), SB4, SB5, а также кнопку SB3 (Стоп).

Две скорости АД получают путем соединения обмотки статора в треугольник (контактор КМ2), либо в двойную звезду (контактор КМ1). Схема обеспечивает пуск и реверсирование АД, его работу на двух скоростях, защиту АД от перегрузки и самозапуска.

Пуск АД «вперед» или «назад» предшествует предварительное соединение его обмоток в треугольник (включают КМ2), что соответствует низкой скорости, либо в двойную звезду (включают КМ1) - высокая скорость. При этом включается реле блокировки КV, разрешающее запуск двигателя благодаря включению его контактов в цепи катушек контакторов КМ3 и КМ4. Нажав на кнопку SB1, либо SB2, оператор запускает двигатель «вперед» или «назад».

Одновременное включение контакторов КМ1 - КМ4 исключается применением двухцепных кнопок, а также перекрестным включением размыкающих блок-контактов контакторов в цепи питания их катушек.

Для полного соответствия Вашим требованиям нужно удалить из схемы КМ3 и КМ4, если не нужен реверс двигателя (или оставить), а в цепь катушки реле блокировки КV включить контакты всех защит (нулевой, грузовой, минимальной и максимальной). Тепловые реле КК1 и КК2 здесь присутствуют.

3.2.Методика выполнения работы.

1. Изучить схему управления электродвигателем, согласно теме занятия.
2. Осуществить выбор элементов, входящих в схему управления, и дать их описание (назначение, марка и характеристики)(рисунок 1). Данные расчёта и выбора занести в таблицу 1.

Таблица 1 - Данные расчёта и выбора аппаратов управления и защиты

Наименование элементов, устройств	Тип, марка	Напряжение, В	Ток, А	Количество	Примечание

3. Начертить электрическую принципиальную схему управления электродвигателем согласно теме занятия, используя обозначения предусмотренные ГОСТ 2.755-87.
4. Вычерченную схему предоставите преподавателю для проверки.
5. Дать описание порядка работы схемы управления электродвигателем.
6. Подготовить рабочее место и собрать схему управления.
7. Собранную схему предоставить для проверки преподавателем.
8. **Получить разрешение преподавателя на включение питающего напряжения.**
9. Опробовать работу схемы (в присутствии преподавателя).
10. Отключить собранную цепь от источника питания и разобрать схему.
11. Убрать рабочее место.
12. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

6. Тема и цель лабораторной работы.
7. Расчёт и выбор аппаратов управления и защиты.
8. Таблица 1.
9. Принципиальная электрическая схема управления.
10. Принцип действия принципиальной электрической схемы.

5. Контрольные вопросы


1. Поясните назначение принципиальных электрических схем.
2. Поясните, что входит в состав главных (силовых) цепей и цепей управления?
3. Поясните порядок работы схемы управления двухскоростным электродвигателем.
4. Расскажите о назначении многоскоростных электродвигателей.
5. Назовите достоинства и недостатки многоскоростных электродвигателей.

6. Список используемых источников

13. Коломиец А.П. Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в с/х производстве. М. Академия.2003г. с.3-14
14. Баран А.Н. и др. Технология электромонтажных работ. Мн. «Дизайн ПРО» 2000 г. с.165-174
15. Пястолов, А.А. Эксплуатация и ремонт электроустановок: учеб/ А.А. Пястолов [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 271с.
16. Янукович, Г.И. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования: учеб/ Г.И. Янукович. – Мн.: «Ураджай», 2000. – 395с.

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 48

Тема: Электрофильтры — проверка, ремонт и установка.

Цель: Изучить общие сведения об промышленных радиопомехах; требования, правила и способы проверки, ремонта и установки электрофильтров в электроустановках.

Освоить методы проверки, приемы определения неисправностей в электрофильтрах.

Приобрести умения и навыки по определению неисправностей, ремонту и установке электрофильтров.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: электромонтажный инструмент, методические рекомендации, учебная литература, высоковольтные распределительные щиты напряжением 10 кВ, крепежные изделия, слесарный инструмент.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 2 (прилагается отдельно)

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

1. Находится непосредственно на своём рабочем месте.
2. Соблюдать правила поведения в электромонтажной мастерской.

3. Не отвлекать учащихся с других рабочих мест от работы.
4. Не производить никаких переключений на соседних местах.
5. Соблюдать осторожность при пользовании мастерским инструментом.
6. Применять индивидуальные средства защиты рук при работе с монтерским инструментом.
7. Все изменения в схемах производить только после снятия напряжения.
8. Не прикасаться к оголённым участкам проводов.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [1], с.574-599; [2], с.183-190; : [3], с.205; .
- 1.2 Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1. Получить допуск к работе у преподавателя, предоставить на проверку заготовку отчета.
- 2.2. Изучить общие сведения об индустриальных радиопомехах, их возникновении и распространении.
- 2.3. Ознакомиться с помехоподавляющими элементами и устройствами.
- 2.4. Составить технологическую карту по основным способам снижения источников радиопомех (ИРП) (таблица 1).

Таблица 1. Технологическая карта по выявлению и подавлению ИРП от отдельных источников.

Вид электрооборудования	Причины помех	Основные средства подавления помех
Электрические машины		
Выключатели, рубильники, реле		
Электротранспорт (контактные сети, подвижной состав, тяговые подстанции, системы СЦБ)		
Воздушные линии и подстанции электропередач		
Электросварочное оборудование		
Промышленные, научные,		

медицинские ультразвуковые и высокочастотные установки		
Другое оборудование предприятий и учреждений		
Устройства вычислительной техники		
Лифты различных систем		
Автомобили и другие устройства с двигателем внутреннего сгорания		
Приборы и оборудование бытового и коммунального назначения, подключаемые к электрическим сетям жилых зданий		

2.6. Вычертить эскизы помехоподавляющих фильтров.

2.7. Зарисовать схемы искрогашения.

2.8. Провести комплексное и групповое подавление ИРП.

2.9. Убрать рабочее место.

2.10. Оформить отчет.

3. Методические указания.

3.1 Теоретические сведения.

Общие сведения об индустриальных радиопомехах (ИРП)

Борьба с индустриальными радиопомехами (ИРП) в странах с развитой промышленностью приобретает всю большую значимость в связи с двумя ведущими тенденциями, обусловленными научно-техническим прогрессом:

повышением энерговооруженности всех отраслей промышленности, транспорта, сельского хозяйства, быта;

стремительным развитием радиоэлектроники и вычислительной техники, сопровождаемым повышением требований к чувствительности радиоэлектронных средств (РЭС), устойчивости их работы, массогабаритным показателям, позволяющим размещать РЭС в непосредственной близости с энергетическими и другими установками.

Различие используемых уровней энергии силовых установок и совмещаемых с ними РЭС связи, контроля и управления сегодня очень велико, что определяет сложность защиты РЭС от ИРП.

Проблема борьбы с ИРП как проблемы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) охватывает все области электротехники в связи с тем, что практически все виды оборудования, связанные с получением, передачей, потреблением и преобразованием электрической и электромагнитной энергии, создают электромагнитные колебания, которые могут оказывать мешающее воздействие на другое оборудование (проводные и радиосредства вещания, связи, контроля, управления, вычислительные комплексы и пр.)

С другой стороны, паразитные высокочастотные колебания, которые относятся ИРП, наносят значительный вред самим изделиям — источникам радиопомех, вызывая старение изоляции обмоток, обгорание контактов, пробой изоляторов и даже выход из строя.

Вопросы изучения, регламентации и подавления ИРП рассматриваются различными Техническими комитетами Международной электротехнической комиссии (МЭК) Международным специальным комитетом по помехам (МСКР), Постоянной комиссией по стандартизации Евро-Азиатского союза (ЕАС)

Основные термины и определения

Индустриальная радиопомеха — радиопомеха, которая создается электрическими или электронными устройствами]. Под радиопомехой понимается электромагнитная помеха в диапазоне радиочастот; к индустриальным радиопомехам не относятся помехи, создаваемые ВЧ-трактами радиопередатчиков.

Длительная (непрерывная) индустриальная радиопомеха — ИРП, длительность которой, измеренная в регламентированных условиях, не менее 1 с.

Кратковременная индустриальная радиопомеха — ИРП, длительность которой, измеренная в регламентированных условиях, не более 0,2 с.

Источник ИРП — устройство, создающее ИРП в окружающих его электрических сетях, конструкциях, пространстве.

Помехообразующий элемент — элемент источника ИРП, непосредственно участвующий в ее создании.

Рецептор — устройство, на которое ИРП может оказать мешающее действие.

Квазипиковое значение напряжения ИРП — значение напряжения индустриальных радиопомех, оцененное с помощью измерителя индустриальных радиопомех с квазипиковым вольтметром.

Измеритель ИРП — селективный микровольтметр, для которого регламентирована величина отношения синусоидального напряжения к спектральной плотности напряжения импульсов на входе, вызывающих одинаковое показание измерительного прибора, содержащий инерционные детекторы и позволяющий измерять напряжение, напряженность поля, ток и мощность при использовании дополнительных устройств.

Квазипиковый детектор измерителя ИРП — детектор с регламентированными электрическими постоянными времени, на нагрузку которого при воздействии регулярно повторяющихся импульсов с постоянной амплитудой создается выходное напряжение, являющееся частью пикового значения амплитуды импульсов, причем значение этого напряжения увеличивается по мере возрастания частоты повторения импульсов, приближаясь к пиковому значению.

Эквивалент сети — устройство, используемое при измерении радиопомех, включаемое в сеть питания источников ИРП для создания регламентированного сопротивления нагрузки на частоте измерения.

Поглощающие клещи — устройство, предназначенное для измерения мощности индустриальных радиопомех, состоящее из трансформатора тока и магнитопровода, охватывающее провод питания электроустройства и перемещаемое вдоль него при измерениях.

Токосъемник для измерения тока ИРП — устройство, содержащее магнитопровод с обмоткой, к которой подключается измеритель радиопомех, охватывающее токонесущий провод и перемещаемое вдоль него при измерениях.

Помехозащищенность устройства от ИРП — свойство устройства препятствовать при помощи экранов и фильтров проникновению ИРП в его тракт.

Нормы на ИРП - допускаемые значения напряжения, напряженности поля, тока и пересчитанные значения мощности ИРП, выраженные в децибелах относительно 1 мкВ, 1 мкВ/м, 1 мкА, 1 пВт, установленные на статистической основе и регламентированные в нормативно-технической документации.

Испытания на ИРП — определение соответствия индустриальных радиопомех требованиям, указанным в нормативно-технической документации.

Помехоподавляющий элемент — элемент, непосредственно осуществляющий подавление или перераспределение энергии помех (дроссель, конденсатор, резистор и т. п.).

Помехоподавляющее устройство — совокупность помехоподавляющих элементов, конструктивно объединенных в одно изделие.

Помехоподавляющий провод — помехоподавляющий элемент в виде провода с распределенным сопротивлением, обеспечивающего ослабление помех.

Помехоподавляющий конденсатор — помехоподавляющий элемент, имеющий в полосе рабочих частот емкостный характер полного сопротивления.

Помехоподавляющий дроссель — помехоподавляющий элемент, имеющий в полосе рабочих частот индуктивный характер полного сопротивления.

Полоса рабочих частот помехоподавляющего элемента — полоса частот, в которой вносимое затухание элемента не ниже заданного.

Вносимое затухание помехоподавляющего элемента (фильтра) — затухание, вносимое элементом (фильтром) при включении его в регламентированную схему.

Возникновение и распространение ИРП

Все источники ИРП в зависимости от причины их возникновения делятся на две группы:

а) устройства, в которых высокочастотные электромагнитные колебания необходимы для обеспечения их функционирования. К этой группе относятся высокочастотные генераторы промышленного, научного, медицинского и бытового назначения (ПНМ-установки); гетеродины радиовещательных и телевизионных приемников, а также некоторые импульсные устройства, системы зажигания двигателей внутреннего сгорания, ЭВМ, аппаратура связи и пр.;

б) устройства, в которых высокочастотные электромагнитные колебания являются паразитными и не имеют информационного или функционального содержания. К этой группе относятся трамваи, троллейбусы, электропоезда, тяговые подстанции электротранспорта, высоковольтные линии электропередач и их подстанции, станки с электроприводом, крановое оборудование, лифты, промышленные и медицинские рентгеновские аппараты, коммутируемая электрореклама, люминесцентные светильники, устройства регулирования дорожного движения, кассовые аппараты, торговые автоматы, электрохолодильники и термостаты, электроинструменты и другие бытовые приборы, в которых имеются коллекторные электродвигатели или автоматические регуляторы, периферийные электро-механические устройства ЭВМ и т. д.

ИРП от устройств группы «а», как правило, содержат не только функционально необходимые для данных устройств спектральные составляющие, но и составляющие вне необходимой полосы частот. Так, ИРП, создаваемые ПНМ-установками, вследствие нелинейности элементов схемы содержат составляющие спектра на гармониках основной частоты. Кроме того, вследствие применения в ПНМ-установках предельно простых схем нагрузка вносит значительную расстройку в контур задающего каскада установки и частота колебаний изменяется в ходе технологического процесса. Импульсные ИРП со сплошным спектром, как правило, имеют повышенные уровни на высоких частотах вследствие излишне малой длительности фронтов применяемых импульсов.

Основную часть источников ИРП группы «б» составляют контактные коммутирующие

устройства различных электрических (коллекторы электрических машин, контакторы магнитных станций, переключатели, автоматы силовой аппаратуры и т. д.). Процесс единичного срабатывания контактного коммутирующего устройства состоит из серии последовательно чередующихся замыканий и размыканий электрической цепи, обусловленных как чисто механической коммутацией при вибрации (и «дребезге») контактов, так и электрическими пробоями межконтактного промежутка, сопровождающимися образованием погасанием дуги. Длительность процессов пробоя межконтактного промежутка может 1—3 нс (стримерный пробой), что приводит к созданию интенсивных помех на частотах до 300-1000 МГц. Неизбежное наличие реактивных составляющих в сопротивлении коммутируемой цепи является причиной значительных перенапряжений на контактах при их размыкании, в десятки и даже сотни раз превышающих номинальное на коммутируемой цепи. Такие перенапряжения не только значительно увеличивают уровень ИРП, но и являются опасными для прочности изоляции сети и аппаратуры, вызывают усиленное обгорание и износ коммутируемых контактов.

Из других механизмов образования ИРП наиболее распространенными являются следующие:

-коронирование элементов конструкций имеющих высокий потенциал по отношению к окружающему пространству (например, в высоковольтных линиях электропередач),

-частичные пробой изоляторов, находящихся под высоким напряжением, вследствие их загрязнения и наличия микротрещин.

- разряд в люминесцентных светильниках,

- многократные электрические пробоя и дуга в сварочных аппаратах и токосъемных устройствах электротранспорта.

Многочисленные факторы, влияющие на уровень ИРП, определяют их случайный характер. Распределения вероятностей уровней напряжения ИРП, от устройств одного типа, измеренных в стандартных условиях, носят устойчивый характер и аппроксимируются логарифмически нормальным законом (нормальным при выражении результатов измерений в децибелах). Среднеквадратичное отклонение $\sigma \{20 \lg U_{изм}\}$ является устойчивым параметром и для партии устройств (например, электродвигателей одного типа) составляет 4 — 6 дБ; для совокупности близких по назначению устройств

(например электродвигателей, используемых в устройствах бытового назначения) оно равно 8 - 10 дВ

В качестве основной характеристики источников ИРП, определяющей их мешающее действие на большинство РЭС с аналоговыми сигналами, используется частотная характеристика математического ожидания измеренной величины $\mu\{20\lg U_{изм}\}$.

Для оценки мешающего действия источников ИРП на рецепторы, использующие дискретные сигналы (ЭВМ, аппаратура передачи данных, импульсные управляющие устройства), кроме частотной характеристики, необходимо знание средней частоты следования импульсов помехи, имп/с, значения которой для типичных источников представлены ниже:

Средняя частота следования импульсов, имп/с

Электродвигатель 10^3 — 10^4

Люминесцентная лампа 10^4 - 10^5

Автомобиль 10^3

Линия электропередачи 10^4 — 10^5

Сварочный аппарат 10^4 — 10^5

Трамвай, троллейбус на выезде (токосьем) $3 \cdot 10^2$ - 10^3

Телевизионный приемник $1,5 \cdot 10^4$

Средой распространения ИРП является сочетание пространственной решетки электрических сетей, конструкций и свободного пространства. В случаях, когда размеры помехонесущих цепей и расстояния до источников помех значительно меньше длины волны, преобладают распространение ИРП вдоль электрических цепей и наводка на цепи рецептора за счет индуктивных и емкостных связей. При этом на частотах ниже 100 — 200 кГц основным контуром, определяющим значения наводки на цепи рецептора, является симметричный контур, образуемый проводами помехонесущей цепи. На более высоких частотах уровни магнитных и электрических полей определяются несимметричными контурами «провод — земля».

На частотах выше 30 МГц ИРП излучаются непосредственно корпусом источника помех и ближайшими к источнику отрезками помехонесущих цепей.

Основной параметр среды распространения ИРП — коэффициент переноса помех $Kп$ — величина, характеризующая затухание помехи при распространении из заданных точек вблизи источника помех до точек на «входе» рецептора, измеренная по регламентированной схеме. В зависимости от преобладающего вида механизма распространения помехи в качестве точек вблизи источника выбираются либо точки свободного пространства, либо зажимы питающей источник помех сети. Аналогично точками на входе рецептора могут быть сигнальный вход, зажимы питающей сети, точки свободного пространства в зависимости от вида воздействия электромагнитной энергии помехи на рецептор и соответствующей ему схемы измерения помехозащищенности рецептора. В общем случае $Kп$ является случайной величиной, статистические характеристики которой расчету не поддаются и определяются экспериментально. Распределение вероятностей $Kп$ в большинстве случаев логарифмически нормальное. Среднеквадратичное отклонение для однотипных условий (например, для морского судна или жилого района с однотипной застройкой и одного вида источника помех) составляет $\sigma\{20\lg Kп\} = 12 \dots 15$ дБ. В тракт радиоприемного устройства (РПУ) ИРП могут попадать следующими основными путями:

- а) по сети питания РПУ;
- б) при воздействии на антенну электрического, магнитного или электромагнитного полей, создаваемых помехонесущими цепями;
в) при воздействии перечисленных в п. «б» полей на фидеры антенны;
- г) при воздействии перечисленных в п. «б» полей на высокочастотные контуры РПУ;
- д) по контуру заземления РПУ и последующей наводкой на высокочастотные каскады приемника вследствие гальванических, емкостных и магнитных связей.

Для проводных средств связи, контроля, управления, ЭВМ основными путями проникновения ИРП в аппаратуру являются:

- а) наводка электромагнитным полем на несимметричные (или плохо отсимметрированные) соединительные пары и магнитные элементы запоминающих устройств;
- б) воздействие помех через сеть питания и контур заземления.

Основной характеристикой помехозащищенности рецепторов по отношению к узкополосной непрерывной помехе является частотная характеристика максимального значения помехи, вводимой в рецептор по регламентированной схеме и не вызывающей недопустимого искажения сигнала. Помехозащищенность по отношению к импульсной помехе характеризуется одной величиной — максимальной амплитудой импульсов, соответствующей допусжаемому ухудшению работы рецептора. Схема ввода помехи при испытаниях и ее спектральная характеристика или параметры модуляции оговариваются нормативно-технической документацией.

Совокупность трех характеристик — помех от отдельных электроустройств, коэффициентов переноса помех и помехозащищенности рецепторов — служит исходным материалом для нормирования ИРП.

. ПОМЕХОПОДАВЛЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА

Основными помехоподавляющими элементами являются помехоподавляющие конденсаторы, дроссели, провода; помехоподавляющими устройствами — помехоподавляющие фильтры, экраны, экранированные камеры и помещения, устройства заземления.

Помехоподавляющие конденсаторы

Обычные конденсаторы малоэффективны для фильтрации ИРП ввиду относительно большого индуктивного сопротивления токам высокой частоты и большой добротности резонансного контура, образуемого элементами конденсатора на высоких частотах, поэтому для помехоподавления применяются специальные помехоподавляющие конденсаторы.

По конструкции помехоподавляющие конденсаторы подразделяются на следующие виды:

- двухполюсные с двумя изолированными от корпуса выводами;
- двухполюсные опорные, одним из выводов которых является металлический корпус;
- проходные некоаксиальные, все выводы которых являются токонесущими;
- проходные коаксиальные, одним из выводов которых является металлический корпус, а другим — токонесущий центральный проводник или стержень;
- блоки конденсаторов, конструктивно объединенных в одном корпусе.

Двухполюсные конденсаторы можно использовать для ослабления помех на низких частотах. Такие элементы при малой длине выводов способны эффективно подавлять помехи до частоты 5—10 МГц.

Опорные помехоподавляющие конденсаторы могут использоваться до частот 30—50 МГц.

Для подавления помех, распространяющихся по несимметричному контуру «провод — земля», в полосе частот до 1000 МГц, применяются проходные коаксиальные конденсаторы, представляющие собой отрезок коаксиальной линии с малым волновым сопротивлением.

Симметричный проходной коаксиальный конденсатор (блок из двух несимметричных проходных конденсаторов) является по существу отрезком двухпроводной электрической линии с очень малым волновым сопротивлением, а его электрическая схема соответ-

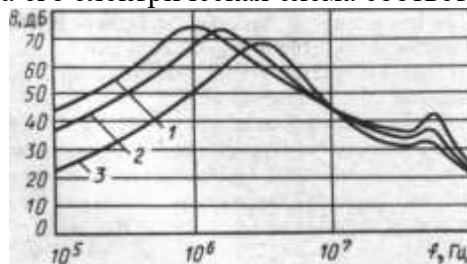


Рис. 1. Частотные характеристики вносимого затухания конденсаторов типа К73-21: 1 - 10 мкФ, 50 В; 2 - 2,2 мкФ, 250 В; 3 - 0,47 мкФ, 250 В.

ствует схеме уравновешенного Т-образного звена симметричного фильтра нижних частот. Такие конденсаторы могут использоваться для эффективного подавления помех в двухпроводных симметричных цепях до частоты 100 МГц.

В 1978 г. начат выпуск серии малогабаритных и надежных в эксплуатации металло- пленочных проходных некоаксиальных конденсаторов К73-21, предназначенных для подавления ИРП до частоты 100 МГц в цепях постоянного, переменного и пульсирующего токов. Частотные характеристики вносимого затухания конденсаторов К73-21 представлены на рис. 1, внешний вид — на рис.2.

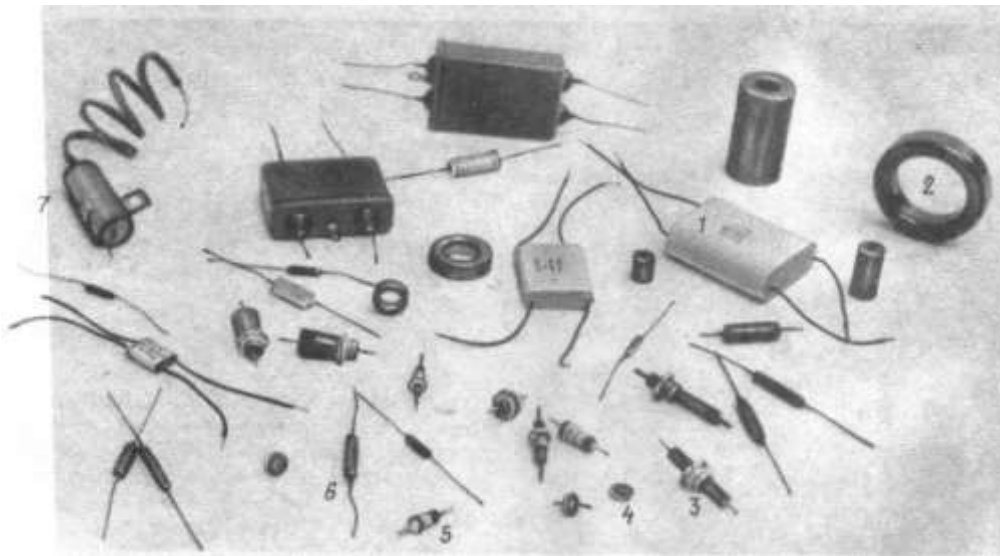


Рисунок 2 – Помехоподавляющие конденсаторы, дроссели, сердечники, фильтры: 1 – конденсатор К73-21; 2-сердечник ПП-90; 3- фильтр Б23; 4 - конденсатор К10-44; 5-фильтр Б23Б 6 - дроссель ДМ; 7 - фильтр Б15-2.

Конденсаторы К10-44 имеют высокие удельные массогабаритные характеристики (среди керамических конденсаторов), что делает их перспективными для использования в малогабаритной аппаратуре. Характеристики вносимого затухания конденсаторов представлены на рис. 3, внешний вид — на рис. 2. Конденсаторы К53-17 отличаются высокой эффективностью в широкой полосе частот — от сотен герц до тысячи мегагерц (рис. 4, 2).

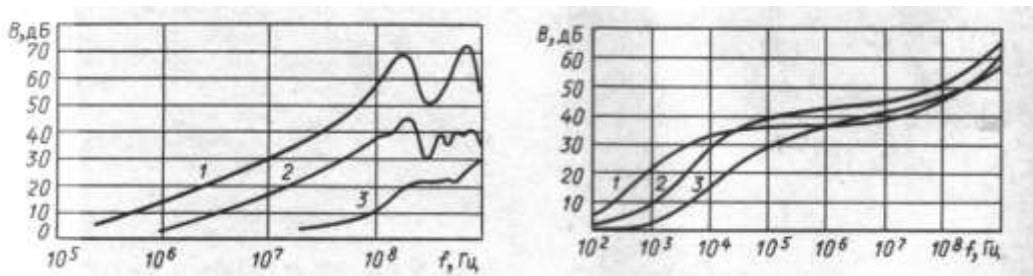


Рис. 63.4. Частотные характеристики вносимого затухания конденсаторов типа К53-17: 1 - 68 мкФ, 6,3 В; 2-15 мкФ, 16 В; 3 - 2,2 мкФ, 6,3 В

Рис. 3. Частотные характеристики вносимого затухания конденсаторов типа К10-44: 1 - 0,022 мкФ; 2 - 3000 пф; 3 - 100 пф

Рис. 4. Частотные характеристики вносимого затухания конденсаторов типа К53-17: 1 - 68 мкФ, 6,3 В; 2-15 мкФ, 16 В; 3 - 2,2 мкФ, 6,3 В

Помехоподавляющие дроссели

При подавлении ИРП на частотах ниже 30 МГц применяют витковые дроссели (катушки на ферромагнитных сердечниках). В цепях с рабочими токами до 3 А рекомендуется использовать высокочастотные дроссели типа ДМ (ГИО-477.605 ТУ). Частотные характеристики вносимого затухания дросселей типа ДМ приведены на рис. 5. При токе более 3 А можно применять дроссели фильтров выпрямителей типа Д (ОЖ0.475.013 ТУ), выполненные на броневых ленточно-разрезных сердечниках типа ШЛ. Для рабочих токов 1—25 А применяют дроссели соответственно типов Д222, Д245, Д253, Д262 и Д270. В цепях с частотами питающей сети 5 — 50 кГц и амплитудами пульсаций до 25 В применяют дроссели типа Д5 (ОЖ0.475.020 ТУ).

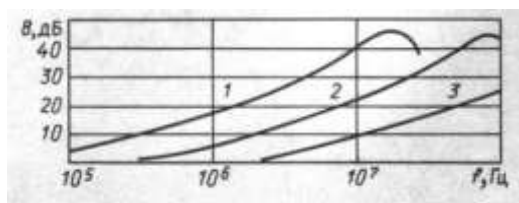


Рис. 5 - Частотные характеристики вносимого затухания дросселей типа ДМ: 1 – ДМ-0,1, 600 мкГн; 2 – ДМ-0,1, 50 мкГн; 3 – ДМ-2, 10 мкГн.

Приведенная номенклатура дросселей не может удовлетворить все существующие потребности. Важным моментом при самостоятельной разработке помехоподавляющих дросселей является выбор ферромагнитного материала сердечника. Учитывая широкий диапазон частот, в котором должны работать дроссели, и значительные токи подмагничивания, предпочтение следует отдавать сравнительно низкопроницаемым ферромагнитным материалам: никель-цинковым ферритам с относительной магнитной проницаемостью от 100 до 600 и альсиферу марки ГЧ-90. На частотах до 100 МГц используются кольцевые и трубчатые сердечники из МО-пермаллоя марок ПП-90 и ПП-250 (ПЯ0.707.394 ТУ-ЛУ).

При подавлении ИРП на частотах выше 30 — 50 МГц, особенно в цепях с рабочими токами выше 40 А, применяются безвитковые дроссели, дающие значительный выигрыш в размерах, массе, расходе меди, технологичности изготовления. Безвитковый дроссель представляет собой прямолинейный токнесущий проводник с надетым на него трубчатым магнитопроводом из материала с высокой магнитной проницаемостью.

Практически можно получить безвитковые дроссели с номинальными индуктивностями от десятых долей до единиц микрогенри.

Конструктивно ферромагнитные части безвитковых дросселей имеют самую различную конфигурацию (трубки, шайбы, бусы и пр.) в зависимости от их размещения: на открытых участках проводов, на штырях многопроводных разъемов, в местах прохода через стенки экранов и пр.

Безвитковые дроссели могут включаться не только в однопроводную цепь. Широкое применение они получили для подавления синфазных составляющих токов в многопроводных кабелях и в оплетках экранированных и коаксиальных кабелей. С этой целью набор ферритовых шайб или трубок с возможно

меньшим диаметром отверстия (составной сердечник) надевается непосредственно на кабель с изолирующей оболочкой. Вносимое затухание ферритовой трубки длиной 30 см с относительной проницаемостью материала $\mu = 600$ для синфазной составляющей тока достигает 30 — 50 дБ на частотах соответственно 100-1000 МГц.

Помехоподавляющие фильтры

В случаях, когда требуется большее помехоподавление, чем обеспечивают отдельные помехоподавляющие элементы, применяются помехоподавляющие фильтры. В настоящее время отечественная промышленность выпускает несколько серий помехоподавляющих фильтров, внешний вид фильтров некоторых серий — на рис. 6.

В качестве емкостных элементов фильтров используются выпускаемые серийно конденсаторы. В качестве индуктивных элементов применяются витковые и безвитковые дроссели на составных ферритовых или альсиферовых сердечниках, малочувствительных к подмагничивающим токам.

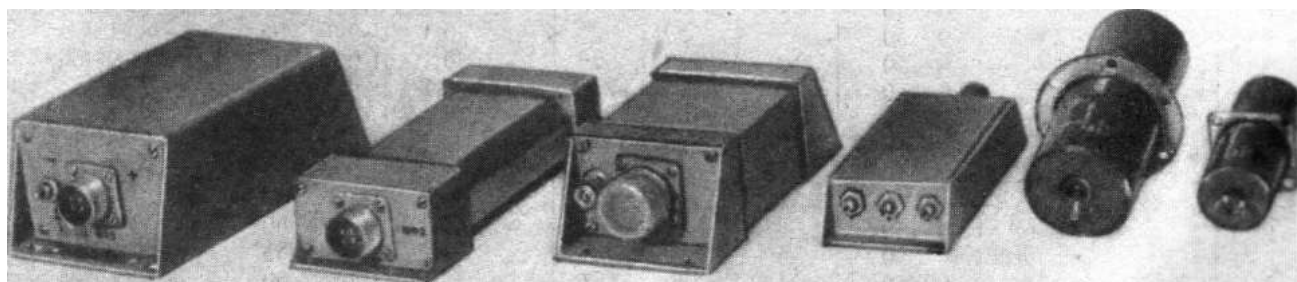


Рис.6. Помехоподавляющие фильтры: 1 — фильтры типа ФПМД; 2 — фильтры типа Ф; 3 — фильтры типа Б15-3.

Наиболее высокие удельные характеристики получаются в выпускаемых в настоящее время промышленностью керамических проходных фильтрах, построенных на основе дисковых многослойных сегнетокерамических конденсаторов и безвитковых ферромагнитных дросселей. Основными разновидностями таких фильтров являются Г-образное (рис. 7) и П-образное (рис. 8) звенья. Емкость в таких звеньях может достигать до 10 мкФ и более, индуктивность 0,15 мкГн. Вносимое затухание в полосе частот 0,01 — 10 МГц не менее 10 — 50 дБ, в полосе частот 10 — 1000 МГц — не менее 60 дБ.

При необходимости ослабления помех в сильноточных цепях в диапазоне СВЧ могут быть использованы отражательно-поглощающие фильтры типа ФПС. Отражение паразитной энергии СВЧ в этих фильтрах достигается за счет внутренних неоднородностей фильтров, создаваемых соответствующим изменением конфигурации конструкции и чередованием вставок из низкоомных и высокоомных материалов. Поглощение энергии СВЧ происходит за счет повышенных активных потерь в ферромагнитном наполнителе.

В случае, когда серийно выпускаемые фильтры не удовлетворяют разработчика по каким-либо параметрам, производится расчет и изготовление фильтра по индивидуальному проекту. Расчет производится с учетом следующих условий, отражающих специфику помехоподавляющих фильтров:

а) помехоподавляющие фильтры в большинстве случаев должны работать как фильтры нижних частот с большой промежуточной областью между полосой пропускания и полосой непропускания; поэтому обычно они строятся по простейшим схемам индуктивно-емкостных фильтров типа К;

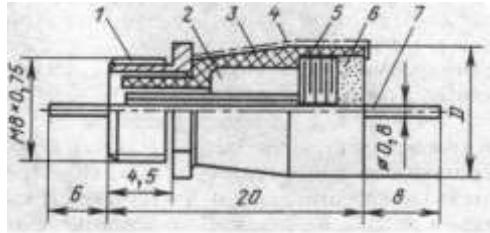


Рис. 7. Конструкция проходного керамического фильтра: 1 — втулка; 2 — феррит; 3 — корпус; 4 — металлизированный вывод

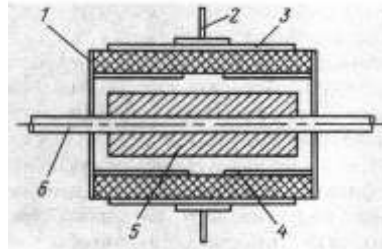


Рис. 8. Конструкция фильтра Б14:1 — сегнетокерамика; 2 — крепежный фланец; 3 - внешняя обкладка; 4 - внутренняя обкладка; 5 - сердечник; 6 — внутренний проводник

б) из-за наличия указанной промежуточной области расчет для полосы пропускания и полосы непропускания должен производиться отдельно, что значительно упрощает его.

При низких сетевых напряжениях и больших рабочих токах целесообразно увеличить емкости конденсаторов и уменьшить индуктивности дросселей. Ограничением здесь служат показатели надежности фильтра и ухудшение энергетических характеристик подключаемого электрооборудования. Кроме того, собственная резонансная частота конденсатора может оказаться ниже нижней частоты защищаемого радиодиапазона и может ухудшить параметры фильтра в полосе задерживания. При малых значениях рабочего тока и высоком рабочем напряжении, особенно в сетях постоянного тока, более рационально применение виткового дросселя относительно большой индуктивности и конденсаторов с малой емкостью. Ограничением здесь является появление перенапряжений при коммутации источников с такими фильтрами.

Помехоподавляющие фильтры строятся на низкодобротных элементах, что обеспечивает отсутствие отчетливых резонансных явлений в схеме, соответствующих провалов в характеристике вносимого затухания и наличие дополнительного затухания высокочастотной энергии за счет повышенных активных потерь в ферромагнитных сердечниках дросселей.

Если необходимо гальваническое разделение цепей, то в схему фильтра включается трансформатор. Первичные и вторичные обмотки такого трансформатора следует разделять электростатическим экраном.

Искрогасители

Искрогасители являются наиболее эффективным средством снижения ИРП от электро-механических коммутационных элементов. Принцип действия искрогасителей заключается в устранении перенапряжений на контактах, вызывающих искровой и дуговой разряды в межконтактном промежутке. Перенапряжения возникают в момент размыкания контактов (намеренного или «отскока» при замыкании) при наличии в коммутируемой цепи последовательно соединенных индуктивности обмоток реле, соединительных проводов и т. д. Искровой пробой межконтактного промежутка происходит при напряжении на контактах $U_{пр} = 280...300$ В, при этом напряжение горения дуги $U_d = 12...15$ В. Дуговой разряд возникает лишь в тех случаях, когда номинальный ток коммутируемой цепи I_0 превышает минимальный ток поддержания дугового разряда $I_{дг1}$. Перенапряжения устраняются созданием низкодобротных колебательных или аperiodических линейных или нелинейных цепей, шунтирующих либо межконтактный промежуток, либо коммутируемую индуктивность, либо то и другое вместе. Способ шунтирования контактов является наиболее универсальным.

На рис. 9 приведены типовые схемы искрогасителей. Здесь R — активное сопротивление коммутируемой цепи, R_0 , L — активное сопротивление и индуктивность катушки реле, $R_{и}$ и $C_{и}$ — активное

сопротивление и емкость искрогасителя. В полосе частот до 0,1 МГц вносимое затухание для всех схем составляет 6—10 дБ; на частотах 0,1—30 МГц оно линейно возрастает до 20 — 40 дБ.

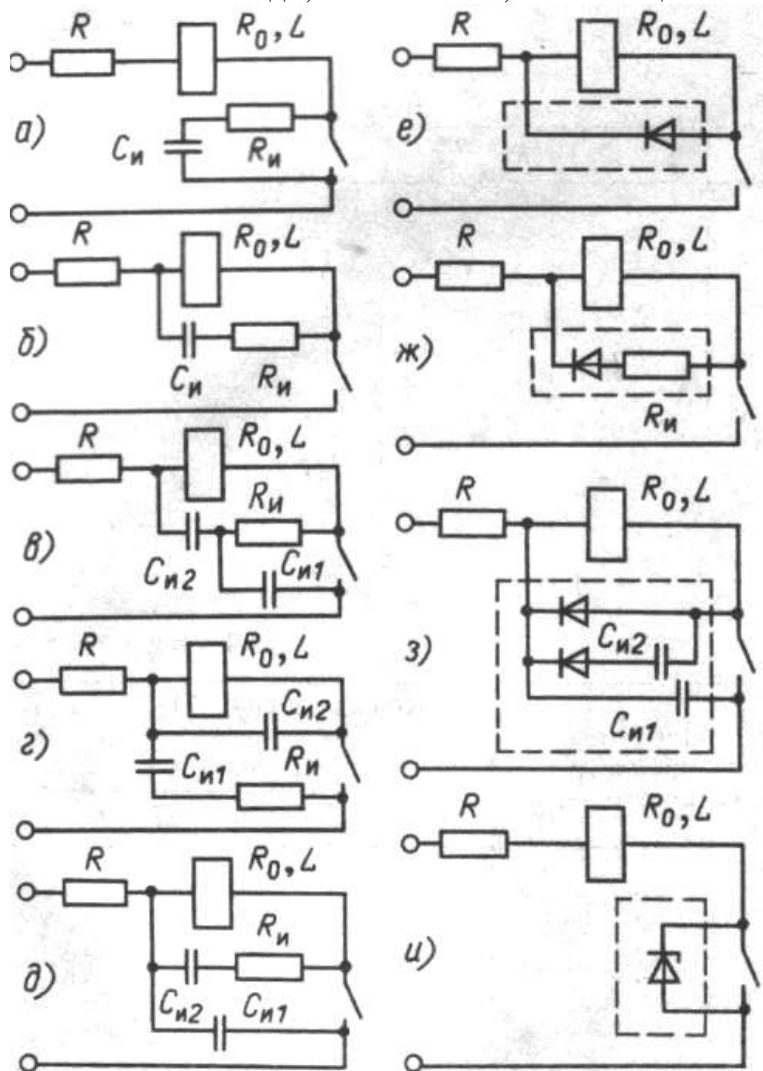


Рисунок 9 – Искрогасители.

Схема искрогасителя выбирается, исходя из конкретных условий: значения рабочего тока I_0 , коммутлируемого напряжения U_0 , характера нагрузки.

Так, схема рис. 9, а применяется для устранения искрового разряда в цепях, где номинальный ток цепи I_0 меньше минимального тока поддержания дуги. В случае малых значений индуктивности цепи (не более десятков миллигенри) можно применять схему рис. 9, б с меньшим значением емкости $C_{и}$. Усложненная схема рис. 9, в позволяет получить более сглаженный переходный процесс и соответственно меньший остаточный уровень помех; для малых значений L тот же эффект достигается применением схемы рис. 9, г при меньших значениях емкостей. Для цепей, где L составляет единицы генри, применяется схема рис. 9, д. Нелинейные схемы рис. 9, е — и обеспечивают снятие перенапряжений при переходных процессах в цепях с большими L . Простейшая схема рис. 9, е применяется, если нет жестких требований к времени задержки срабатывания контактов. Схема рис. 9, ж дает меньшее время задержки. Для цепей с большими коммутлируемыми токами можно использовать схему рис. 9, д. Схема рис. 9, и применяется для устранения искрового разряда.

Помехоподавляющие провода

Отечественная промышленность выпускает помехоподавляющие провода марки ППЭ (ТУ 16-705.197-81). Провода марки ППЭ предназначены для фиксированного монтажа цепей, в которых необходимо подавление помех на частотах выше 1 МГц при рабочем напряжении до 250 В переменного тока с частотой 50 Гц. В качестве изоляции применяется поливинилхлоридный пластикат, наполненный ферритовым порошком (внутренний слой) и керамическим порошком (наружный слой). Поверх изоляции накладывается экран в виде оплетки из медной мягкой проволоки, поверх оплетки — оболочка из поливинилхлоридного пластиката. Такая конструкция обеспечивает не толь-

ко значительное затухание высокочастотной энергии ИРП вдоль провода, но и малую его излучающую способность и высокую защищенность от внешних электромагнитных полей.

Применение помехоподавляющих проводов является перспективным методом борьбы с ИРП в протяженных слаботочных электрических сетях промышленных предприятий, морских судов и других объектов, позволяющим в ряде случаев отказаться от помехоподавляющих фильтров.

Для автомобильной промышленности выпускается специальный высоковольтный помехоподавляющий провод марки ПВПА (ТУ 16-505-482-73), применяемый для подавления помех во вторичной цепи высокого напряжения системы зажигания двигателей. Токпроводящая жила выполняется в виде спирали из проволоки сплава 40Н, наложенной на сердечник из поливинилхлоридного пластиката с ферритовым порошком, поверх спиральной жилы накладывается изоляция.

Помехоподавляющие экраны

Помехоподавляющие экраны применяются для устранения электромагнитных связей между цепями источников помех и рецепторов и ослабления излученного поля помех. Эффективность экрана, характеризуемая отношением напряженности поля в защищенном пространстве в отсутствие и при наличии экрана, определяется материалом экрана, его толщиной и степенью непрерывности. При выборе материала и толщины экрана используются расчетные выражения для эффективности экранирования бесконечного плоского экрана. В общем случае эффективность экранирования \mathcal{E} , дБ, определяется тремя составляющими: экранированием за счет поглощения электромагнитной энергии в толще экрана \mathcal{E}_n , экранированием за счет отражения электромагнитной энергии от границы раздела «пространство—экран» \mathcal{E}_{01} и экранированием за счет вторичного отражения \mathcal{E}_{02} .

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_n + \mathcal{E}_{01} + \mathcal{E}_{02}.$$

Кроме однородного сплошного металла для электромагнитного экранирования могут использоваться материалы, перечисленные ниже.

а) Многослойные материалы из чередующихся слоев немагнитных и магнитных металлов; в таком экране максимально используются не только затухание в металле, но и отражение энергии от границ слоев металлов с разными волновыми сопротивлениями. Чем больше разность волновых сопротивлений сопрягаемых металлов, тем выше эффективность экранирования. Наружный слой делается из немагнитных материалов. Хорошие результаты дает сочетание алюминий — сталь — алюминий. Наивыгоднейшим сочетанием металлов для создания многослойных экранов является медь и сталь. Двухслойный пермаллоевый экран с медной серединой при общей толщине 2,5 мм дает эффективность экранирования 75-90 дБ на частотах 50-500 Гц. На рис. 10 приведены характеристики многослойных экранов для низких частот.

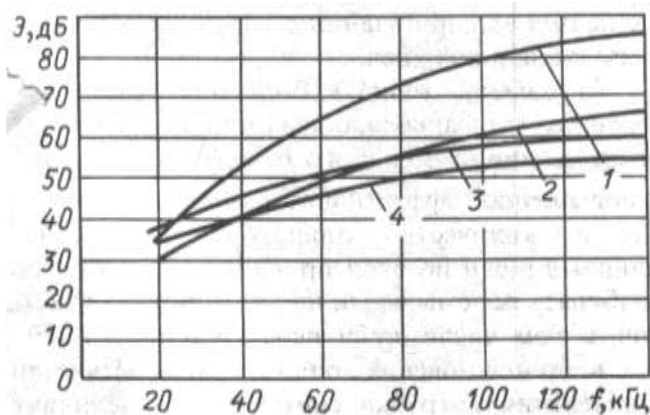


Рис. 10. Эффективность экранирования многослойных экранов (толщина каждого слоя 1 мм):

1 — медь — сталь ($\mu = 200$) — медь; 2 — медь — свинец — медь; 3 — алюминий — сталь — алюминий; 4 — медь — алюминий — медь.

б) Металлические сетки. При проектировании сетчатых экранов необходимо иметь в виду следующее: при одинаковых d и a медные сетки на низких частотах лучше стальных во столько раз, во сколько удельная проводимость меди больше, чем стали; при $a = \text{const}$ и одном и том же материале сетки из толстой проволоки эффективнее сеток из тонкой проволоки. Так как влияние контакта в узлах сетки не имеет значения, сетчатый экран можно покрывать красками и антикоррозионными покрытиями, по этой же причине сетки для обеспечения герметичности можно формовать в неопрене,

резине и других упругих материалах. В большинстве случаев сетки изготавливаются из меди, латуни, стали, алюминия. Если сетки являются частью экрана, то они должны быть надежно соединены с основным экраном с помощью сварки, пайки или прижимными рамками.

в) Металлическая фольга толщиной 0,01 — 0,05 мм, в основном из диамагнитного материала — алюминия, латуни, цинка. Эффективность этих материалов при экранировании электромагнитного и электрического поля достаточно высока (25 — 50 дБ); магнитную составляющую такие материалы ослабляют сравнительно мало. Стальную фольгу отечественная промышленность не выпускает.

г) Металлизирующие слои на поверхности неметаллических корпусов. Из существующих способов нанесения покрытий наиболее удобным является метод напыления, когда нанесение металла на подложку осуществляется пульверизацией расплавленного металла струей сжатого воздуха. В качестве подложки используется плотная бумага, картон, ткань, дерево, текстолит, сухая штукатурка и пр. Расчет эффективности экранирования металлизированных корпусов производится по формулам для электрически тонких экранов.

д) Токопроводящие краски, обеспечивающие эффективность экранирования электромагнитного и электрического поля не менее 30 дБ в широкой полосе частот. В качестве токопроводящего пигмента используется обычно графит или ацетиленовая сажа, в качестве диэлектрического пленкообразующего материала — лаки (ТУ МХП Э219-52). Такая краска обладает поверхностным сопротивлением 5 — 6 Ом при толщине покрытия $2 \cdot 10^{-4}$ м, имеет хорошую адгезию к металлу, дереву, текстолиту, фанере, оштукатуренным поверхностям. Эффективность экранирования токопроводящими красками рассчитывается по формулам для электрически тонких экранов.

е) Стекла с токопроводящим покрытием (например, из окиси олова), обеспечивающее эффективность экранирования на радиочастотах не менее 30 дБ.

ж) Специальные ткани с металлической нитью, применяемые в основном для биологической защиты персонала в диапазоне СВЧ.

Основной причиной существенного снижения эффективности экранирования реального экрана по сравнению с расчетным является наличие отверстий и щелей.

При проектировании экрана с функционально необходимыми отверстиями следует учитывать следующее:

а) при экранировании сферическим экраном в электрическом поле наиболее неблагоприятной является экваториальная круговая щель, при экранировании в магнитном поле — меридиональная щель;

б) замена одного большого отверстия несколькими малыми, общая площадь которых равна площади большого отверстия, приводит к повышению эффективности экрана в \sqrt{n} раз, где n — количество одинаковых отверстий; длинные щели по этой причине целесообразно разбивать перемычками на ряд коротких участков, в том числе щели перфораций;

в) проникновение поля через отверстие при применении патрубка снижается на величину

$$\mathcal{E} = 20 \lg | e^{bl} |$$

где l — длина патрубка, см.

Для экранирования соединительных кабелей применяются сплошные металлические оболочки, металлические оплетки или ленточные экраны.

Наибольшей эффективностью экранирования обладают сплошные металлические оболочки: свыше 40 дБ. Увеличение диаметра кабеля, а также толщины экрана дает заметное улучшение экранирующих свойств. Сплошные экраны выполняются в основном из стали, алюминия и свинца. Экранирующие свойства кабелей улучшаются при использовании двухслойной конструкции экрана: алюминий — сталь и алюминий — свинец. Для наружных слоев используются немагнитные металлы с большой отражающей способностью (медь, алюминий), для внутренних слоев — магнитные материалы (сталь, пермаллой). До 10 кГц лучший экранирующий эффект дают равные слои меди (алюминия) и стали, выше 10 кГц — тонкие слои меди (алюминия) и толстые слои стали.

Металлические оплетки эффективно подавляют электрические составляющие полей и ослабляют наводки, обусловленные емкостными связями. Эффективность экранирования в полосе частот 20 — 200 кГц составляет при этом 40 — 60 дБ. На более низких частотах эффективность экранирования снижается. Магнитные составляющие полей и наводки от них экраны из оплеток ослабляют намного хуже из-за увеличения поверхностного сопротивления оплетки. Двойная медная оплетка симметричных кабелей увеличивает эффективность экранирования на частоте 10 кГц на 12 дБ, на частоте 100 кГц — на 40 дБ.

Кабельные экраны ленточного типа выполняются из меди, алюминия и стальных лент, а также комбинированными: медь — сталь — медь или алюминий — сталь.

На промышленных предприятиях, в научно-исследовательских организациях, медицинских учреждениях широко применяются экранированные кабины и помещения. Экраны для помещений и кабин изготавливаются обычно из листовой стали или из медной или стальной сетки. Толщина листовой стали для сплошного экрана с рабочей полосой частот выше 0,15 МГц выбирается только из соображений механической прочности и возможности сварки или пайки отдельных частей экрана и обычно равна 0,5 — 1 мм.

Вентиляционные отверстия и рабочие проемы выполняются в виде металлических труб, затянутых металлической сеткой, или в виде системы волноводных фильтров (волноводной решетки).

Подводка любых электрических цепей внутрь экранированного помещения осуществляется только через помехоподавляющие фильтры, которые размещаются в экранированном кожухе, имеющем хороший электрический контакт с экраном помещения. Прохождение посторонних линий электросети через экранированное помещение недопустимо.

Трубопроводы водяного охлаждения и отопления в местах входа и выхода из экранированного помещения должны иметь с экраном помещения надежный электрический контакт по всему периметру (с помощью приваренных фланцев). Волноводный фильтр также должен иметь хороший электрический контакт с экраном помещения по всему периметру проема. Если необходима относительно небольшая эффективность экранирования, целесообразно применять экранирование сеткой. В этом случае достаточно просто решаются вопросы вентиляции и освещения.

В зависимости от необходимой эффективности экранирования экранировать помещения необходимо с учетом следующих рекомендаций.

а) Эффективность экранирования 100 — 120 дБ на частотах выше 100 кГц. Материал экрана — листовая сталь любой марки толщиной 0,5—1 мм, соединение листов — сварка по всем швам внахлест. Окна закрыты двумя слоями густой медной или стальной сетки с расстоянием между слоями в 50 мм. Контакт сетки оконного проема со стенками — пайка по всему периметру.

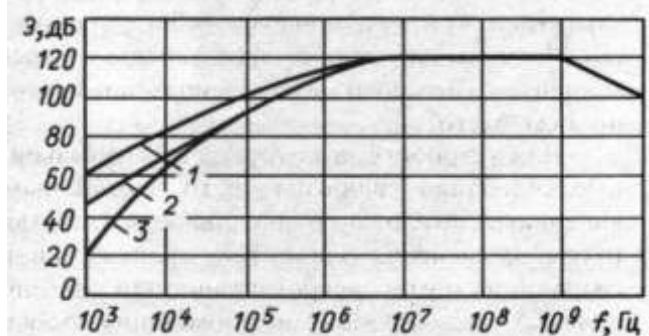


Рис. 13. Эффективность экранирования крупногабаритных камер серийного изготовления из низкоуглеродистой стали: 1 — толщина стали 6 мм; 2 — толщина стали 3 мм; 3 — толщина стали 1 мм.

Дверь должна быть выполнена из листовой стали, электрический контакт с экраном стены осуществляется посредством пружинящей гребенки из фосфористой бронзы. Вентиляция — круглые отверстия с приваренными патрубками длиной, в 3 — 4 раза большей диаметра отверстия. Частотные характеристики типовых камер зарубежного производства приведены на рис. 63.13.

б) Эффективность экранирования 50 — 60 дБ. Материал — листовая сталь толщиной 0,5 — 1 мм или густая медная сетка с ячейкой 1 x 1 или 2x2 мм и диаметром проволоки соответственно 0,1 или 0,2 мм. Конструкция швов в случае листовой стали — нахлест 20 мм и точечная сварка через 100 мм (расстояние между точками соседних контактов должно быть не более 0,15 Xmin). В случае сетки — надежный контакт любой конструкции через 100 мм. Окна затянуты более редкой медной сеткой с обеспечением контакта с экраном стены через 200 — 400 мм. Дверь — электрический контакт со стенами через 200 — 400 мм. Вентиляция — отверстия, затянутые редкой медной сеткой.

ПОДАВЛЕНИЕ ИРП В ОТДЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКАХ

Одним из основных направлений работ по устранению ИРП является их подавление или локализация непосредственно в месте образования путем воздействия на механизм образования помехи в помехообразующих элементах, фильтрации помехонесущих цепей, выходящих из источника, и экранирования источника ИРП.

Для устройств, создающих электромагнитные колебания для выполнения своих функций (например, для электронных ключей), воздействие на механизм образования ИРП заключается в правильном выборе параметров используемых колебаний с целью максимально возможного ограничения занимаемой полосы частот.

Для устройств, в которых электромагнитные колебания являются чисто паразитными явлениями, возможно радикальное воздействие путем применения элементов, практически не создающих помех, искрогашения или введения плавных регулировок, исключающих броски тока и напряжения. В тех случаях, когда не удастся избежать образования ИРП, применяются более дорогостоящие средства — фильтрация и экранирование. Кроме того, эффективным средством снижения излучений от соединительных цепей является их симметрирование — уменьшение тока в контуре «система проводов — земля» и скручивание симметричных цепей. Скрутка приводит к взаимной компенсации электромагнитных излучений от отдельных участков помехонесущей цепи и снижению общего уровня излучения на 20 — 40 дБ.

В табл. 1 приведены сведения по основным способам снижения ИРП от отдельных источников, на рис. 14 — типовые схемы применяемых для этой цели помехоподавляющих фильтров. Более подробные рекомендации содержатся в справочной литературе.

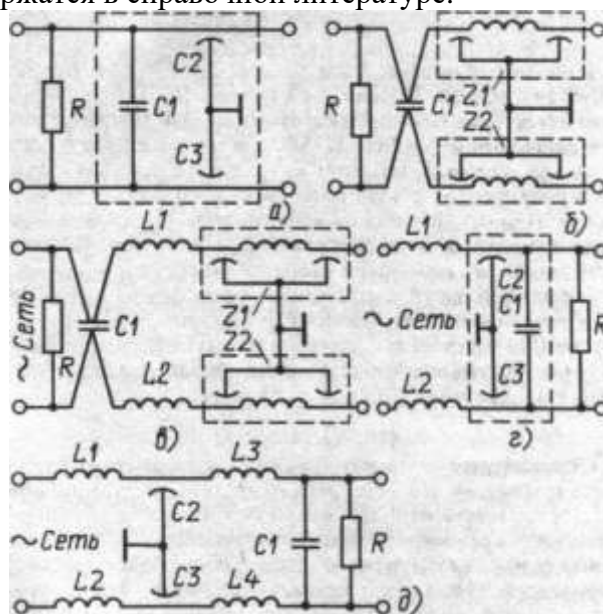


Рисунок 14 – Типовые схемы помехоподавляющих фильтров: а) – комбинированного емкостного; б) – комбинированного с керамическими проходными фильтрами; в) – индуктивно-емкостной для низкоомного источника помех; г) – индуктивно-емкостного для высокоомных источников помех; д) – индуктивно-емкостного для электромеханических устройств;

R – разрядное сопротивление; $C1$ – симметричный конденсатор большой емкости; $C2, C3$ – проходные конденсаторы; $L1 – L4$ – витковые дроссели; $Z1, Z2$ – фильтры с безвитковыми дросселями.

КОМПЛЕКСНОЕ И ГРУППОВОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ИРП

Групповым помехоподавлением называется снижение уровней ИРП от группы электроустройств с помощью общих для группы помехоподавляющих фильтров, экранов и т. п.

Комплексное помехоподавление представляет собой сочетание индивидуального и группового помехоподавления, других средств борьбы с ИРП, обеспечивающее выполнение требований Норм, предъявляемых к предприятию как комплексному источнику помех. Среди этих средств — фильтрация, экранирование, рациональная схема контура заземления, правильная прокладка взаимодействующих цепей и т.д.

Конденсаторные фильтры обычно подключаются на сборных шинах трансформаторных подстанций и распределительных шинах отдельных цехов и зданий комплексного объекта. Силовые и осветительные сети блокируются на землю конденсаторами емкостью 0,5 — 1 мкФ. Помехоподавляющие фильтры в сетях переменного тока осуществляют дополнительно к своей основной функции частичную компенсацию реактивной мощности, что необходимо учитывать при расчете емкости конденсаторных батарей. При установке и монтаже помехоподавляющих конденсаторов особое внимание необходимо уделять качеству и механической прочности заземления. Монтаж конденсаторов следует выполнять широкими и возможно короткими шинами с надежными контактами. Проектом

должна быть предусмотрена установка групповых емкостных фильтров в точках подключения распределительных линий с большим количеством источников помех к магистральным линиям. Групповой емкостный фильтр следует включать между фиксирующей шиной РУ и его заземленным каркасом.

Прокладка силовых, осветительных, телефонных, телеграфных и радиотрансляционных проводов на территории завода должна осуществляться подземным кабелем; в производственных помещениях, насыщенных электроникой и сигнальными коммуникациями, — в металлических трубах и коробах, обеспечивающих необходимую экранировку. В кабельных колодцах и коридорах прокладка должна выполняться таким образом, чтобы обеспечить максимально возможное удаление сигнальных цепей от цепей питания и силового управления оборудованием. Пересечения электрических кабелей должны выполняться по возможности под прямым углом. Предпочтительным для всех видов цепей является применение кабелей со скрученными проводами, так как скрутка дает существенное снижение уровней излученных и наведенных ИРП.

При проектировании протяженных трасс следует рассматривать варианты их выполнения помехоподавляющим кабелем, обеспечивающим затухание на сравнительно небольших расстояниях всех видов помех: синфазных и противофазных, созданных в данной сети и наведенных на нее извне.

Питание охранного освещения осуществляется подземным экранированным кабелем с установкой на концах кабеля емкостных фильтров.

Для питания от электросети предприятий, расположенных вне его территории, жилых и других объектов должны быть предусмотрены трансформаторные понижающие подстанции, размещенные вне территории предприятия. Питание указанных подстанций должно осуществляться подземным кабелем с экранирующей оболочкой. Трассы этих кабелей должны располагаться по возможности дальше от объектов — мощных источников помех, а также от электросетей, связанных с этими объектами.

Весьма эффективной мерой группового помехоподавления является установка емкостных помехоподавляющих фильтров в электрической сети зданий, в которых осуществляется радиоприем: несимметричных емкостных фильтров 0,5 мкФ на силовых вводах в здание, симметричных и несимметричных (между нулевым проводом и арматурой) емкостных фильтров 0,5 мкФ в электрических щитах на лестничных площадках. Для помех, проникающих в здание от внешних источников, первая мера дает увеличение затухания на 20 — 26 дБ в диапазоне длинных и средних волн, вторая — на 10 — 20 дБ. Для помех, создаваемых оборудованием самого здания, вторая мера дает эффективность 20 — 30 дБ.

Во избежание возникновения помех радиоприему в жилых зданиях следует избегать размещения в них коммунальных и других предприятий (мастерских, поликлиник и пр.), насыщенных электрооборудованием.

Таблица 1 – Подавление ИРП от отдельных источников.

Вид электрооборудования	Причина помех	Основные средства подавления помех
Электрические машины	Коммутация коллекторных пластин скользящей щеткой; нарушение контакта из-за плохой притирки щеток, их вибрации, недостаточного давления на кольца; вибрации вала из-за неточной центровки вала и ротора.	<p>Симметрирование обмоток возбуждения статора, увеличение числа секций и коллекторных пластин, применение дополнительных компенсационных обмоток, использование слоистых щеток, тщательное соблюдение технологии сборки; обеспечение надежного электрического контакта между частями корпуса машины, между валом и корпусом; металлизация внутренней поверхности пластмассового корпуса; фильтрация питающей электрической цепи; фильтрация конденсаторными блоками емкостью 0,5 — 1 мкФ стационарных машин большой мощности; симметричная блокировка конденсаторами К73-21 емкостью 0,22 — 1 мкФ для устройств с малогабаритными коллекторными двигателями хорошего качества с невысокой скоростью вращения и мощностью более 500 Вт; применение комбинированных емкостных фильтров для маломощных высокооборотных машин с плохо притертыми щетками или сочетания конденсаторов К73-21 с фильтрами Б23, Б7, Б14 (рис. 14, а).</p> <p>Для дополнительного помехоподавления на высоких частотах на выводы надеваются ферритовые трубки (бусы) М600НН (УВ7.076.176 ТУ) - схема рис. 14,б.</p>

		<p>Электродвигатели ручного инструмента фильтруются блоками К75-41, особо интенсивные источники помех с электродвигателями — двухзвенными индуктивно-емкостными фильтрами (рис. 14,в — для низкоомных источников, 14, г — для высокоомных).</p>
<p>Выключатели, рубильники, реле</p>	<p>Броски тока и напряжения при замыкании, электрическом пробое и дуге в межконтактном промежутке, вибрация и дребезг контактов</p>	<p>Применение быстродействующих контактных терморегуляторов с оптимальными характеристиками упругости и сжатия контактов; реостатное (плавное) включение-выключение нагрузки; применение синхронных схем коммутации в моменты, соответствующие нулю тока (напряжения) в коммутируемой цепи; искрогашения; использования корпусов оборудования (шкафов) в качестве электрических экранов схем коммутации; групповая фильтрация.</p>
<p>Электротранспорт (контактные сети, подвижной состав, тяговые подстанции, системы СЦБ)</p>	<p>Работа электрических машин, преобразователей и регуляторов напряжения, устройств управления, сигнализации и блокировки, отрыв токоприемника от контактного провода, коронирование проводов, перекрытие изоляторов.</p>	<p>Фильтрация электрических машин, искрогашения на контактах реле, включение дросселей (радиореакторов) в токоприемные устройства, применение графитно-угольных токоприемных вставок и пластин, применение рессорной подвески токосъема, установка блокировочных конденсаторов параллельно вентилям тяговых подстанций; устранение загрязнения контактных сетей и устройств токосъема, обеспечение надежного контакта в вибрирующих частях конструкций.</p>
<p>Воздушные линии и подстанции электропередач</p>	<p>Корона на проводах, высоковольтных частях распределительных и других устройств; пробой и перекрытие дефектных загрязненных изоляторов; кистевой разряд с острых краев токонесущих частей.</p>	<p>Увеличение эквивалентного диаметра проводов путем расщепления каждой фазы на 3 — 6 проводов, округление острых краев деталей линий и распределительных устройств подстанций: сохранение при монтаже неповрежденной поверхности линейных проводов, установка заградительных экранирующих колец вокруг крепежа гирлянд к проводам фазы, применение стойких изоляционных материалов и тарельчатых изоляторов с малыми диэлектрическими потерями без микротрещин и пузырьков, обеспечение надежных контактов в линейной арматуре и распорках, фильтрация оборудования подстанций путем установки конденсаторных блоков между токонесущими цепями и контуром заземления; удаление линий и подстанций от радиоприемных центров и других объектов.</p>
<p>Электросварочное оборудование</p>	<p>Сварочная дуга, работа реле, контакторов, искровых высокочастотных генераторов, тиристорных прерывателей при точечной сварке, электрических машин в автономных сварочных установках</p>	<p>При сварке постоянным током — фильтрация электрических машин и цепи электродов [63.4], [63.13], несимметричная блокировка вторичной питающей сети конденсаторами КБП, К75П-4 или КЗ (0,1 — 1 мкФ) в шкафу управления; при сварке переменным током с тиристорным регулированием производится установка одно-, двухзвенных фильтров в каждом проводе вторичной цепи, несимметричных конденсаторов 0,01 мкФ и симметричного конденсатора 1 мкФ в первичной цепи сварочного трансформатора; при необходимости сварочное помещение экранируется, на вводы питающих электрических цепей дополнительно устанавливаются экранированные двухзвенные индуктивно-емкостные фильтры</p>
<p>Промышленные, научные, медицинские ультразвуковые и высокочастотные установки</p>	<p>Излучение от элементов электрической схемы, включая рабочие элементы, на основной частоте и высших гармониках</p>	<p>Ограничение полосы частот, разрешенных для использования, поблочное или полное экранирование с применением вентиляционных и технологических проемов в виде волноводных фильтров, применение двухтактных схем генераторов, обеспечивающих подавление четных гармоник, фильтрация питающих и управляющих электрических цепей. Для емкостной блокировки маломощных установок применяются конденсаторы 0.022 — 1 мкФ (в зависимости от рабочей частоты); для незаземленных ПНМ-установок с рабочими частотами выше 20 МГц используются проходные фильтры Б23, Б7, Б14 или проходные конденсаторы К10-44, КТП, К10П-1 емкостью не более 5000 пФ, для установок с более низкими рабочими частотами — более сложные схемы; для фильтрации низкочастотных мощных заземляемых установок применяются П-образные схемы с конденсаторами К75П-4 и КЗ(0,47—1 мкФ), для высокочастотных установок — схемы с проходными конденсаторами КБП-Ф, фильтры серий ФП и ФБ; для рабочих частот не выше 20 МГц и рабочих токов до 40 А используются витковые дроссели</p>
<p>Другое оборудование предприятий и учреждений</p>	<p>Работа электрических машин, магнитных пускателей, реле, контакторов, тиристорных схем регулирования и пр.</p>	<p>Несимметричная емкостная блокировка источников помех конденсаторами КБП, КЗ или К75П-4 (0,47- 1 мкФ); дополнительная симметричная блокировка конденсаторами МБГЧ или К75-10 (0,47—1 мкФ) интенсивных источников помех, силовых пусковых стативов, щитов питания кранового и сварочного оборудова-</p>

		ния; более сложная фильтрация тиристорных схем регулирования; установка искрогасителей на разрывные контакты; применение фазированных коммутаторов в цепях переменного тока; установка электростатических экранов между обмотками разделительных трансформаторов; применение экранированных кабелей и силовых кабелей со скрученными парами; применение одноточечной низкочастотной и многоточечной высокочастотной схем заземления всего оборудования на общий контур рабочего заземления; устройство отдельного контура заземления электроники; экранирование пультов управления, статов, помещений с интенсивными источниками помех; прокладка групп кабелей в металлических трубах и коробах; отдельная прокладка силовых и сигнальных цепей
Устройства вычислительной техники	Работа импульсных схем питания, управления, коммутации	Применение индуктивно-емкостных схем фильтрации по рис. 63.14. д с конденсаторами К73-21, К75-10, К75-37, МБГЧ и высокочастотными дросселями серии ДМ или типовыми дросселями выпрямителей Д222 — Д270 [63.5], искрогасителей, скрученных проводов; экранирование блоков питания.
Лифты различных систем	Работа электрических машин и контактных систем управления и блокировки	Применение вводных устройств серии ВУ, снабженных емкостными фильтрами
Автомобили и другие устройства с двигателем внутреннего сгорания	Скачки напряжения и тока в низковольтных и высоковольтных цепях системы зажигания основного или вспомогательных двигателей, устройства управления, сигнализации, работа электрогенератора	Заглубление свечей в тело блока цилиндров, рациональная компоновка системы зажигания с целью минимизации длины высоковольтных проводов; применение высоковольтных помехоподавляющих проводов, обеспечение надежного контакта в электрических цепях и предотвращение пробоев по поверхности пластмассовых и резиновых изоляторов; включение помехоподавляющих сопротивлений в цепи распределителя зажигания и каждой свечи [63.16]; емкостная блокировка низковольтной цепи системы зажигания и других цепей (на автомобилях с радиостанциями применяется полная экранировка системы зажигания).
Приборы и оборудование бытового и коммунального назначения, подключаемые к электрическим сетям жилых зданий	Работа электрических машин, блоков питания радиоэлектронной аппаратуры, автоматов и выключателей, светильников с люминесцентными лампами	Фильтрация электроустройств с электродвигателями и блоков питания, экранирование электроустройств, металлизация пластмассовых корпусов, применение прокладок из токопроводящей резины, применение быстродействующих терморегуляторов, синхронных выключателей, искрогасителей, улучшение технологии изготовления и конструкции люминесцентных ламп

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Тема и цель лабораторной работы.
2. Общие сведения об источниках ИРП и их влиянии на работу электрооборудования.
3. Таблица 1 – Подавление ИРП в отдельных источниках.
4. Необходимые рисунки, схемы.
5. Выводы о проделанной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объяснить влияние ИРП на электротехнику ?
2. Как возникают и распространяются ИРП ?
3. Перечислите помехоподавляющие элементы и устройства.
4. Как выполняется подавление ИРП в отдельных источниках?
5. В чем заключается комплексное и групповое подавление ИРП?

Литература

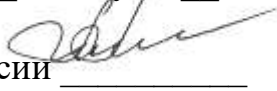
1. Электротехнический справочник в трех томах. Т. 3. Кн.2. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 615 с.
2. Правила устройств электроустановок.- ЗАО «Ксения», 2001
3. Луковников А.В. и др. Охрана труда: учебник для вузов 6-е изд. перераб. и дополн. - М.: Агропромиздат, 1991.-319 с.: ил.

Составил мастер ПО

В.А. Блинцов

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 49

Тема: Определение начала и конца обмоток асинхронного двигателя и составление схем включения.

Цель: Приобрести навыки чтения, составления, монтажа и наладки схемы управления многоскоростным электродвигателем. Произвести расчёт и выбор аппаратов.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: автоматический выключатель, соединительные провода, электродвигатель, методические рекомендации, учебная литература..

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть осажжены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [7], с.34-67.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Пройти входной контроль.
- 2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4 Убрать рабочее место.
- 2.5 Ответить на контрольные вопросы.
- 2.6 Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

Напряжения сети и схемы статорных обмоток электродвигателя:

Если в паспорте электродвигателя указано, например, 220/380В, это означает, что электродвигатель может быть включен как в сеть 220В (схема соединения обмо-

ток - треугольник), так и в сеть 380В (схема соединения обмоток - звезда). Статорные обмотки асинхронного электродвигателя имеют шесть концов.

По ГОСТу обмотки асинхронного двигателя имеют следующие обозначения: I фаза - С1 (начало), С4 (конец), II фаза - С2 (начало), С5 (конец), III фаза - С3 (начало), С6 (конец).

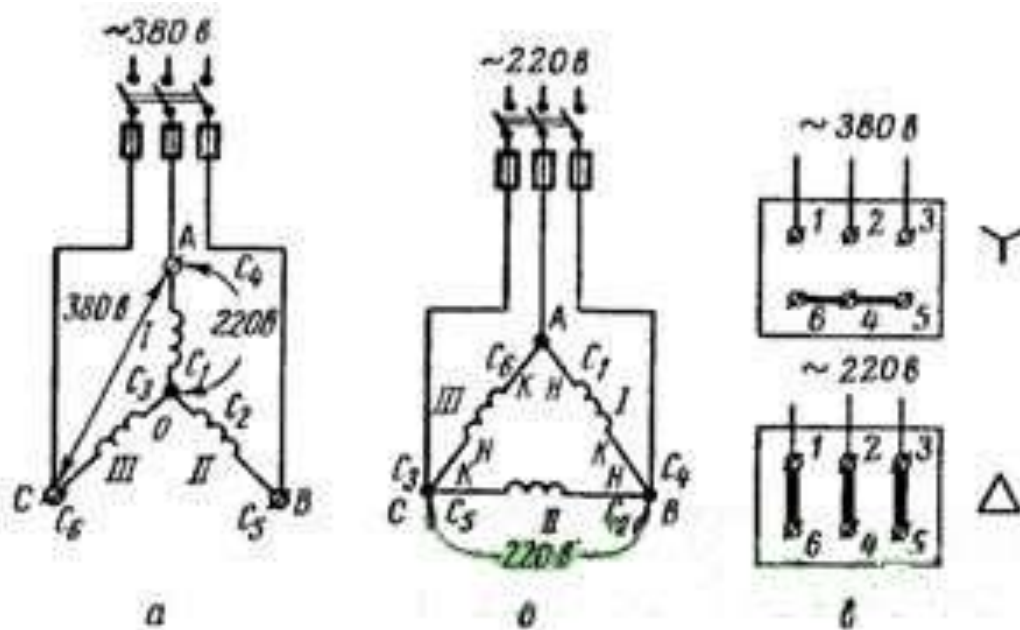


Рисунок 1 - Схема подключения обмоток асинхронного двигателя.

а - в звезду;

б - в треугольник;

в - исполнение схем "звезда" и "треугольник" на доске зажимов.

Если в сети напряжения равно 380 В, то обмотки статора двигателя должны быть соединены по схеме "звезда". В общую точку при этом собраны или все начала (С1, С2, С3), или все концы (С4, С5, С6). Напряжение 380В приложено между концами обмоток АВ, ВС, СА. На каждой же фазе, то есть между точками О и А, О и В, О и С, напряжение будет в $\sqrt{3}$ раз меньше: $380/\sqrt{3} = 220\text{В}$.

Способы подключения электродвигателей

Если в сети напряжение 220В (при системе напряжений 220/127 В, что в настоящее время, практически нигде не встречается) обмотки статора двигателя должны быть соединены по схеме "треугольник".

В точках А, В и С соединяются начало (Н) предыдущей с концом (К) последующей обмотки и с фазой сети (рис. 1, б). Если предположить, что между точками А и В включена I фаза, между точками В и С - II, а между точками С и А - III фаза, то при схеме "треугольник" соединены: начало I (С1) с концом III (С6), начало II (С2) с концом I (С4) и начало III (С3) с концом II (С5).

У некоторых двигателей концы фаз обмотки выведены на доску зажимов. По ГОСТу, начала и концы обмоток выводят в том порядке, как это показано на рисунке 1, в.

Если теперь необходимо соединить обмотки двигателя по схеме "звезда" (рисунок 2), зажимы, на которые выведены концы (или начала), замыкают между собой, а к зажимам двигателя, на которые выведены начала (или концы), присоединяют фазы сети.



Рисунок 2 – Соединение обмоток двигателя по схеме «звезда»

При соединении обмоток двигателя в "треугольник" соединяют (рисунок 3), зажимы по вертикали попарно и к переключкам присоединяют фазы сети. Вертикальные переключки соединяют начало I с концом III фазы, начало II с концом I фазы и начало III с концом II фазы.



Рисунок 3 – Соединение обмоток двигателя по схеме «треугольник»

Определение согласованных выводов (начал и концов) фаз статорной обмотки.

На выводах статорных обмоток двигателя обычно имеются стандартные обозначения на металлических обжимающих кольцах. Однако эти обжимающие кольца теряются. Тогда возникает необходимость определить согласованные выводы.

Это выполняют в такой последовательности:

Сначала при помощи контрольной лампы определяют пары выводов, принадлежащих отдельным фазным обмоткам (рисунок 4).

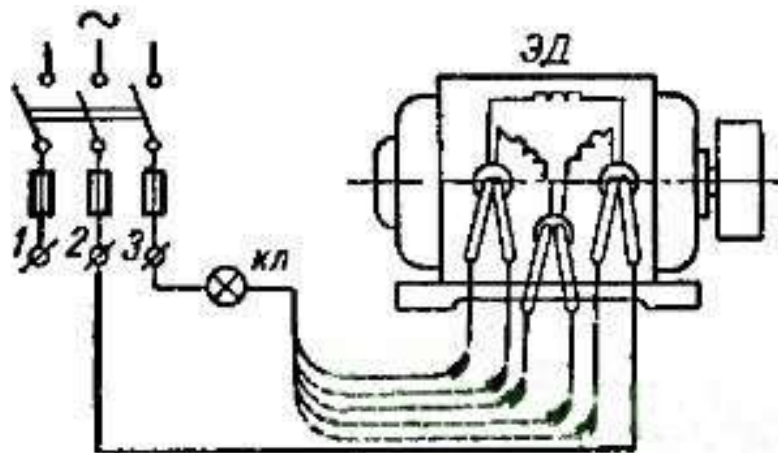


Рисунок 4 - Определение фазных обмоток при помощи контрольной лампы.

К зажиму сети 2 подключают один из шести выводов статорной обмотки двигателя, а к другому зажиму сети 3 подключают один конец контрольной лампы. Другим концом контрольной лампы поочередно касаются каждого из остальных пяти выводов статорных обмоток до тех пор, пока лампа не загорится. Если лампа загорелась, значит, два вывода, присоединенные к сети, принадлежат одной фазе.

Необходимо следить при этом, чтобы выводы обмоток не замыкались друг с другом.

Каждую пару выводов помечают (например, завязав ее узелком).

Определив фазы статорной обмотки, приступают ко второй части работы - определению согласованных выводов или "начал" и "концов". Эта часть работы может быть выполнена двумя способами:

1. Способ трансформации.

В одну из фаз включают контрольную лампу. Две другие фазы соединяют последовательно и включают и сеть на фазное напряжение. Если эти две фазы оказались включенными так, что в точке О условный "конец" одной фазы соединен с условным "началом" другой (рисунок 5, а), то магнитный поток Φ пересекает третью обмотку и индуцирует в ней ЭДС.

Лампа укажет наличие ЭДС небольшим накалом. Если накал незаметен, то следует применить в качестве индикатора вольтметр со шкалой до 30 - 60 В.

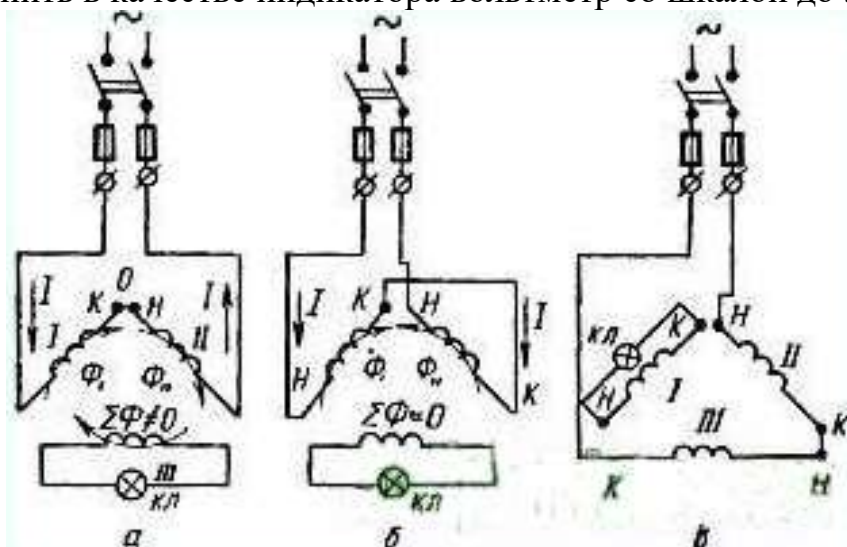


Рисунок 5 - Определение начал и концов в фазных обмотках двигателя методом трансформации

Если в точке О встретятся, например, условные "концы" обмоток (рисунок 5, б), то магнитные потоки обмоток будут направлены противоположно друг другу. Суммарный поток будет близок к нулю, и лама даст нить накала (вольтметр покажет 0). В данном случае выводы, принадлежащие какой-либо из фаз, следует поменять местам и включить снова. Если накал у лампы есть (или вольтметр показывает некоторое напряжение), то концы следует пометить. На одни из выводов, которые встретились в общей точке О, надевают бирку с пометкой Н1 (начало I фазы), а на другой вывод - К3 (или К2). Бирки К1 и Н3 (или Н2) надевают на выводы, находящиеся в общих узелках (завязанных при выполнении первой части работы) с Н1 и К3 соответственно.

Для определения согласованных выводов третьей обмотки собирают схему, представленную на рисунке 5, в. Лампу включают в одну из фаз уже обозначенными выводами.

2. Способ подбора фаз.

Этот способ определения согласованных выводов (начал и концов) фаз статорной обмотки можно использовать для двигателей небольшой мощности - до 3 - 5 кВт.

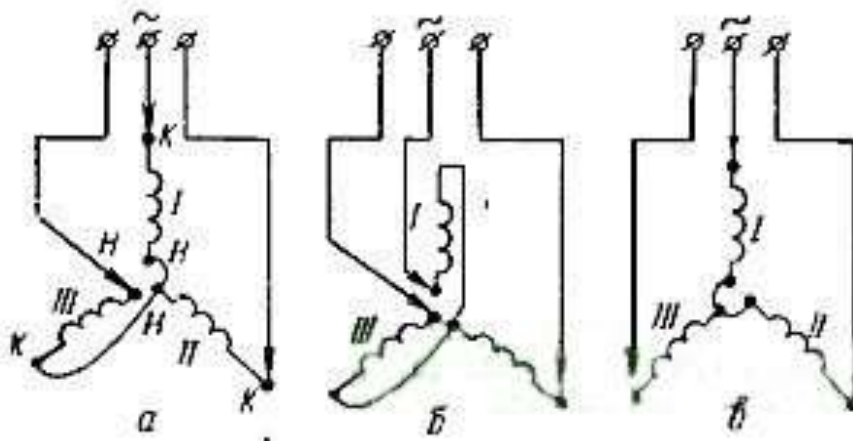


Рисунок 6 - Определение "начал" и "концов" обмотки методом подбора схемы "звезда".

После того как определены выводы отдельных фаз, их наугад соединяют в звезду (по одному выводу от фазы подключают к сети, а по одному — соединяют в общую точку) и включают двигатель в сеть. Если в общую точку попали все условные "начала" или все "концы", то двигатель будет работать нормально.

Но если одна из фаз (III) оказалась "перевернутой" (рисунок 6, а), то двигатель сильно гудит, хотя и может вращаться (но легко может быть заторможен). В этом случае выводы любой из обмоток наугад (например, I) следует поменять местами (рисунок 6, б).

Если двигатель опять гудит и плохо работает, то фазу следует снова включить, как прежде (как в схеме 5 а), но повернуть другую фазу - III (рисунок 5, в). Если двигатель и после этого гудит, то эту фазу следует также поставить по-прежнему, а повернуть следующую фазу - II. Когда двигатель станет работать нормально (рисунок 6, в), все три вывода, которые соединены в общую точку, следует пометить одинаково, например "концами", а противоположные - "началами". После этого можно собирать рабочую схему, указанную в паспорте двигателя.

3.2.Методика выполнения работы.

1. Изучить стенд «Маркировка выводных концов электродвигателя».
2. Определить выводы каждой фазной обмотки электродвигателя.
3. Определить «начало» и «конец» фазных обмоток электропривода.
4. Подключить двигатель по схеме «звезда».
5. Собранную схему предоставить для проверки мастеру ПО.
6. **Получить разрешение мастера на включение питающего напряжения.**
9. Опробовать работу схемы (в присутствии мастера).
10. Отключить собранную цепь от источника питания и разобрать схему.
11. Убрать рабочее место.
12. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

11. Тема и цель лабораторной работы.
12. Схемы соединения фазных обмоток «звезда», «треугольник».
13. Методика определения начала и конца обмоток асинхронного электродвигателя.

5. Контрольные вопросы

1. Поясните назначение асинхронных электродвигателей.
2. Поясните, что входит в устройство асинхронного электродвигателя.
3. Поясните порядок включения электродвигателя по схеме «треугольник».
4. Расскажите о способе определения "начал" и "концов" обмотки методом подбора схемы "звезда".

6. Список используемых источников

17. Баран А.Н. и др. Технология электромонтажных работ. Мн. «Дизайн ПРО» 2000 г. с.165-174
18. Пястолов, А.А. Эксплуатация и ремонт электроустановок: учеб/ А.А. Пястолов [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 271с.
19. Янукович, Г.И. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования: учеб/ Г.И. Янукович. – Мн.: «Ураджай», 2000. – 395с.

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 50

Тема: Монтаж, техническое обслуживание и ремонт заземляющих устройств. Профилактические измерения и испытания

Цель: Научить выполнять разметку мест для забивки заземляющих электродов и прокладки наружного контура заземления из полосовой стали, линий прокладки магистральных и ответвительных шин внутреннего заземляющего контура. Выработать навыки забивки электродов, прокладки наружного контура заземления и присоединения его к нулевому проводу воздушной линии 380/220 В, прокладки и присоединения шин внутреннего контура заземления к наружному контуру заземления и к частям электроустановок, подлежащим заземлению.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: автоматический выключатель, соединительные провода, электродвигатель, методические рекомендации, учебная литература..

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть ограждены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [20], с.65-66.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Пройти входной контроль.
- 2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4 Убрать рабочее место.
- 2.5 Ответить на контрольные вопросы.
- 2.6 Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

Монтаж заземляющих устройств

Защитное заземление — это преднамеренное соединение с землей металлических частей электроустановки, не находящихся под напряжением (рукояток приводов разь-

единителей, кожухов трансформаторов, фланцев опорных изоляторов, корпусов измерительных трансформаторов и т.п.).

Монтаж заземляющих устройств состоит из следующих операций: установки заземлителей, прокладки заземляющих проводников, соединения заземляющих проводников друг с другом присоединения заземляющих проводников к заземлителям и электрооборудованию.

Вертикальные заземлители из угловой стали и отбраванных труб погружают в грунт забивкой или вдавливанием, из круглой стали — ввертыванием или вдавливанием. Эти работы выполняют с помощью механизмов и приспособлений, например: копра (забивка в грунт), приспособления к сверлилке (ввертывание в грунт стержневых электродов), механизма ПЗД-12 (ввертывание в грунт электродов заземления).

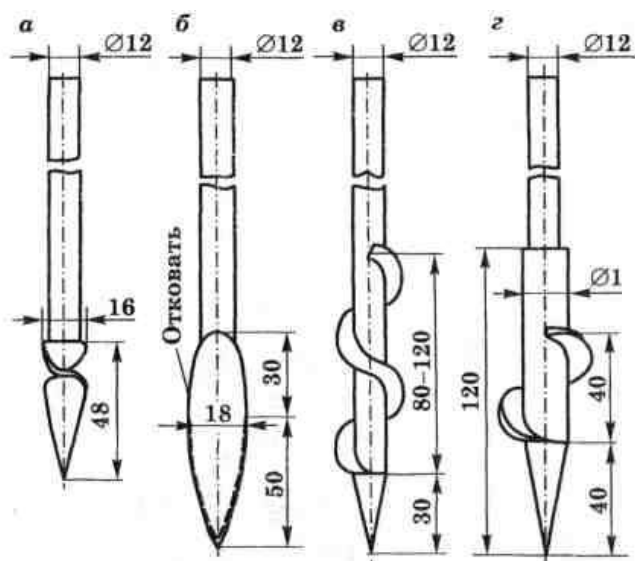


Рисунок 1 - Стержневые электроды, подготовленные к погружению с наконечником из изогнутой по винтовой линии стальной полоски, приваренным к электроду (а); нижним уширенным ковкой и заостренным концом (б); наваренной стальной проволокой, придающей электроду свойство бурава (в); наконечником с изогнутой и приваренной стальной шайбой (г)

Наиболее распространены электрозаглубители, имеющие стандартную электро-сверлилку и редуктор, понижающий частоту вращения ниже 100 об/мин и соответственно увеличивающий крутящий момент на ввертываемом электроде. При пользовании этими заглубителями к концу электрода приваривают наконечник-забурник, обеспечивающий рыхление грунта и облегчающий погружение электрода. Выпускаемый промышленностью наконечник (рис. 5.1, а) представляет собой заостренную на конце и изогнутую по винтовой линии стальную полоску шириной 16 мм. В монтажной практике применяются и другие типы наконечников для электродов (рис. 5.1, б, в, г).

Вертикальные заземлители должны закладываться на глубину 0,5—0,6 м от уровня планировочной отметки земли и выступать от дна траншеи на 0,1—0,2 м. Расстояние между электродами 2,5—3 м. Горизонтальные заземлители и соединительные полосы между вертикальными заземлителями укладывают в траншеи глубиной 0,6—0,7 м от уровня планировочной отметки земли.

Все соединения в цепях заземлителей выполняют сваркой внахлестку; места сварки покрывают битумом во избежание коррозии. Траншею роют обычно шириной 0,5 и глубиной 0,7 м. Устройство внешнего заземляющего контура и прокладку внутренней заземляющей сети производят по рабочим чертежам проекта электроустановки.

Вводы в здание заземляющих проводников выполняют не менее чем в двух местах. После монтажа заземлителей составляют акт на скрытые работы, указывая на чертежах привязки заземляющих устройств к стационарным ориентирам.

параллельно, а не последовательно, иначе при обрыве заземляющего проводника часть оборудования может оказаться незаземленной.

На подстанциях заземляют все элементы электрооборудования и металлические конструкции. Силовые трансформаторы заземляют гибкой перемычкой, изготовленной из стального троса. Перемычку с одной стороны приваривают к заземляющему проводнику, с другой — присоединяют к трансформатору с помощью болтового соединения. Разъединители заземляют через раму, плиту привода и опорный подшипник; корпус вспомогательных контактов — присоединением к шине заземления.

Если разъединители и приводы смонтированы на металлических конструкциях, то заземление выполняют путем приваривания к ним заземляющего проводника.

Предохранители на 6—10 кВ заземляют путем присоединения заземляющего проводника к фланцам опорных изоляторов, раме или металлической конструкции, на которой они установлены. Реакторы при горизонтальном расположении фаз заземляют путем присоединения заземляющих проводов к заземляющим болтам изоляторов. При вертикальном расположении фаз заземляют только опорные изоляторы низшей фазы. Во избежание перегрева реакторов заземляющие провода не должны образовать вокруг реакторов замкнутых контуров.

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ УСТАНОВОК

Защитное заземление — одна из наиболее распространенных мер защиты людей и животных от поражения электрическим током. По расположению относительно места нахождения заземляемого оборудования заземляющие устройства бывают выносные или контурные.

Заземлители изготавливают из угловой стали, металлических труб и стержней, стальных полос и т. д., а заземляющие проводники — из стальной проволоки или шины. В качестве заземляющих проводников могут быть использованы металлические конструкции производственного назначения (каркасы распределительных устройств), стальные трубы проводок, свинцовые и алюминиевые оболочки кабелей и др.

Каждый элемент электроустановки, подлежащий заземлению, присоединяют к заземлителю или заземляющей магистрали. Причем заземляющие проводники присоединяют к электрическим машинам и аппаратам болтами. Для заземления машин и аппаратов, установленных на передвижных электрифицированных машинах, используют гибкий медный провод с наконечником. *Заземляющие проводники, прокладываемые открыто, обычно окрашивают в черный цвет.*

В период эксплуатации наземную часть заземляющих устройств подвергают техническим осмотрам (уходам). При этом очищают заземляющие проводники и проверяют целостность цепи заземления. При необходимости разбирают и зачищают контакты в месте соединения заземляющих проводников и электрооборудования, восстанавливают поврежденную окраску элементов заземляющего устройства.

Периодичность проведения технических уходов составляет 3 месяца. Кроме этого, два раза в год рекомендуется измерять сопротивление заземляющих устройств в периоды наименьшей проводимости (летом — при наибольшем просыхании почвы и зимой — при ее наибольшем промерзании) . Допустимые значения сопротивлений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Допустимые значения сопротивлений

Электроустановка	Условия заземления	Допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств. Ом
Напряжение ниже 1000 В с глухозаземленной нейтралью	Заземление нейтрали генераторов или силовых трансформаторов	4
Напряжение ниже 1000 В с изолированной нейтралью	Повторное заземление нулевого провода То же, при питании от генераторов или трансформаторов мощностью не более 100 кВ·А	10 30
	Заземление электрооборудования То же, при питании от генераторов или трансформаторов не более 100 кВ·А	4 10

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦЕПИ ФАЗА - НУЛЬ

В четырехпроводных электрических сетях напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью металлические части электроустановок присоединяют к нулевому проводу. При пробое изоляции электрооборудования происходит замыкание цепи фаза — нуль, по которой протекает ток короткого замыкания. На пути тока короткого замыкания в цепи фаза — нуль — обмотка трансформатора устанавливают предохранитель или автомат, который отключает поврежденный участок сети.

В процессе эксплуатации периодически измеряют полное сопротивление петли фаза — нуль методом вольтметра-амперметра или измерителем сопротивления типа МС-08 или М-416, Измеренное полное сопротивление петли фаза — нуль сравнивают с допустимым, которое определяют по формуле

$$z_{\text{д}} = \frac{U_{\text{ф}}}{kI_{\text{н}}},$$

где $U_{\text{ф}}$ —фазное напряжение трансформатора, В;

$I_{\text{н}}$ — номинальный ток плавкой вставки или уставки автомата, А;

k —коэффициент прочности (для предохранителей $k = 3$, для автоматов с электромагнитным расцепителем $k = 1,4$ при $I_{\text{н}} = 100$ А и $k = 1,25$).

В процессе эксплуатации воздушных линий проводят периодические и внеочередные осмотры. К периодическим осмотрам относятся дневные, ночные, верховые и контрольные.

Дневные осмотры проводят не реже 1 раз в 6 месяцев для проверки состояния элементов ВЛ и её трассы. При этом подтягивают бандажи, восстанавливают нумера-

цию опор. Элементы линии, недоступные для осмотра с земли невооружённым глазом, монтер-обходчик осматривает в бинокль.

Ночные осмотры ВЛ проводят по мере необходимости для выявления свечения или искрения в местах неплотных соединений, а также для выявления дефектов ламп уличного освещения.

При выполнении дневных и ночных осмотров линии, обходчик не поднимается на опоры и линия не отключаются.

Однако не все дефекты могут быть выявлены в результате осмотра с земли. Поэтому не реже одного раза в 6 лет проводят верховой осмотр воздушных линий. Линию при этом отключают и заземляют. Во время верхового осмотра проверяют крепление изоляторов и арматуры, степени загрязнения изоляторов, состояние верхних частей опор, состояние соединений проводов и т.д..

Для контроля работы персонала, обслуживающего ВЛ, проверки выполнения противоаварийных мероприятий, проведения оценки состояния ВЛ и их трасс инженерно-технический персонал проводит выборочные контрольные осмотры линий. Внеочередные осмотры линий воздушных электропередачи проводят при наступлении гололёда, сильных морозов (менее - 40ЛС), после ледохода, разлива рек, при лесных и степных пожарах, а также после автоматического отключения линии. В процессе проведения осмотров ВЛ выявляются не все неисправности. Поэтому существующими правилами технической эксплуатации предусмотрено проведение следующих профилактических испытаний и измерений:

- 1) проверка состояния деревянных опор с определением степени загнивания отдельных деталей - не реже 1 раза в 3 года;
- 2) проверка состояния железобетонных опор и приставок с выборочным вскрытием грунта в зоне переменной влажности - 1 раз в 6 лет;
- 3) измерение расстояния от проводов ВЛ до пересекаемых сооружений и до земли - во всех случаях, когда возникают сомнения в соответствии требуемых расстояний;
- 4) измерение сопротивления заземления - не реже 1 раза в 6 лет.

С течением времени значение сопротивления заземления может изменяться. В основном это происходит из-за непостоянства удельного сопротивления грунта, которое в широких пределах изменяется от содержания влаги в почве. Кроме того, может изменяться сечение заземлителей, заземляющих проводников вследствие разрушения их коррозией или механических повреждений элементов заземляющих устройств. Сопротивление заземляющих устройств следует измерить в период наименьшей проводимости почвы: летом - при наибольшем просыхании почвы, - зимой - при наибольшем промерзании.

Сопротивление заземляющих устройств измеряют приборами: М-416 и МС-07.

Принцип действия прибора М-416 основан компенсационном методе измерения с применением вспомогательного токового заземлителя и потенциального электрода (зонда). Токовый зонд устанавливают для создания цепи переменного тока, получаемого от собственного электронного преобразователя постоянного тока батарей в переменный, через измеряемое заземляемое устройство. При помощи потенциального электрода создают вспомогательную цепь встречного компенсационного тока через испытуемый заземлитель. Путём измерения сопротивления (тока) во вспомогательной цепи создают режим полной компенсации и по положению движка реохорда делают отсчёт. Потенциальный зонд располагают на расстоянии 20-25м от спуска заземления.

Измерение сопротивления заземления прибором Ф 4103-М1

Для измерения сопротивления заземляющих устройств используют прибор Ф 4103-М1.

Схема подключения прибора приведена на рисунок 3.

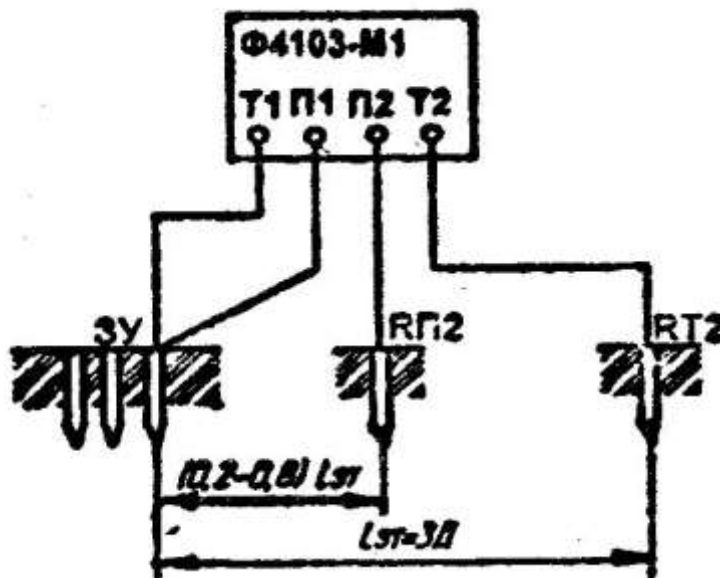


Рисунок 3 - Схема измерения сопротивления изоляции прибором Ф4103-М1

Провести измерение сопротивления заземляющих устройств следующего электрооборудования в лаборатории:

- испытательная камера;
- пульт управления;
- монтажный стол;
- трансформаторная подстанция;
- распределительное устройство напряжением 0,4 кВ.

Измерение прибором Ф4103-М1 проводят в следующем порядке:

- ознакомиться с расположением регуляторов и переключателей на панели управления;
- подключить к прибору щупы РП2 и РТ2 выведенные на лабораторный стол;
- проверить работоспособность прибора. Для этого, в положении КЛБ (загорается сигнальная лампа КП) переключателя установить «0» ручкой УСТ.0, нажать кнопку ИЗМ, установить стрелку на отметку «30»;
- установить необходимый диапазон («10»);
- перевести переключатель РОД РАБОТ в положение ИЗМ 11 и отсчитывать значение сопротивления по шкале 0-10.
- щупом ЗУ прикоснуться к металлическим частям заземленного оборудования и нажав кнопку ИЗМ считать показания прибора;
- результаты измерений занести в акт из и дать заключение о состоянии заземляющего устройства;

3.2.Методика выполнения работы.

3.1. Установить переключателем режимы работы в положении (контроль).

3.2. Отрегулировать прибор вращением движка реохорда и нажатием кнопки на панели прибора сопротивление 5 Ом.

3.3. Переключить прибор М-416 к потенциальному и токовому зондам.

3.4. Перевести переключатель рода работ в положение (хт).

3.5. Электродам, подключённым к клеммам 1-2 прибора, прикосаться к металлическим частям электрооборудования присоединённым к заземлению.

3.6. Для включения прибора нажать кнопку на панели и движком реохорда установить стрелку в нулевое положение. Цифры на потенциометре при нулевом положении стрелки соответствуют сопротивлению заземления.

3.7. Заполнить акт измерения сопротивления.

Таблица 1 - Результаты измерений

№ п/п	Название объекта	Величина сопротивления	Нормативное сопротивление	Заключение о соответствии сопротивления нормам
1...				
10				

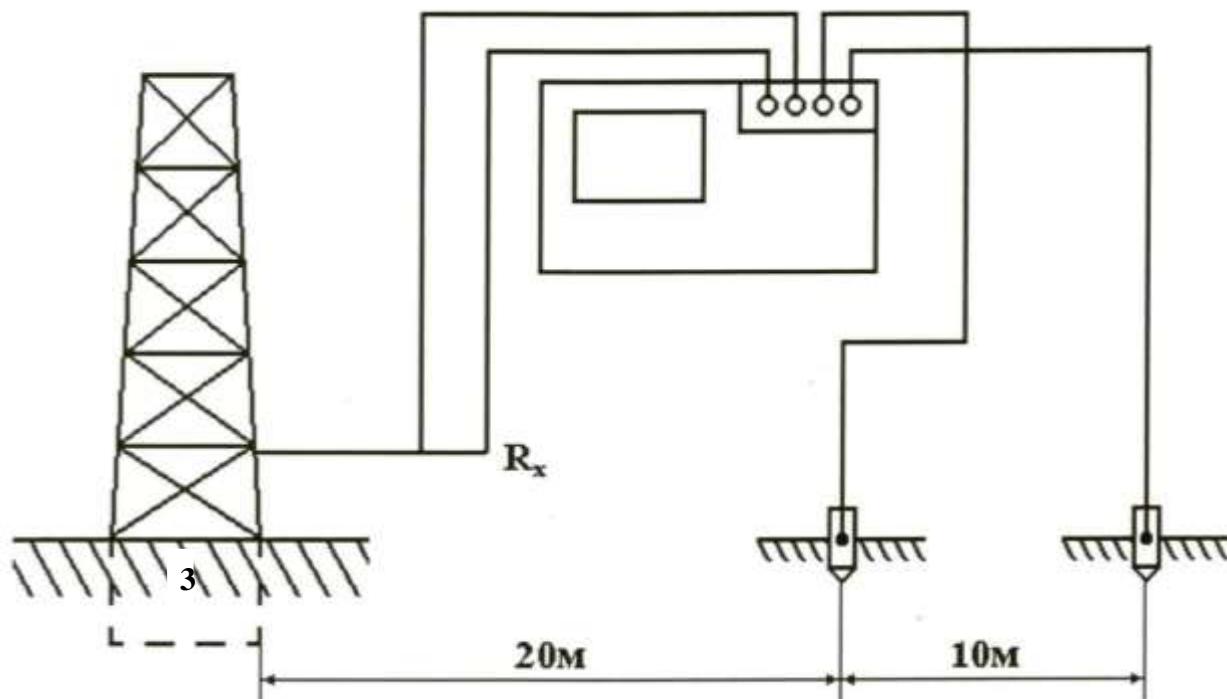


Рисунок 4 – Схема измерения сопротивления грунта прибором М-416.

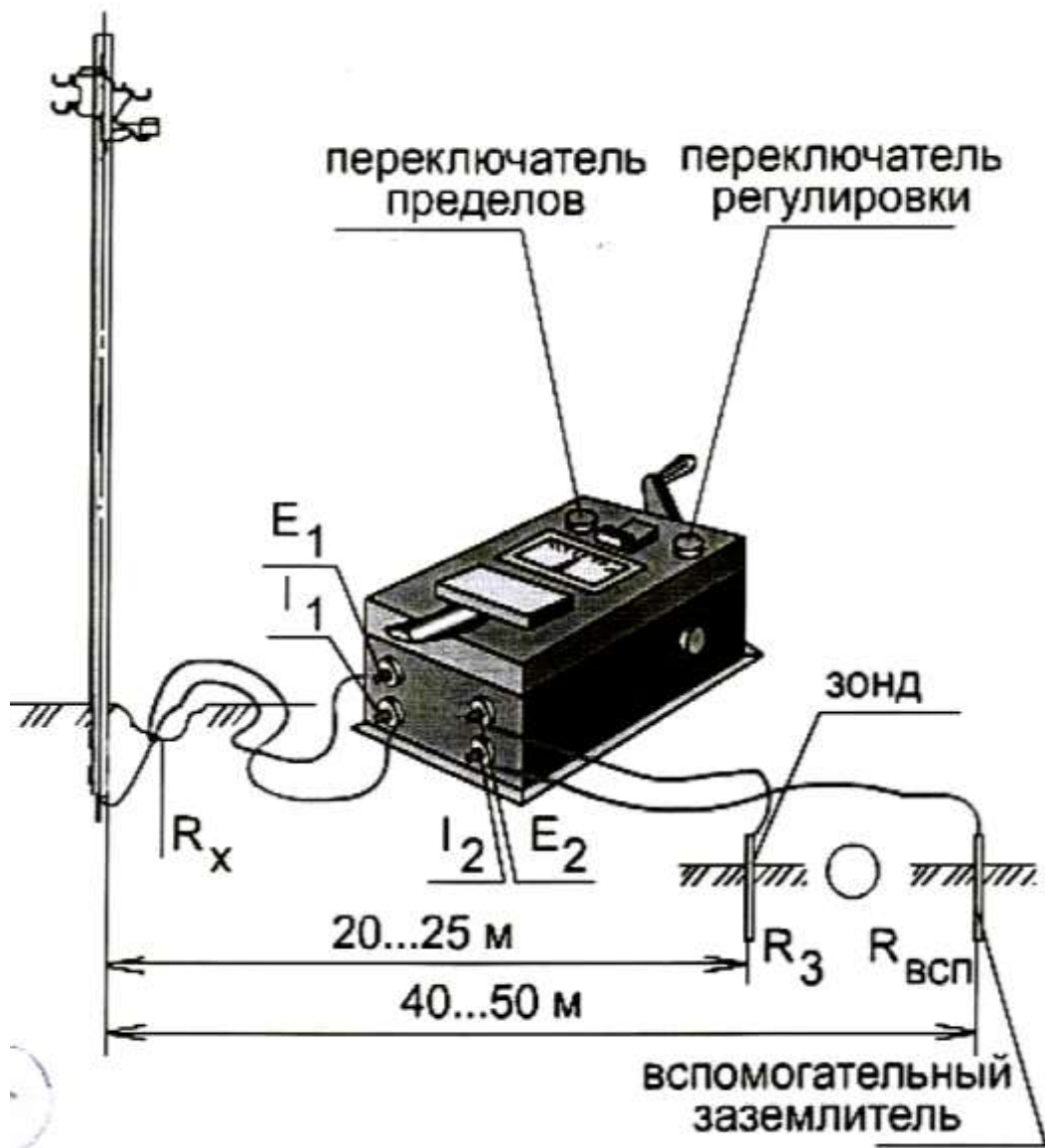


Рисунок 5 - Схема проведения измерений сопротивления одиночного заземления

11. Убрать рабочее место.
12. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель работы
2. Дать описание конструкции прибора М-416 и методики определения сопротивления заземления.
3. Измерить сопротивления заземления всех электроустановок лаборатории.
4. Составить акт измерения.
5. Сделать выводы.

5. Контрольные вопросы


1. Укажите в каких случаях проводят внеочередные осмотры воздушных линий.
2. Перечислите условия, при которых проводят измерение сопротивления заземления воздушных линий.
3. Укажите нормативное сопротивление заземления для токоприёмников напряжением 660 В; 380 В; 220 В.
4. Укажите марки приборов используемых для измерения сопротивления заземления.
5. Укажите порядок измерения сопротивления заземления прибором М-416.
6. Перечислите мероприятия проводимые при эксплуатации воздушных линий.
7. Укажите способы снижения сопротивления заземляющих устройств.

6. Список используемых источников

1. Алиев, И.И. Электротехнический справочник: учеб/ И.И. Алиев [и др.]. - М.: РадиоСофт, 2006. - 384с.
2. Воробьев, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учеб/ В.А. Воробьев. - Москва: « Колос», 2004. - 335с.
3. Правила устройства электроустановок. - ОАО «Полеспечать», 2006, - 638с. - 2000 экз. - ISBN 9986-683-10-06
4. ПТЭ и ТБ. - ОАО «Полеспечать», 2009, - 564с. - 5000 экз. - ISBN 998668309-2
5. Пястолов, А.А. Эксплуатация и ремонт электроустановок: учеб/ А.А. Пястолов [и др.]. - М.: Колос, 1984.-271с.
6. Янукович, Г.И. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования: учеб/ Г.И. Янукович.-Мн.: « Ураджай», 2000. - 395 с.

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 51

Тема: Техническое обслуживание, ремонт и испытание электрических машин

Цель: Провести техническое обслуживание, ремонт и испытание заданной электрических машин.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: Уайт-спирт, клей БФ-2, шкурка шлифовальная, набор ключей, пинцет, ветошь обтирочная, термометр, омметр Ф410, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, надфиль плоский, мегомметр, автоматические выключатели, вольтметр, ЛАТР, кисть, соединительные провода, технический вазелин, 1и 3-х фазные двигатели, коллекторные двигатели, киловольтметр, съёмник, молоток, набор щеток, трансформатор высокого напряжения, прибор К–50.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть ограждены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [4], с.66-74, [5], с.85-97.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Получить допуск к работе у преподавателя, предоставить на проверку заготовку отчета.
- 2.2 Освоить порядок ремонта электрических машин.
- 2.3. Описать порядок приемки в ремонт, разборки и выявления дефектов электродвигателей:
 - Приемка электрических машин в ремонт.
 - Временное хранение на складе неисправных машин.
 - Предремонтные работы
 - Разборка, демонтаж обмотки, чистка и дефектация.
- 2.4. Описать порядок ремонта деталей и узлов электродвигателя.
 - Порядок ремонта статора.
 - Порядок ремонта ротора.
 - Сушка электрических машин.

- 2.5. Описать порядок сборки и испытания отремонтированных электродвигателей.
- Порядок сборки короткозамкнутых асинхронных электродвигателей.
 - Испытания отремонтированных электродвигателей.
- 2.6. Провести техническое обслуживание и при необходимости ремонт короткозамкнутых трехфазных асинхронных электродвигателей. Выполнить все необходимые испытания (данные занести в таблицу–3.1).
- 2.7. Провести техническое обслуживание и при необходимости ремонт однофазных и коллекторных электродвигателей. Выполнить все необходимые испытания (данные занести в таблицу–3.2).
- 2.8. Сделать вывод о техническом состоянии всех проверенных электрических машин.
- 2.9. Опробовать исправные машины в работе.
- 2.10. Убрать рабочее место.
- 2.11. Ответить на контрольные вопросы.
- 2.12. Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

Правильно и своевременно произведенное техническое обслуживание и текущий ремонт электродвигателей позволяет значительно снизить вероятность отказа либо их неправильной работы.

В процессе эксплуатации электрических машин, возникает ряд неисправностей, которые приводят к выходу из строя отдельных деталей и механизмов, а также к выходу из строя самой машины. Учащиеся могут научиться быстро находить и устранять неисправности отдельных узлов электрических машин, а следовательно снизить простой электрооборудования, уменьшать количество бракованной продукции. В процессе профилактических испытаний проверяется техническое состояние частей электрической машины, выявляются неисправности, появившиеся в неблагоприятные периоды работы.

Асинхронные электродвигатели.

В сельском хозяйстве наиболее широко применяются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором различных серий. В соответствии с рисунком 1 показана конструкция электродвигателя.

Электрические машины, поступившие в ремонт, тщательно осматривают с целью полного выявления причин, характера и масштабов повреждения.

Машины повреждаются чаще всего из-за недопустимо длительной работы без ремонта, плохого эксплуатационного обслуживания или нарушения режима работы, на который они рассчитаны. Повреждения электрических машин бывают механические и электрические.

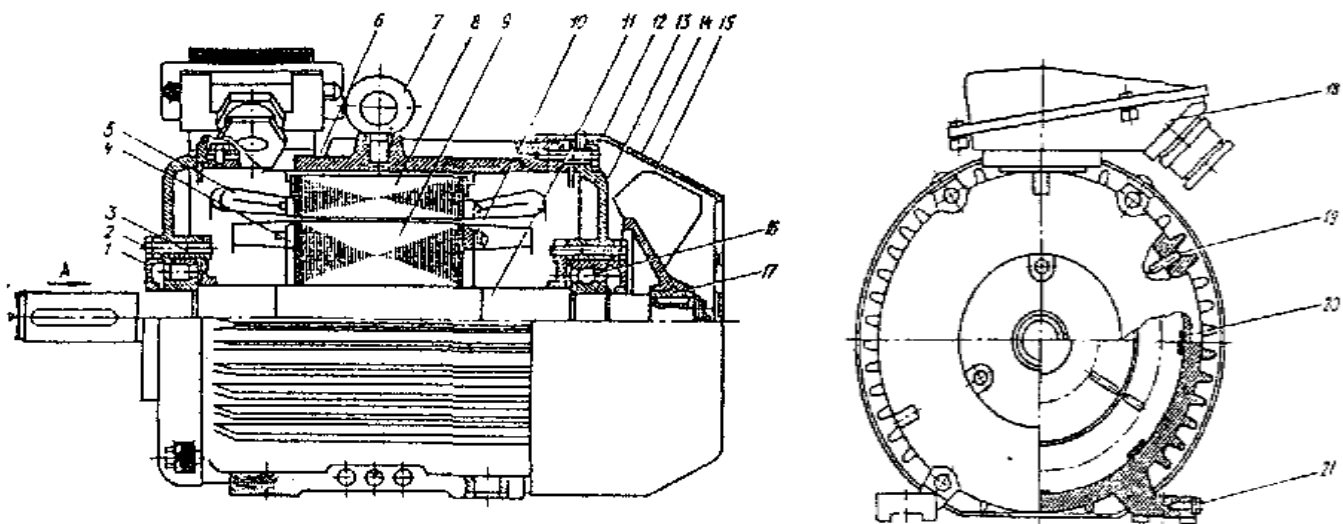


Рисунок 1-Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором.

1,3-наружная и внутренняя крышки подшипников; 2,16-подшипники качения; 4-замыкающее кольцо ротора с в вентиляционной лопаткой; 5,8-обмотка и сердечник статора; 6-станина; 7-рым-болт; 9-сердечник ротора; 10-балансировочный груз; 11,12,21-болты; 13-подшипниковый щит; 14-кожух; 15-наружный вентилятор; 17-втулка вентилятора; 18-коробка выводов; 19-стопорные винты; 20- скоба.

К механическим повреждениям относят:

- выплавку баббита в подшипниках скольжения;
- разрушение сепаратора, кольца, шарика или ролика в подшипниках качения;
- деформацию или поломку вала ротора (якоря);
- образование глубоких выработок ("дорожек") на поверхности коллекторов и контактных колец;
- ослабление крепления полюсов или сердечника статора к станине;
- разрыв или сползание проволочных бандажей роторов (якорей);
- ослабление прессовки сердечника ротора (якоря) и др.

К электрическим повреждениям относят:

- пробой изоляции на корпус;
- обрыв проводников в обмотке;
- замыкание между витками обмотки;
- нарушение контактов и разрушение соединений выполненных пайкой или сваркой;
- недопустимое снижение сопротивления изоляции вследствие ее старения, разрушения или увлажнения и др.

При обслуживании электродвигателя иногда обнаруживается вибрация. Возникает она в результате смещения линии валов агрегата при монтаже и ремонте или при просадке фундамента. Вибрация может возникнуть также в результате короткого замыкания внутри статорной обмотки, из-за чего создается асимметрия магнитного поля. Причиной вибрации может быть и плохая балансировка ротора в процессе ремонта. В этом случае нужно повторно произвести статическую и динамическую балансировку ротора.

Вибрацию электродвигателей измеряют с помощью ручного вибрографа ВР-1 или виброметра.

Вибрацию измеряют при нескольких значениях нагрузки электрической машины: при холостом ходе 50, 75 и 100% номинальной нагрузки и при максимально допустимой частоте вращения.

Работа электрооборудования неизбежно сопряжена с его постепенным износом и вследствие этого с необходимостью периодических ремонтов. Износ электрооборудования по характеру и вызывающим его причинам можно условно разделить на механический, электрический и моральный.

Механический износ электрооборудования происходит из-за длительных переменных или постоянных механических воздействий на его отдельные детали или сборочные единицы, в результате чего изменяются их первоначальные формы или ухудшаются качества, например, образование на поверхности коллектора электрической машины глубоких борозд - "дорожек", выработок.

Электрический износ - невосстановимая потеря электроизоляционными материалами электрооборудования изоляционных свойств. Электрически изнашиваются, например, фазовая изоляция электрических машин, изолирующие детали аппаратов и др. Устранение повреждений требует капитального ремонта электрооборудования,

Моральный износ - результат старения вполне исправного резервного или работающего электрооборудования, дальнейшая эксплуатация которого нецелесообразна из-за создания нового, технически более совершенного или более экономичного оборудования аналогичного назначения.

В случае появления поломки электрическую машину отправляют на ремонтный участок.

Если при ремонте необходимо снимать машину с фундамента и отсоединять ее от приводного механизма, то такой ремонт целесообразно выполнять в условиях специальной ремонтной мастерской (ремонтного предприятия).

При наличии следующих неисправностей электрические машины в ремонт не принимаются:

- электрическая машина разукomплектована;
- разбит корпус или щиток электрической машины;
- значительные повреждения активной части электрической машины;
- электрические машины, снятые с производства;
- синхронные двигатели до 100 кВт, воздушный зазор которых более заводского на 25% для двухполюсных и на 15% для многополюсных электрических машин;
- при отколе двух лап, расположенных с одной стороны электродвигателя, станина бракуется. Допускается прием в ремонт двигателей, в которых отбиты две лапки, расположенные по диагонали.

Последовательность проведения ремонта

1. Приемка электрических машин в ремонт.

1.1. Внешний осмотр электрических машин.

1.2. Анализ эксплуатационного журнала.

1.3. Вынесение решения по приемке в ремонт.

1.4. Составление ведомости дефектов.

1.5. Отправка принятой электрической машины на склад для временного хранения.

2. Хранение электрической машины, принятой в ремонт, на складе.

3. Предремонтные работы.
 - 3.1. Дефектация без разборки.
 - 3.2. Измерение сопротивления изоляции обмоток электрической машины.
 - 3.3. Испытание электрической прочности изоляции электрической машины.
 - 3.4. Проверка целостности подшипников, величины осевого разбега ротора (якоря), степени прилегания щеток к коллектору и контактными кольцам, степени вибрации вращающихся частей машин.
 - 3.5. Заполнение дефектационной карты.
4. Разборка электрической машины.
5. Промывка, очистка деталей электрических машин.
6. Дефектация электрических машин после их разборки.

3.2.Методика выполнения работы.

1. Провести техническое обслуживание и ремонт короткозамкнутых трехфазных асинхронных электродвигателей. Выполнить все необходимые испытания.

1.1.Провести техническое обслуживание.

- 1..1. Проверить температуру нагрева двигателя. Переносным термометром или на ощупь, рука выдерживает температуру нагрева не более 60⁰С.
- 1..2. Проверить отсутствие вблизи электродвигателя посторонних и пожароопасных предметов.
- 1..3. Проверить, чтобы электродвигатель запускался персоналом по инструкции и не работал на холостом ходу.
- 1..4. Проверить напряжения питания электродвигателя оно должно быть в пределах 95-110 % от номинального.
- 1..5. Проверить исправность защитных ограждений.
- 1..6. Провести наружную очистку электродвигателя.
- 1..7. Измерить сопротивление изоляции обмоток электрической машины в такой последовательности:

Убеждаются в отсутствии напряжения в проверяемой обмотке и присоединенных к ней цепях;

Проверяют исправность мегаомметра: устанавливают его горизонтально, присоединяют провода к зажимам и, замкнув их накоротко, вращают ручку мегаомметра. При замкнутых концах стрелка на шкале прибора должна находиться на нуле, а при разомкнутых - на знаке, обозначающем бесконечность;

Убедившись в исправности прибора, касаются концами проводов, присоединенных к его зажимам, одного из выводов обмотки и не соединенной с ней металлической части машины;

О состоянии изоляции судят по показаниям прибора. Отсчет показаний по шкале проводят после того, как стрелка прибора займет устойчивое положение.

Величину сопротивления изоляции между отдельными обмотками проверяют аналогично, с тем отличием, что второй конец провода прибора подключают не к корпусу электрической машины, а к контакту ее второй обмотки.

1.1.8. Проверить целостность подшипников, величину осевого разбега ротора, степени вибрации вращающихся частей машин. Проверку на целостность подшипников, величину осевого разбега ротора проводят на холостом ходу по наличию характерного звука и вибрации вращающихся частей машины. Однотонный звук средней высоты свидетельствует об исправности подшипника. Если же слышатся высокие

звуки с "поскрипыванием", треском, - это свидетельство начала разрушения подшипника. Ротор должен иметь возможность свободно перемещаться на несколько миллиметров в осевом направлении - осевой разбег.

1.2. Провести текущий ремонт электродвигателей.

1.2.1. Провести все операции текущего ремонта.

1.2.2. Проверить целостность обмоток.

1.2.3. Проверить комплектацию деталей.

1.2.4. Разобрать электрическую машину.

➤ Удалить полумуфты с вала. С вала машины следует вывернуть стопорный винт или выбить шпонку, фиксирующие соединительную деталь с валом. При снятии этих деталей используют двух- или трехлапчатые съемники.

➤ Снять боковые крышки.

➤ Произвести выем ротора из статора машины. Для выема ротора из статора следует подать ротор в сторону переднего щита (крышки) и вывести щит из зажима. Далее, поддерживая ротор, вывести его из статора.

➤ Снять передний щит (крышку) с подшипника ротора, насаженного на вал, легкими ударами мягкого молотка по подставке (можно использовать выколотку), предварительно отвернув болты крепления подшипниковой крышки.

➤ Снять подшипники качения с вала.

➤ Промыть и очистить детали.

➤ Провести дефектацию после их разборки. Визуально проверяют наличие трещин, сколов и деформаций корпуса, состояние резьбовых отверстий, крепление сердечника в корпусе, наличие распушения крайних листов и выгорания отдельных листов сердечника, наличие коррозии. Статор бракуется и не подлежит ремонту при наличии откола более двух лап, наличии сквозных трещин в корпусе, выгорании одного или нескольких зубцов на длину более 50 мм или 1/3 длины сердечника, увеличении воздушного зазора более чем на 15% (25% - для двухполюсных машин) и при значительном повреждении сердечника. При дефектации подшипниковых щитов. Признаками брака являются трещины и отколы в щите и на посадочных поверхностях, а также откол крепежных приливов. При дефектации вентилятора и его кожуха, визуально проверяют целостность поверхностей, отсутствие изломов, вмятин и других механических повреждений. Проверяют наличие трещин, надрывов возле головок болтов, деформации шпилек, состояние резьбы и наличие защитных покрытий. Признаками брака являются повреждение более 20% ниток резьбы, трещины и надрывы у головок болтов, уменьшение диаметра шпилек и болтов из-за коррозии более чем на 10%.

1.2.5. Провести смазку. Смазкой заполняются пустоты в самом подшипнике, остальная ее часть должна образовать защитный слой, который предохранит подшипник от загрязнения. Все щели в уплотнениях и жировые канавки должны быть заполнены смазкой при сборке.

1.2.6. Собрать электродвигатель.

1.3. Провести необходимые испытания.

1.3.1. Измерить сопротивление изоляции обмоток статора относительно корпуса и между фазами обмоток.

1.3.2. Измерить омическое сопротивление обмоток в холодном состоянии.

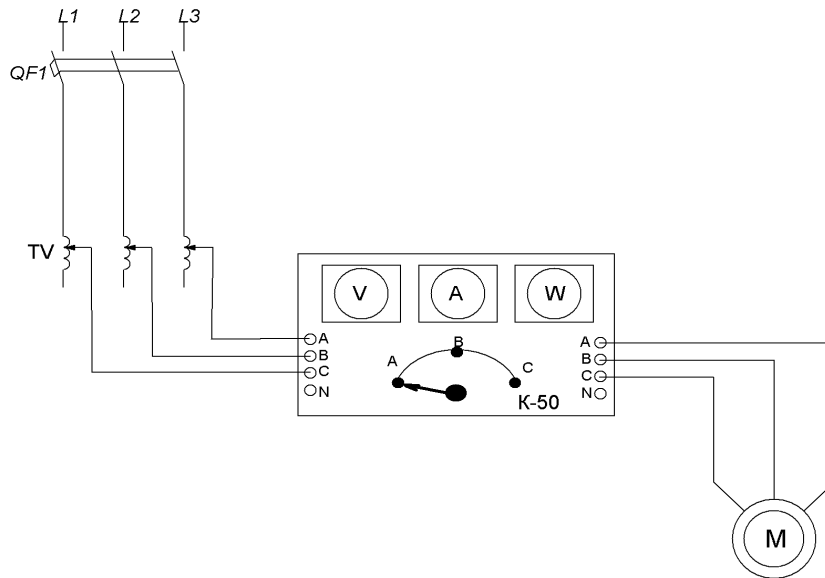


Рисунок 2- Схема проведения испытаний асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором на холостом ходу и при заторможенном роторе.

1.3.3. Провести испытание машины на холостом ходу, рисунок 2., измерить ток, мощность и напряжение по фазам.

1.3.4. Испытать электрическую прочность изоляции напряжением 1000В, в течение 1 минуты, относительно корпуса и между фазами, рисунок 3.3.

1.3.5. Провести испытание машины при заторможенном роторе, рисунок.2., испытание проводится при пониженном напряжении ($0.2-0.3U_n$), измерить ток, мощность и напряжение по фазам. При определении значений показания рассчитать для U_n .

1.3.6. Измерить температуру нагрева двигателя при работе под нагрузкой.

1.4. Заполнить таблицу 1.

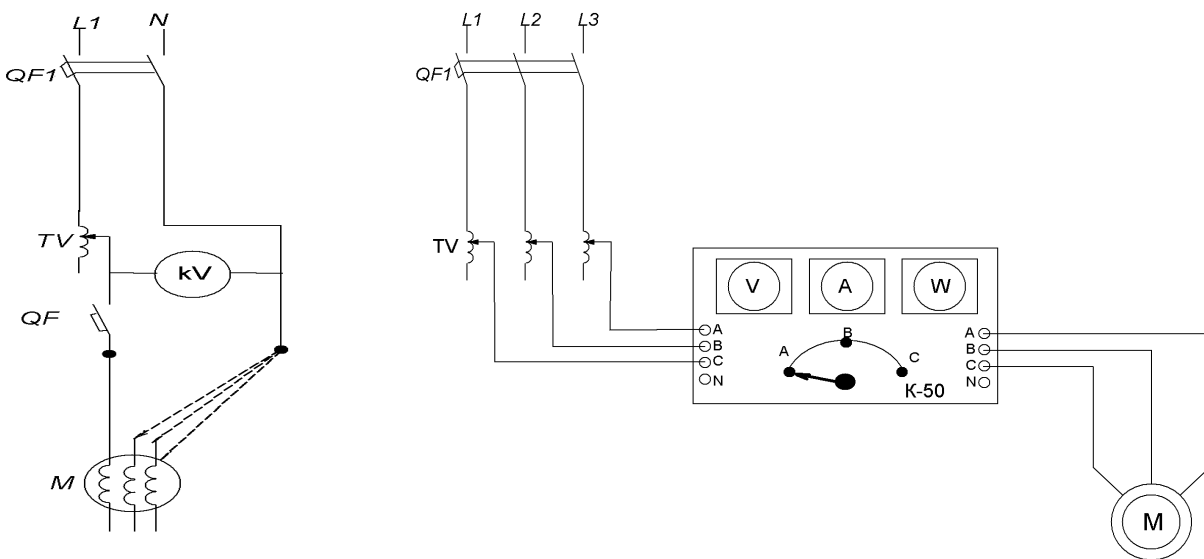


Рисунок 3- Схема проведения испытаний электрической прочности витковой изоляции асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

Таблица 1- Дефектационные карты электродвигателя.

Ведомость дефектов электродвигателя при ТО.							
Температура наиболее нагретых частей, °С	Напряжение питания двигателя, Ун.	Сопротивление изоляции, Мом.					
		Фазы А-В	Фазы А-С	Фазы С-В	Корпус-фаза А	Корпус-фаза В	Корпус-фаза С
Обнаружены также следующие видимые дефекты:							
Карта дефектации электродвигателя при ТР.							
Электродвигатель серии:							
Комплектация машины, %.							
Состояние статора							
Состояние подшипников							
Состояние крепёжных деталей							
Состояние обмотки фазы А							
Состояние обмотки фазы В							
Состояние обмотки фазы С							
Видимые дефекты							
Данные проведенных испытаний.							
Сопротивление изоляции, Мом.	Фаза А-В			Корпус-фаза А			
	Фаза А-С			Корпус-фаза В			
	Фаза В-С			Корпус-фаза С			
Сопротивление обмоток, Ом.		Фаза А		Фаза В		Фаза С	
Опыт холостого хода.		U, В.		I, А.		P, кВт.	
Опыт короткого замыкания.		U, В.		I, А.		P, кВт.	
Испытание электрической прочности изоляции. (- +)		Фаза А-В		Фаза А-С		Корпус- А,В,С	
Паспортные данные двигателя.							

2. Провести техническое обслуживание и ремонт однофазных электродвигателей. Выполнить все необходимые испытания.

2.1. Провести техническое обслуживание.

2.1.1. Выполнить пункты 1.1.1–1.1.8.

2.1.2. Осмотреть щетки и коллектор, при необходимости отшлифовать коллектор и притереть щетки рисунок 4.

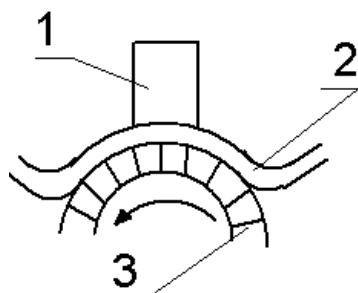


Рисунок 4- Порядок притирания щеток к коллектору.

1–щетка; 2–стеклянная шкурка; 3–коллектор.

2.2. Провести текущий ремонт.

2.2.1. Выполнить пункты 1.2.1–1.2.5.

2.2.2. Провести продорозивание коллектора.

2.2.3. Определить пусковую и рабочую обмотку (рабочая обладает большим сопротивлением).

2.2.4. Убедиться в отсутствии искрения щеток.

2.3. Провести необходимые испытания. Выполнив пункты 1.3.1–1.3.4.

3. Заполнить таблицу 2.

Таблица 2. Данные проведённых испытаний и измерений.

Тип двигателя	Напряжение питания двигателя, Ун.	Сопротивление изоляции, Мом.		
		Пусковая и рабочая обмотки	Корпус и рабочая обмотка	Корпус и пусковая обмотка
Температура наиболее нагретых частей, °С				
Комплектация машины, %.				
Состояние статора				
Состояние якоря (ротора)				
Состояние подшипников				
Состояние крепёжных деталей				
Сопр. пусковой обмотки, Ом.				
Сопр. рабочей обмотки, Ом.				
Состояние коллектора				
Видимые дефекты				
Опыт холостого хода.		U, В.	I, А.	P, кВт.
Испытание электрической прочности изоляции. (– +)		Пусковая и рабочая обмотки	Корпус и рабочая обмотка	Корпус и пусковая обмотка

4. Убрать рабочее место.

5. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель работы
2. Устройство и назначение электрических машин.
3. Необходимые рисунки и таблицы.
4. Порядок приемки в ремонт, разборки и выявления дефектов электродвигателей.
5. Порядок ремонта деталей и узлов электродвигателя.
6. Порядок сборки и испытания отремонтированных электродвигателей.
7. Вывод о техническом состоянии всех проверенных машин.

5. Контрольные вопросы

1. Какова величина допустимого сопротивления изоляции между обмоткой и корпусом ЭМ напряжением до 1 кВ?
 1. менее 1,0 МОм;
 2. не более 1,0 МОм;
 3. не менее 0,5 МОм;
 4. не более 0,5 МОм
2. Укажите основные неисправности, при которых электродвигатели не принимаются в ремонт.
 1. Повреждена окраска электродвигателя.
 2. Разукомплектована присоединительная коробка.
 3. Электрическая машина разукомплектована.
 4. Значительные повреждения активной части электрической машины.
 5. Обнаружено замыкание обмотки электродвигателя на корпус.
 6. Разбит корпус или щиток электрической машины.
 7. Электрическая машина снята с производства.
 8. Отсутствует шпонка в полумуфте.
 9. Асинхронные двигатели до 100 кВт, воздушный зазор которых более заводского на 25% для двухполюсных и на 15% для многополюсных электрических машин.
 10. Обнаружен обрыв обмотки статора электродвигателя.
3. Укажите правильную последовательность операций по приемке электродвигателя в ремонт.
 - a) Проверить состояние присоединительной коробки.
 - b) Проверить состояние щеток и контактных колец.
 - c) Анализ эксплуатационного журнала.
 - d) Составление ведомости дефектов.
 - e) Произвести внешний осмотр.
 - f) Проверить полумуфту сцепления.
 - g) Проверить осевой ход вала.
 - h) Оправка электрической машины на склад временного хранения

4.

По имеющимся признакам и неисправностям сердечников электрических машин определить характер дефектов.			
Чрезмерный нагрев сердечника с бумажной изоляцией, появление ржавых пятен на поверхности пакета сердечника. Глухой шум и вибрация электрической машины.	1.	a.	Нарушение межлистовой изоляции
Повышение уровня шума при работе электродвигателя, увеличенная вибрация.	2.	b.	Распушение торцевых пакетов стали
Отгибание зубцов на крайних пластинах статора	3.	c.	Оплавление отдельных пакетов стали
Отдельные участки стали (концы зубцов) оплавлены, повреждены обмотки.	4.	d.	Ослабление прессовки пакетов сердечника
Нагревание сердечника, выгорание бумажной изоляции, некоторые зубцы пластин отломились.	5.	e.	Ослабление посадки пакетов на валу

5. Закладку смазки в подшипник качения производят...

1. заполняя все свободное пространство подшипника;
2. заполняя 2/3 свободного пространства подшипника;
3. заполняя 1/2 свободного пространства подшипника;
4. заполняя только щели в уплотнениях подшипника.

6. Какой вывод можно сделать при измерении величины сопротивления междуфазной изоляции обмоток двигателя мегаомметром, если величина измеренного сопротивления близка к нулю?


1. Произошел обрыв обмоточного провода одной из фаз электродвигателя.
2. Изоляция обеих фаз находится в удовлетворительном состоянии.
3. Произошло замыкание на корпус.
4. Произошло междуфазное короткое замыкание.

6. Список используемых источников

1. Алиев, И.И. Электротехнический справочник: учеб/ И.И. Алиев [и др.]. - М.: РадиоСофт, 2006. - 384с.
2. Воробьев, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учеб/ В.А. Воробьев. - Москва: «Колос», 2004. - 335с.
3. Правила устройства электроустановок. - ОАО «Полеспечать», 2006, - 638с. - 2000 экз. - ISBN 9986-683-10-06
4. ПТЭ и ТБ. - ОАО «Полеспечать», 2009, - 564с. - 5000 экз. - ISBN 998668309-2
5. Пястолов, А.А. Эксплуатация и ремонт электроустановок: учеб/ А.А. Пястолов [и др.]. - М.: Колос, 1984.-271с.
6. Янукович, Г.И. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования: учеб/ Г.И. Янукович.-Мн.: «Ураджай», 2000. - 395 с.

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 52

Тема: Техническое обслуживание, ремонт и испытание трансформаторов

Цель: Освоить методику проведения технического обслуживания, ремонта и испытаний силовых и измерительных трансформаторов.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: Шкурка шлифовальная, набор ключей, пинцет, ветошь обтирочная, термометр, омметр Ф410, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, надфиль плоский, мегомметр, автоматические выключатели, вольтметры, ЛАТР, кисть, соединительные провода, технический вазелин, силовой трансформатор, гальванометр, трансформаторы тока и напряжения, источник постоянного тока, трансформатор 220/12В, амперметры, обмоточный провод.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть ограждены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

К эксплуатации при проведении ремонта силовых трансформаторов необходимо прежде всего соблюдать правила пожарной безопасности, так как трансформаторное масло — это пожаро и взрывоопасный материал. Горючими и легковоспламеняющимися являются и большинство изоляционных материалов: лаки, лакоткани, бумага, дерево и т. п.

Полностью собранный трансформатор можно поднимать только за специальные подъемные скобы или рым-болты, приваренные к стене бака. Нельзя поднимать собранный трансформатор за кольца выемной (активной) части. Перемещаясь, трансформаторы надо осторожно, чтобы не повредить кожух, изоляторы и т.п.

Механизмы, приспособления и инструменты, употребляемые при погрузочно—разгрузочных работах, должны быть исправны и соответствовать рабочей нагрузке. Ремонт или даже частичные работы на поднятом и неопущенном на рабочее место трансформаторе недопустимо.

В период ремонта и после него трансформаторы подвергаются межоперационному контролю и послеремонтным испытаниям. Место контроля должны быть специально огорожено и иметь на входных дверях блокировку, которая отключает питание испытательных установок при открытии дверей.

При испытаниях трансформаторов используют установки высокого напряжения, имеющие повышенную опасность, поэтому на них должны работать электромонтеры с квалификационной группой по технике безопасности не менее III и IV.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [6], с.103-112.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1. Получить допуск к работе у преподавателя, предоставить на проверку заготовку отчета.
- 2.2. Освоить порядок ухода и ремонта силовых трансформаторов.
- 2.3. Описать порядок проведения надзора и ухода за силовыми трансформаторами:
 - проверки уровня масла.
 - проверки состояния кожухов и маслосборного устройства.
 - проверки состояния ошинок кабелей, отсутствие чрезмерного нагрева контактов.
 - проверки состояния сигнализации и пробивных предохранителей.
 - проверки характера гудения.
 - проверки состояния трансформаторного помещения.
- 2.4. Описать порядок приемки в ремонт, разборки и выявления дефектов трансформаторов.
 - 2.4.1. Порядок приемки в ремонт.
 - 2.4.2. Порядок проведения предварительных испытаний.
 - 2.4.3. Порядок разборки трансформатора.
 - 2.4.4. Порядок выявления дефектов переключателя.
 - 2.4.5. Порядок определения дефектов магнитопровода.
- 2.5. Описать порядок ремонта наружных узлов трансформаторов.
 - 2.5.1. Порядок ремонта вводов.
 - 2.5.2. Порядок ремонта переключателей.
 - 2.5.3. Порядок ремонта расширителей.
 - 2.5.4. Порядок ремонта бака, арматуры и радиаторов.
- 2.6. Провести внешний осмотр силового трансформатора и выявить имеющиеся дефекты (данные занести в таблицу–1).
- 2.7. Провести техническое обслуживание и текущий ремонт, измерительных трансформаторов. Выполнить все необходимые испытания (данные занести в таблицу–2).
- 2.8. Провести перемотку обмотки трансформатора напряжения на заданное согласно варианта напряжение (смотри таблицу–3).
- 2.9. Сделать вывод о техническом состоянии всех проверенных трансформаторов.
- 2.10. Убрать рабочее место.
- 2.11. Ответить на контрольные вопросы.
- 2.12. Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

Силовые трансформаторы

Силовые трансформаторы являются важнейшими элементами электрической установки, сети и системы. Силовые трансформаторы служат для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого (более высокого или низкого) напряжения при неизменной частоте.

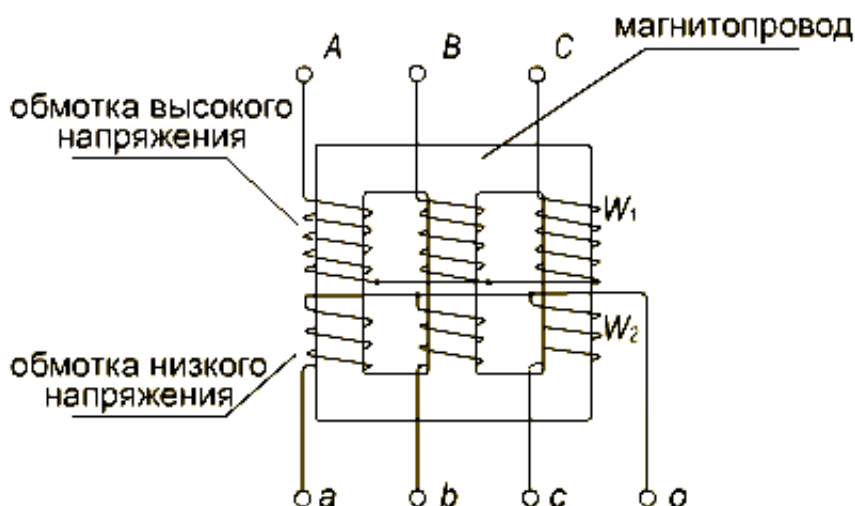


Рисунок 1- Устройство силового трансформатора.

Внешний осмотр

В объем эксплуатационно-профилактических работ входят систематические внешние осмотры и проверки. Плановые осмотры ТП делают в дневное время по утвержденному графику и обычно без снятия напряжения.

При осмотрах проверяется состояние всех наружных частей трансформатора.

Значительное количество отказов силовых трансформаторов происходит из-за дефектов изготовления его элементов и неудовлетворительной эксплуатации.

При внешнем осмотре выявляются основные дефекты, возникающие при изготовлении трансформаторов:

- неудовлетворительное качество изоляции;
- обрывы в месте присоединения обмоток;
- механические повреждения переключающего устройства и др.

Основными эксплуатационными причинами, приводящими к повреждениям (отказам) трансформаторов, являются:

- загрязнение выводов;
- трещины на изоляторах;
- ухудшение качества масла;
- ослабление контактов выводов в месте присоединения обмоток;
- неудовлетворительные контакты в месте соединения вводной шпильки и шины;
- повреждения бака и утечки масла;
- недопустимые перегрузки и др.

Техническое обслуживание - комплекс работ для поддержания исправного состояния и работоспособности электрооборудования в процессе эксплуатации. Техническое обслуживание подразделяется на два вида:

- производственное техническое обслуживание;

- межремонтное техническое обслуживание.

Производственное обслуживание осуществляет в процессе эксплуатации персонал, обслуживающий электрооборудование, и электромонтеры. При этом электромонтеры очищают трансформатор от пыли и грязи, регулируют крепления, осматривают его и устраняют мелкие неисправности.

Межремонтное техническое обслуживание (ТО) выполняют электромонтеры электротехнической службы. В объем ТО входят:

- операции производственного технического обслуживания;
- проверка заземления;
- проверка степени нагрева;
- проверка отсутствия ненормальных шумов при работе;
- выявление и устранение мелких неисправностей.

Весь комплекс работ по текущему обслуживанию выполняет персонал электротехнической службы организации (или хозяйства).

В объем текущего ремонта трансформаторов входят операции технического обслуживания (очистка трансформатора от пыли и грязи, осмотр и устранение мелких неисправностей, а также проверка заземления, степени нагрева, отсутствия ненормальных шумов при работе), демонтаж, транспортировка, дефектация, разборка электрооборудования и его ремонт, кроме ремонта базовых узлов (обмотки, магнитопровод и т. д.).

Дефектация трансформатора - это определение неисправности, повреждения основных элементов: обмоток, вводов, высоковольтного переключателя и магнитопровода. Дефектация изоляции трансформатора является самым трудным процессом при проведении текущего ремонта. Состояние изоляции обмоток и вводов определяют по сопротивлению. Путем внешнего осмотра выявляют трещины и сколы в вводах; оплавления и выгорания в переключателе; замыкания листов сердечника магнитопровода и пр.

Дефекты (повреждения) межлистовой изоляции

Дефекты (повреждения) межлистовой изоляции могут быть вызваны вследствие повреждения и естественного износа (старения) изоляции.

Признаки повреждения межлистовой изоляции: оплавление листов активной стали, появление цвета пабежалости и ржавчины на стали, перекося стержней.

"Пожар" в стали

"Пожар" в стали возникает при:

- замыкании между листами сердечника;
- замыкании сердечника со стяжными шпильками.

Местные замыкания листов могут быть вызваны:

- наличием посторонних металлических или токопроводящих частиц на магнитопроводе трансформатора;
- выпадением на ярмо осадков из корродирующего расширителя;
- наличием влаги в трансформаторном масле;
- разрушением изоляции листов электротехнической стали сердечника и стяжных шпилек в результате местных нагревов;
- вибрации активной части из-за недостаточного крепления и плохого качества сборки.

3.2.Методика выполнения работы.

1. Произвести внешний осмотр силового трансформатора и выявить имеющиеся дефекты.

- 1.1. Проверить уровень и температуру масла; его соответствие отметкам на расширителе или маслоуказателе;
- 1.2. Проверить чистоту и целостность изоляторов;
- 1.3. Проверить состояние кабелей и ошиновки;
- 1.4. Проверить чистоту поверхности кожуха; отсутствие подтеков масла;
- 1.5. Проверить обмотку;
 - 1.5.1.Состояние витковой изоляции (визуально);
 - 1.5.2. Убедиться в отсутствие деформации и смещения обмоток в радиальном и осевом направлениях относительно магнитопровода и относительно одна другой;
 - 1.5.3.Проверить состояние паек на обмотках и соединений на анцапфном переключателе;
 - 1.5.4. Проверить состояние охлаждающих каналов между обмотками, а также между обмоткой НН и магнитопроводом.
- 1.6. Проверить изоляционные и дистанционные детали: цилиндры, перегородки, прокладки. Для определения состояния изоляции, например электрокартона, из нескольких мест вырезают образец в виде полоски, которую сгибают под прямым углом и затем свободно складывают вдвое без сдавливания места сгиба. Если при полном сгибании вдвое электрокартона не ломается, изоляция хорошая (свежая); если при полном сгибании образуются трещины, изоляция удовлетворительная; когда при полном сгибании изоляция ломается, она ограничено годная; изоляция, которая ломается при сгибе до прямого угла, негодная.
- 1.7. Проверить магнитопровод.
 - 1.7.1. Проверить отсутствие отслаивания листов активной стали;
 - 1.7.2.Проверить отсутствие цветов побежалости и ржавчины на стали;
 - 1.7.3.Проверить качество шихтовки (отсутствие перекоса стержней, увеличенных зазоров в местах стыков);
 - 1.7.4.Проверить состояние изоляции стяжных шпилек и ярмовых балок; качество прессовки активного железа. Состояние изоляции стяжных шпилек и ярмовых балок оценивают по значению сопротивления изоляции их относительно магнитопровода. Сопротивление изоляции измеряется мегомметром на 1—2,5 кВ. оно должно быть не ниже 10 МОм.
- 1.8. Заполнить таблицу 1.

Таблица 1 - Дефектовочная ведомость силовых масляных трансформаторов

Уровень и температура масла	
Целость изоляторов	
Состояние кабелей и ошиновки	
Состояние поверхности кожуха	
Состояние витковой изоляции	

Состояние изоляционных деталей	
Состояние магнитопровода	
Качество шихтовки	
Состояние изоляции стяжных шпилек и ярмовых балок, МОм.	
Качество прессовки активного железа	

2. Провести техническое обслуживание и текущий ремонт, измерительных трансформаторов. Выполнить все необходимые испытания.

2.1. Провести внешний осмотр измерительных трансформаторов

2.1.1. Проверить фарфоровую изоляцию, надежность крепления выводов вторичных обмоток.

2.1.2. Проверить надежность контакта всех соединений.

2.2. Проверить состояние изоляции обмоток, главной изоляции мегаомметром на 2500 В и изоляции вторичных обмоток относительно корпуса и между собой мегаомметром на 500 – 1000 В.

2.3. Определить полярность обмоток трансформатора тока рисунок 2. Если маркировка трансформатора соответствует указанной на схеме, то стрелка гальванометра должна отклониться вправо.

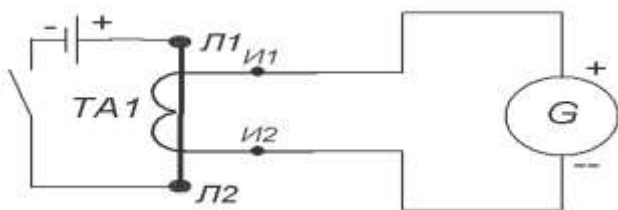


Рисунок 2- Схема определения полярности трансформатора тока

2.4. Измерить коэффициент трансформации трансформатора тока рисунок 3.

2.5. Измерить коэффициент трансформации трансформатора напряжения рисунок 4.

2.6. Измерить сопротивление первичной и вторичной обмотки.

2.7. Заполнить таблицу 2.

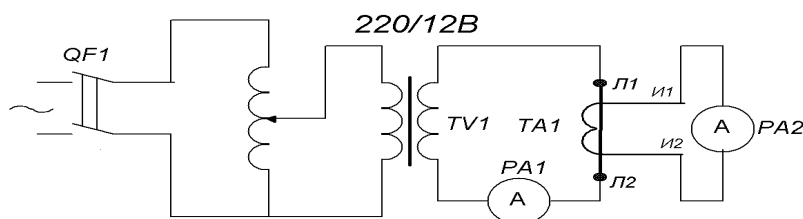


Рисунок 3- Схема определения коэффициента трансформации трансформатора тока.

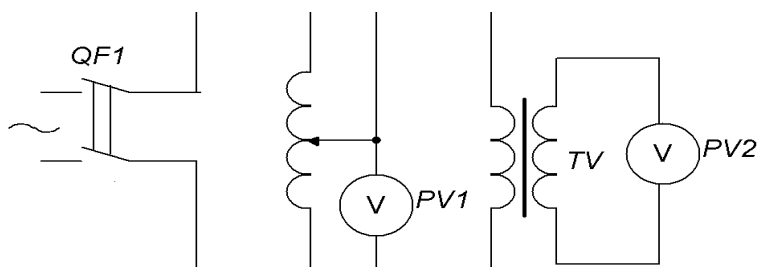


Рисунок 4- Схема определения коэффициента трансформации трансформатора напряжения.

Таблица 2 - Данные испытаний измерительных трансформаторов.

		Трансформатор тока	Трансформатор напряжения
Тип			
Сопротивление изоляции, Мом.	Между первичной и вторичной обмоткой.		
	Между первичной обмоткой и корпусом.		
	Между вторичной обмоткой и корпусом.		
Сопротивление первичной обмотки Ом.			
Сопротивление вторичной обмотки Ом.			
1 измерение	РА1/ PV1		
	РА2/PV2		
2 измерение	РА1/ PV1		
	РА2/PV2		
3 измерение	РА1/ PV1		
	РА2/PV2		
Коэффициент трансформации	рассчитанный		
	по паспорту		
погрешность			

3. Провести перемотку обмотки трансформатора напряжения на заданное напряжение.

- 1.1. Удалить вторичную обмотку с трансформатора напряжения.
- 1.2. Выбрать из таблицы 3. величину вторичного напряжения.

Таблица 3. Варианты заданий для перемотки трансформаторов напряжения.

№ рабочего звена	1	2	3	4	5	6
Вторичное напряжение, В.	12	24	36	9	6	3

- 1.3. Намотать на вторичную обмотку 30 витков.
- 1.4. Собрать трансформатор, включить и измерить вторичное напряжение.
- 1.5. Составив пропорцию рассчитать необходимое число витков для получения необходимого напряжения.
- 1.6. Намотать необходимое число витков и собрать трансформатор.
- 1.7. Заполнить бланк паспортных данных для полученного трансформатора (см. рисунок 5.)

Трансформатор напряжения типа: _____
Первичное напряжение: _____ В
Вторичное напряжение: _____ В
W1 = _____ шт.; W2 = _____ шт.;
Коэффициент трансформации: _____

Рисунок 5-Бланк паспортных данных трансформатора.

4. Убрать рабочее место.
5. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель работы
2. Устройство и назначение силовых и измерительных трансформаторов.
3. Необходимые рисунки и таблицы.
4. Порядок проведения надзора и ухода за силовыми трансформаторами.
5. Порядок приемки в ремонт, разборки и выявления дефектов трансформаторов.
6. Порядок ремонта наружных узлов трансформаторов.
7. Паспортные данные намотанного трансформатора.
8. Вывод о техническом состоянии всех трансформаторов.

5. Контрольные вопросы

1. Потрескивание и необычный шум трансформатора указывают на...
 1. высокую температуру в трансформаторном помещении;
 2. низкую температуру трансформатора;
 3. повреждения трансформатора;
 4. недогрузку трансформатора

2.

Укажите, какие нарушения характерны для элементов силового трансформатора?			
Маслоуказатель расширителя	1.	a.	Течь масла.
Кожух трансформатора	2.	b.	Уровень масла ниже уровня контрольных отметок.
Ошиновка и кабели	3.	c.	Чрезмерный нагрев в местах соединения.

3. Укажите, какие проверки относятся к надзору и уходу за силовыми трансформаторами?

1. проверка уровня масла;
2. проверка состояния обмоток;
3. проверка состояния кожухов и маслобornoго устройства;
4. проверка состояния активной части;
5. проверка состояния ошиновок, кабелей и сети заземления;
6. проверка состояния сигнализации и пробивных предохранителей;
7. проверка характера гудения трансформатора;
8. проверка состояния магнитопровода.

4. На что указывает уменьшение сопротивления изоляции вводов при проведении предварительных испытаний до разборки трансформатора?

1. на внутренние дефекты переключателя;
2. на внутренние дефекты вводов;
3. на внутренние дефекты магнитопровода.

5. Расположите действия по порядку выполнения.

1. Расшиhtовка ярма магнитопровода.
2. Снятие обмотки высокого напряжения.
3. Снятие вводов.
4. Снятие ярмовых балок.
5. Снятие обмотки низкого напряжения.
6. Снятие крышки бака.
7. Снятие изоляционного цилиндра.

6. Укажите, какие из указанных ниже проверок могут выявить внутренние повреждения силового трансформатора?

1. проверка уровня масла;
2. проверка состояния сигнализации;
3. проверка состояния проводов;
4. проверка состояния остова трансформатора;
5. проверка кабелей и сети заземления;
6. проверка состояния вводов;
7. проверка состояния кожухов и маслоборного устройства;
8. проверка состояния ошиновок;
9. проверка характера гудения;
10. проверка состояния трансформаторного помещения.

6. Список используемых источников

1. Алиев, И.И. Электротехнический справочник: учеб/ И.И. Алиев [и др.]. - М.: РадиоСофт, 2006. - 384с.

2. Воробьев, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учеб/ В.А. Воробьев. - Москва: « Колос», 2004. - 335с.

3. Правила устройства электроустановок. - ОАО «Полеспечать», 2006, - 638с. - 2000 экз. - ISBN 9986-683-10-06

4. ПТЭ и ТБ. - ОАО «Полеспечать», 2009, - 564с. - 5000 экз. - ISBN 998668309-2

5. Пястолов, А.А. Эксплуатация и ремонт электроустановок: учеб/ А.А. Пястолов [и др.]. - М.: Колос, 1984.-271с.

6. Янукович, Г.И. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования: учеб/ Г.И. Янукович.-Мн.: « Ураджай», 2000. - 395 с.

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов

Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии



М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 53

Тема: Техническое обслуживание и ремонт машин постоянного тока и коллекторных двигателей

Цель: Провести техническое обслуживание, ремонт и испытание машин постоянного тока и коллекторных двигателей.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: Уайт-спирт, клей БФ-2, шкурка шлифовальная, набор ключей, пинцет, ветошь обтирочная, термометр, омметр Ф410, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, надфиль плоский, мегомметр, автоматические выключатели, вольтметр, ЛАТР, кисть, соединительные провода, технический вазелин, 1и 3-х фазные двигатели, коллекторные двигатели, киловольтметр, съемник, молоток, набор щеток, трансформатор высокого напряжения, прибор К-50.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть ограждены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [12] с 223-276, [13] с 16-32.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Пройти входной контроль.
- 2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4 Убрать рабочее место.
- 2.5 Ответить на контрольные вопросы.
- 2.6 Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

В машинах постоянного тока статор является индуктором, который состоит из магнитопроводящей станины 8 (рисунок 1), главных полюсов 24 с обмотками возбуждения и добавочных полюсов 26. Обмотки последних соединены последовательно с обмоткой 19 якоря. Добавочные полюсы создают магнитное поле, пропорциональное полю обмотки якоря, и тем самым компенсируют его действие на поле главных полюсов. В результате улучшается коммутация и уменьшается искрение под щетками. Полюсы крепят к станине винтами 9.

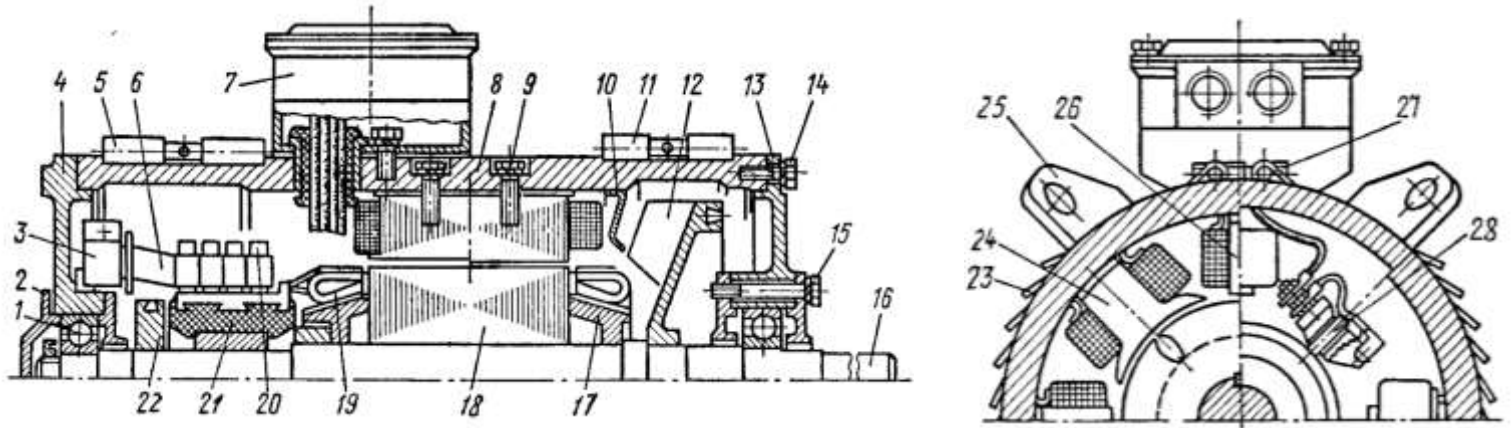


Рисунок 1— Двигатель постоянного тока:

1 — подшипники, 2 — подшипниковые крышки, 3 — щеточная траверса, 4 — щит, 5 — защитные ленты, 6 — бракетеры, 7 — коробка, 8 — станина, 9, 27 — винты, 10 — диффузор, 12 — вентилятор, 14, 15 — болты, 16 — вал, 17 — нажимные кольца, 18 — сердечник, 19 — обмотка, 20 — щетка, 21 — коллектор, 22 — балансировочное кольцо, 23 — жалюзи, 24 — главные полюсы, 25—проушина, 26 — добавочные полюсы, 28 — щеткодержатель

С торцов станины выполнены центрирующие заточки для щитов 4,13 с подшипниками 1, которые крепятся винтами 14. Подшипниковые крышки 2 крепят болтами 15.

В якоре машины имеется рабочая обмотка 19, уложенная в пазы сердечника 18, который набран из листов электротехнической стали на валу и спрессован нажимными кольцами 17. Кольца одновременно служат опорами для лобовых — выступающих за пределы сердечника — частей обмотки. Концы секций присоединяют к пластинам коллектора 21, который представляет собой кольцо, собранное из медных изолированных друг от друга пластин, плотно спрессованных и залитых пластмассой. Пластмасса соединяет пластины со стальной втулкой, которая служит для посадки коллектора на вал 16.

На переднем щите 4 закреплена щеточная траверса 3 с бракетами 6, на которых установлены щеткодержатели 28 с щетками 20. Для осмотра коллектора и доступа к щеткам в машине имеются люки, которые закрыты защитными лентами 5,11. В лентах прорезаны щели для входа и выхода воздуха. Концы лент обертывают вокруг валиков. При вращении винтов 21 ленты притягиваются к корпусу. В верхней части ленты имеются жалюзи 23 для защиты машины от падающих сверху и под углом к вертикали капель. Выводы от обмоток расположены в коробке 7. Ротор балансируют установкой грузиков в виде ласточкина хвоста в кольцо 22 со стороны коллектора и в канавку на вентиляторе 12.

Выводы обмоток машин постоянного тока маркируют латинскими буквами А — обмотка якоря, В — вспомогательного полюса, С — компенсационная, Д — последовательного возбуждения, Е — параллельного возбуждения, F — независимого возбуждения и т. д. Начала обмоток обозначаются цифрой 1, например А1, концы — цифрой 2, например А2

Скользящий контакт с коллектором и контактными кольцами осуществляется с помощью щеток 7 (рисунок 2), которые могут свободно перемещаться в радиальном направлении в гнездах щеткодержателя 8. Щетки прижимаются к коллектору пружинами 6 через рычажок 5. Ток отводится от щетки через гибкий канатик 4, сплетенный из тонких медных проволочек и заделанный в ее тело. С помощью хомутика 2 на оси 3 с винтом 1 щеткодержатели закрепляют на изолированных пальцах 9 (рисунок 2.б) поворотной многолучевой траверсы 10. После установки траверсы в нужное положение ее закрепляют на щите винтом 11.

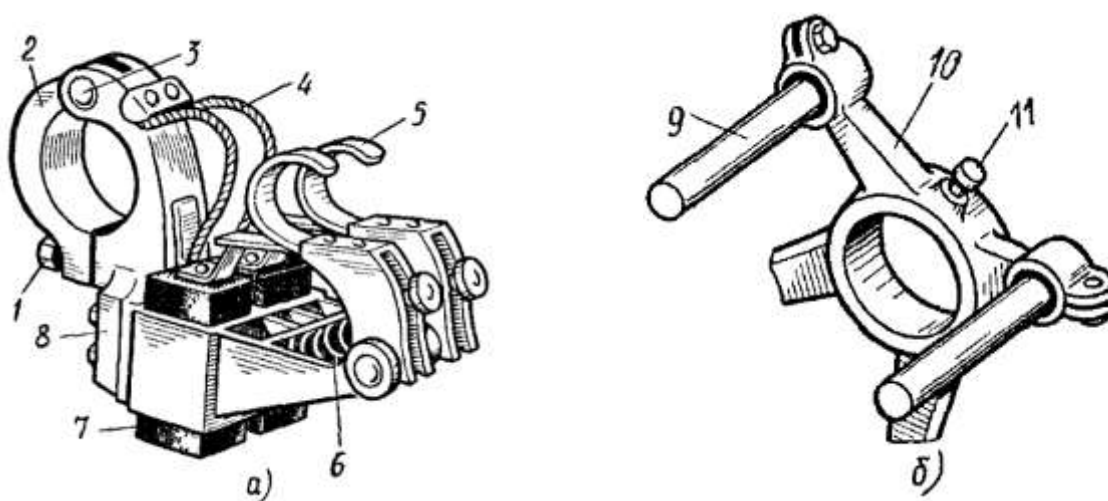


Рисунок 2— а—двоенный радиальный щеткодержатель; б— траверса.

При испытании обмоток якорей проверяют электрическую прочность изоляции, отсутствие междувитковых замыканий, качество пайки и правильность присоединения концов обмоток к коллектору.

Отсутствие междувитковых замыканий можно определить несколькими способами. В производстве широко используют способ испытательных электромагнитов. Сущность способа заключается в том, что на электромагниты 1 (рисунок 3.а), имеющие обмотку, устанавливают якорь 2. Обмотка электромагнита питается переменным током 50 Гц. При прохождении по обмотке электрического тока создается магнитный поток который замыкается через якорь. Если в обмотке якоря имеется междувитковое замыкание, то в замкнутых витках потечет ток большой силы и вызовет их нагрев. Междувитковое замыкание также можно обнаружить, если провести по пазам якоря стальной пластиной. При прохождении паза с короткозамкнутыми витками она притянется к ним (рисунок 3, б). Способом испытательных электромагнитов можно проверять якоря небольших габаритов, а также якоря с петлевой и волновой обмотками.

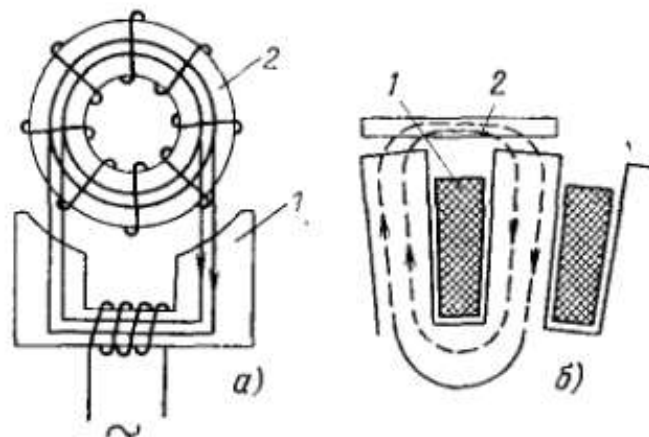


Рисунок
замкнутых

а — способом испытательных электромагнитов; б — собой стальной пластины.

3— Определение витков:

Согласно правила технической эксплуатации электроустановок потребителей машины постоянного тока подвергаются следующим испытаниям:

1. Оценка состояния обмоток. Значение сопротивления изоляции обмоток при их температуре 20°C должно быть не менее: машины напряжением 230В—1,85Мом; машины напряжением 460В—3,7Мом;

Сопротивление изоляции обмоток измеряется относительно корпуса при номинальном напряжении обмотки до 500 В мегаомметром на напряжение 500 В, при номинальном напряжении обмотки выше 500 В - мегаомметром на напряжение 1000 В. Значение коэффициента абсорбции должно быть не менее 1,2.

2. Измерение сопротивления изоляции бандажей. Сопротивление изоляции бандажей измеряется относительно корпуса и удерживаемых им обмоток вместе с соединенными с ними цепями и кабелями. Должно быть не менее 0,5Мом.

3. Измерение сопротивления постоянному току. Измерения производятся при практически холодном состоянии машины. Измеренное значение не должно отличаться от исходных значений более чем на: обмотки возбуждения—2%; обмотка якоря (между коллекторными пластинами)—10%.

4. Проверка работы машины на холостом ходу. Производится не менее 1 ч. оценивается рабочее состояние машины.

5. Определение пределов регулирования частоты вращения. Производится на холостом ходу и под нагрузкой у электродвигателей с регулируемой частотой вращения.

3.2.Методика выполнения работы.

4. Провести техническое обслуживание и ремонт однофазных и коллекторных электродвигателей. Выполнить все необходимые испытания.

4.1. Провести техническое обслуживание.

1..8. Проверить температуру нагрева двигателя. Переносным термометром или на ощупь, рука выдерживает температуру нагрева не более 60°C .

1..9. Проверить отсутствие вблизи электродвигателя посторонних и пожароопасных предметов.

1..10. Проверить, чтобы электродвигатель запускался персоналом по инструкции и не работал на холостом ходу.

1..11. Проверить напряжения питания электродвигателя оно должно быть в пределах 95-110 % от номинального.

- 1..12. Проверить исправность защитных ограждений.
- 1..13. Провести наружную очистку электродвигателя.
- 1..14. Измерить сопротивление изоляции обмоток электрической машины в такой последовательности:

- убеждаются в отсутствии напряжения в проверяемой обмотке и присоединенных к ней цепях;

- проверяют исправность мегомметра: устанавливают его горизонтально, присоединяют провода к зажимам и, замкнув их накоротко, вращают ручку мегомметра. При замкнутых концах стрелка на шкале прибора должна находиться на нуле, а при разомкнутых - на знаке, обозначающем бесконечность;

- убедившись в исправности прибора, касаются концами проводов, присоединенных к его зажимам, одного из выводов обмотки и не соединенной с ней металлической части машины;

- о состоянии изоляции судят по показаниям прибора. Отсчет показаний по шкале проводят после того, как стрелка прибора займет устойчивое положение.

Величину сопротивления изоляции между отдельными обмотками проверяют аналогично, с тем отличием, что второй конец провода прибора подключают не к корпусу электрической машины, а к контакту ее второй обмотки.

1.1.8. Проверить целостность подшипников, величину осевого разбега ротора, степени вибрации вращающихся частей машин. Проверку на целостность подшипников, величину осевого разбега ротора проводят на холостом ходу по наличию характерного звука и вибрации вращающихся частей машины. Однотонный звук средней высоты свидетельствует об исправности подшипника. Если же слышатся высокие звуки с "поскрипыванием", треском, - это свидетельство начала разрушения подшипника. Ротор должен иметь возможность свободно перемещаться на несколько миллиметров в осевом направлении - осевой разбег.

1.1.9. Осмотреть щетки и коллектор, при необходимости отшлифовать коллектор и притереть щетки рисунок 4.

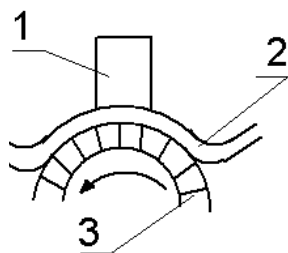


Рисунок 4- Порядок притирания щеток к коллектору.
1-щетка; 2-стеклянная шкурка; 3-коллектор.

4.2. Провести текущий ремонт.

4.2.1. Выполнить пункты 1.1.1–1.1.5.

4.2.2. Провести продороживание коллектора.

4.2.3. Определить пусковую и рабочую обмотку (рабочая обладает большим сопротивлением).

4.2.4. Убедиться в отсутствии искрения щеток.

4.3. Провести необходимые испытания.

1.3.1. Измерить сопротивление изоляции обмоток статора относительно корпуса и между фазами обмоток.

1.3.2. Измерить омическое сопротивление обмоток в холодном состоянии.

1.3.3. Провести испытание машины на холостом ходу, измерить ток, мощность и напряжение.

5. Заполнить таблицу 1.

Таблица 1. Данные проведённых испытаний и измерений.

Тип машины							
Температура наиболее нагретых частей, °С	Напряжение питания двигателя, Ун.	Сопротивление изоляции, Мом.					
		Пусковая и рабочая обмотки		Корпус и рабочая обмотка		Корпус и пусковая обмотка	
Комплектация машины, %.							
Состояние статора							
Состояние якоря (ротора)							
Состояние подшипников							
Состояние крепёжных деталей							
Сопр. пусковой обмотки, Ом.							
Сопр. рабочей обмотки, Ом.							
Состояние коллектора							
Видимые дефекты							
Опыт холостого хода.		U, В.		I, А.		P, кВт.	
Испытание электрической прочности изоляции. (- +)		Пусковая и рабочая обмотки		Корпус и рабочая обмотка		Корпус и пусковая обмотка	

6. Провести текущий ремонт и испытание двигателя постоянного тока (Согласно вышеописанных методик). Данные испытаний и проверок занести в таблицу 2.

7. Провести проверку подложенных преподавателем якорей. Методику проверки смотри в теоретических сведениях. Данные проверок занести в таблицу 3.

Таблица 2. Данные проведённых испытаний и измерений.

Тип двигателя							
		Сопротивление изоляции, Мом.					
Пусковая и рабочая обмотки		Корпус и рабочая обмотка		Корпус и пусковая обмотка			
Состояние статора							
Состояние якоря							
Сопр. пусковой обмотки, Ом.							
Сопр. рабочей обмотки, Ом.							
Состояние коллектора							
Видимые дефекты							
Опыт холостого хода.		U, В.		I, А.		P, кВт.	
Ток обмотки возбуждения, А							

Таблица 3. Данные проведённых проверок якорей.

Габаритные размеры якоря		Обнаруженные неисправности	Способ обнаружения
Дина, мм	Диаметр вала, мм		

5. Убрать рабочее место.

6. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель работы
2. Устройство и назначение машин постоянного тока и коллекторных двигателей.
3. Необходимые рисунки и таблицы.
4. Порядок приемки в ремонт, разборки и выявления машин постоянного тока и коллекторных двигателей.
5. Паспортные данные коллекторного двигателя.
6. Вывод о техническом состоянии коллекторных двигателей.

5. Контрольные вопросы

1. Работы выполняемые при техническом обслуживании машин постоянного тока?
2. Работы, выполняемые при текущем ремонте двигателей с фазным ротором?
3. В чем заключается уход за коллектором, контактными кольцами и щетками?
4. В чем сущность технического обслуживания и текущих ремонтов электродвигателей постоянного тока?

6. Список используемых источников

1. Правила устройства электроустановок. -М.: Энергоатомиздат, 1987
2. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. -М.: Агропромиздат, 1987
3. Эксплуатация и ремонт электроустановок. / Под редакцией Пястолова А.А. -М.: Колос, 1976
4. Янукович Г.И., Янукович Д.Г., Ермолаев В.С. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования. -Мн.: Ураджай, 2000
5. Пястолов А.А., Мешков А.А., Вахрамеев А.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. -М.: Колос, 1981
6. Баран А.Н., Качан Н.Г., Шедько А.М. Технология электромонтажных работ. -Мн.: Дизайн ПРО, 2000

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа №54

Тема: Якоря, магнитные катушки, щеткодержатели электромашин - ремонт и замена.

Цель: Изучить принцип работы и ремонта машин постоянного тока .

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: ручной монтажный инструмент, провода ,стенд монтажный, машины постоянного тока электромонтажный инструмент, методические рекомендации, учебная литература.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

1. Находится непосредственно на своём рабочем месте.
2. Соблюдать правила поведения в электромонтажной мастерской.

3. Не отвлекать учащихся с других рабочих мест от работы.
4. Не производить никаких переключений на соседних местах.
5. Соблюдать осторожность при пользовании мастерским инструментом.
6. Подавать напряжение на схему только с разрешения мастера производственного обучения.
7. Все изменения в схемах производить только после снятия напряжения.
8. Не прикасаться к оголённым участкам проводов.

Категорически запрещается:

подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;

- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [12], с.223-276 [13], с.16-32
- 1.2 Изучите инструкцию по технике безопасности.
- 1.2 Подготовьте бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Получить допуск у преподавателя предоставить на проверку заготовку отчёта.
 - 2.2. Изучить общие сведения об машинах постоянного тока .
 - 2.3. Записать и зарисовать схемы и рисунки.
 - 2.4. Записать краткие теоретические сведения об магнитных катушках.
 - 2.5. Выполнить индивидуальное задание.
 - 2.6. Сдать инструмент, оборудование.
 - 2.7. Убрать рабочее место.
11. Оформить отчёт.

3. Методические указания.

- 3.1 Теоретические сведения.

Поскольку у коллекторных электродвигателей сопоставление электромагнитных полей происходит из-за постоянного переключения роторных обмоток (коллекторные щетки), то механическая причина потери электрического контакта в коллекторе является наиболее распространенной. Принцип действия коллекторных двигателей описан в предыдущей статье, а ниже будет дано несколько советов по ремонту и замене контактов ротора (якоря).



Рисунок 1- Ротор (якорь) коллекторного электродвигателя

В различных автономных электроинструментах, кухонных электроприборах и в детских игрушках часто используется коллекторный двигатель **постоянного тока**. Питание данных электродвигателей осуществляется постоянным напряжением, поступающим от аккумуляторов, выпрямителей, или управляющих контроллеров. Не всегда наличие напряжения указывает на работоспособность источника питания (аккумулятор может быть посажен), поэтому следует также проверять ток коллектора и всей цепи при включении коллекторного электродвигателя.

Кратко об устройстве коллекторных электродвигателей

В коллекторных электродвигателях магнитные поля статора и ротора взаимодействуют под углом, максимально выгодным для придания валу момента вращения. Датчиком угла поворота (положения ротора) и одновременно системой переключения являются коллекторные щетки на роторе. Система катушек с магнитопроводами, создающая результирующее электромагнитное поле для придания момента называется якорем.

Принцип устройства электродвигателя постоянного тока



Рисунок 2- Принцип действия коллекторного электродвигателя на примере двигателя постоянного тока.

В большинстве коллекторных электродвигателей якорем является ротор, электромагнитное поле которого «цепляется» за магнитные поля магнитов или статорных обмоток возбуждения. Поэтому под словом «якорь» часто понимают ротор коллекторного двигателя, так как переключение обмоток статора является более сложным и менее эффективным.

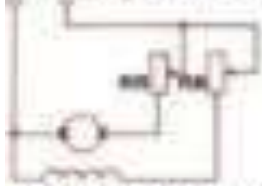
Коллекторные электродвигатели постоянного тока с магнитами используются в основном в детских игрушках и в электроприводных устройствах автомобилей. Для создания мощного магнитного поля и более сильного крутящего момента применяют катушки возбуждения, которые подключаются несколькими способами:

- Последовательное соединение (ток коллектора и катушек возбуждения равен). Преимуществом является большой максимальный момент, который, впрочем, может стать недостатком на холостом ходу, раскручивая вал коллекторного электродвигателя до критически высоких оборотов;
- Параллельное соединение. Преимуществом является хорошая стабильность оборотов ротора коллекторного двигателя при изменении нагрузки на валу, но максимальный момент меньше, по сравнению с последовательным возбуждением;
- Смешанное возбуждение, при котором одна часть обмоток ротора и статора подключается последовательно, а другая – параллельно. Самый популярный пример применения смешанного возбуждения в коллекторных электродвигателях – автомобильный стартер;
- Независимое возбуждение, при котором ток коллектора ротора и статора регулируется отдельно. Применяется в мощных коллекторных электродвигателях на электровозах.

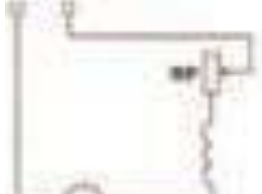
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ:

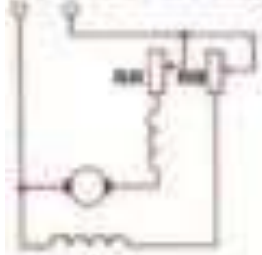
а) параллельным возбуждением



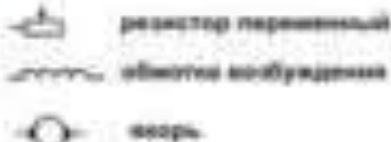
б) последовательным возбуждением



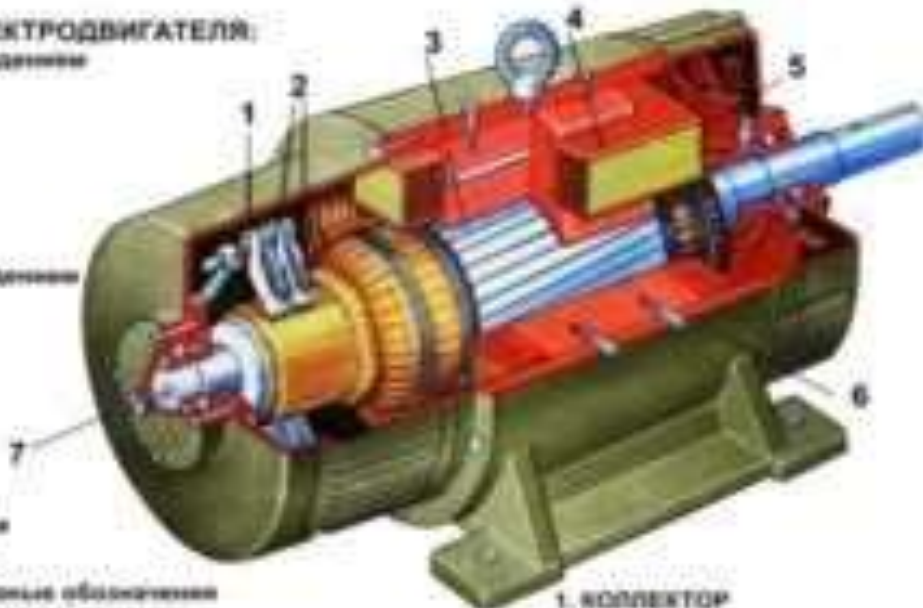
в) смешанным возбуждением



условные обозначения на электрических:



RR, RB, RP - реостаты регулируемые



- 1. КОЛЛЕКТОР
- 2. ЩЕТИ
- 3. ЯКОРЫ
- 4. ПОЛОСНОЙ НАКОНЕЧНИК
- 5. ВЕНТИЛЯТОР
- 6. КОРПУС
- 7. ПОДШИПНИКОВЫЙ ШИТ

Рисунок 3 - Схемы подключения катушек возбуждения в двигателе постоянного тока

Оставляя в стороне теорию, следует заметить, что коллекторные электродвигатели постоянного тока с последовательным возбуждением могут также работать от переменного напряжения, по сути, являясь **универсальными**. Данные двигатели имеют дополнительный вывод для подключения переменного напряжения и нашли широкое применение в различных электроинструментах, благодаря «гибким» характеристикам изменения скорости оборотов и момента вращения.

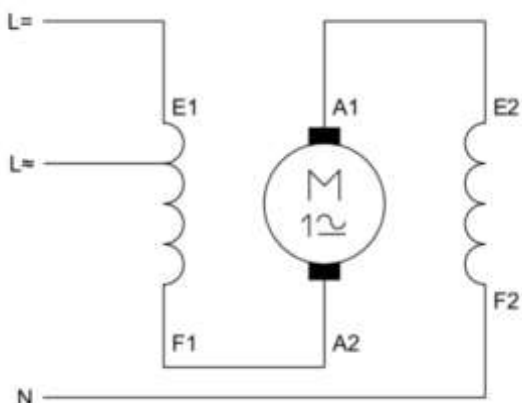


Рисунок 4 - Схема подключения катушек возбуждения и обозначение универсального коллекторного двигателя

Проверка катушек возбуждения

Исходя из устройства коллекторного электродвигателя, поиск неисправностей можно условно разделить на проверку катушек возбуждения (или постоянных магнитов) и обмоток ротора. При ремонте двигателей постоянного тока с магнитами следует обращать на них внимание в поисках трещин, так как они ухудшают напряженность магнитного поля, что снижает общие характеристики электродвигателя.



Рисунок 5- Разрез коллекторного двигателя с постоянными магнитами

Проверку катушек возбуждения производят омметром, проверяя их проводимость, а также мегомметром, исключая пробой на корпус. Поскольку межвитковое замыкание в витках катушки возбуждения выявить крайне трудно, пользуясь только мультиметром, то используют косвенные методы, проверяя цвет проводов обмоток на наличие следов перегрева или видимых повреждений. Зная точное сопротивление катушек возбуждения из паспорта электродвигателя, можно сопоставить данные с результатами измерений омметром.



Рисунок 6- Статорные катушки возбуждения

Поскольку межвитковое замыкание в витках катушек возбуждения является редкой неисправностью, то ограничиваются только проверкой данных обмоток, перенося внимание на проверку и ремонт якоря электродвигателя. Якорь коллекторного двигателя можно условно разделить на несколько частей:

- Обмотки ротора с магнитопроводами;
- Коллектор, состоящий из щеток и контактных пластин (ламели);

- Вал с подшипниками.



Рисунок 7 - Устройство якоря электродвигателя

Осмотр механики коллекторного двигателя

При ремонте любого электродвигателя следует проверять свободный ход вала, который зависит от износа подшипников. Продолжительное инерционное вращение ротора, отсутствие скрежета, скрипов, радиального и осевого биения вала указывает на хорошее качество подшипников при поиске причины чрезмерного нагрева коллекторного электродвигателя. Убедившись в исправности механики, можно проверять электрическую составляющую электродвигателя.

Во многих электроинструментах двигатель не защищен от попаданий мелких предметов

Профилактика и ремонт щеток

В коллекторных электродвигателях контактные щетки издают шум при нормальной работе, поэтому при ручном тестировании свободного хода вала двигателя необходимо уметь различать характер издаваемых щетками звуков. Характерные щелчки и шорох должны быть равномерными, без хаотичного скрежета и заклинивания. Очень часто причиной потери электрического контакта является механическое заклинивание контактных щеток коллектора.

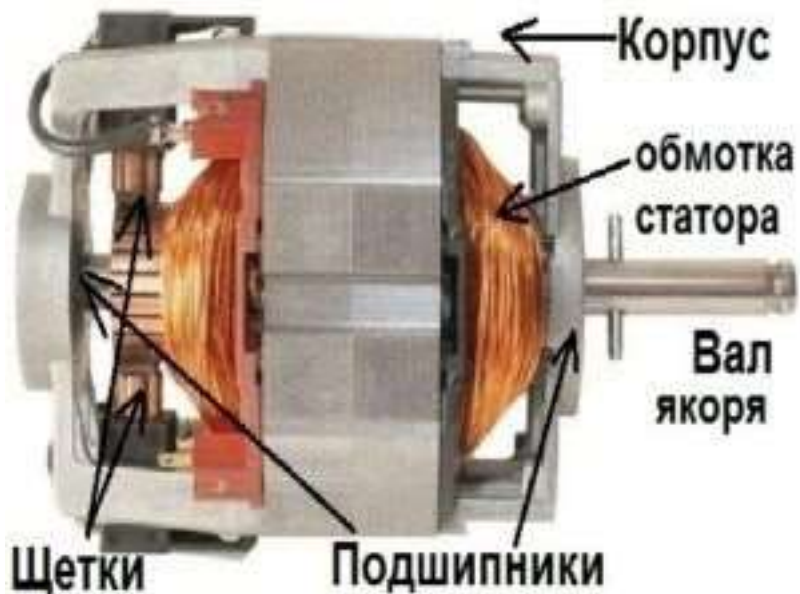


Рисунок 8 - Некоторые узлы коллекторного двигателя

Коллекторная щетка состоит из держателя, графитового контактора и прижимной пружины. Иногда пружина ослабевает, и ее нужно немного растянуть для большей прижимной силы. Из-за истирания графита образуется мелкая крошка, которая вместе с пылью и влагой загрязняет зазор между графитовым контактором и держателем. В данном пространстве образуются наслоения, которые высыхают и затвердевают от нагрева щеток, тем самым фиксируя их.



Рисунок 9 - Устройство коллекторных щеток

Данное заклинивание щеток из-за затвердевшей грязи в держателе часто является причиной невозможности запуска ранее исправно работавшего коллекторного электродвигателя. Пока работающий двигатель издает вибрацию, прижимная пружина может преодолевать сопротивления наслоений, и контакт с ламелями коллектора сохраняется. Но после выключения скопившаяся грязь застывает, щетка фиксируется и уменьшается из-за охлаждения, образуя зазор,рывающий контакт с ламелями.

Якорь коллекторного электродвигателя

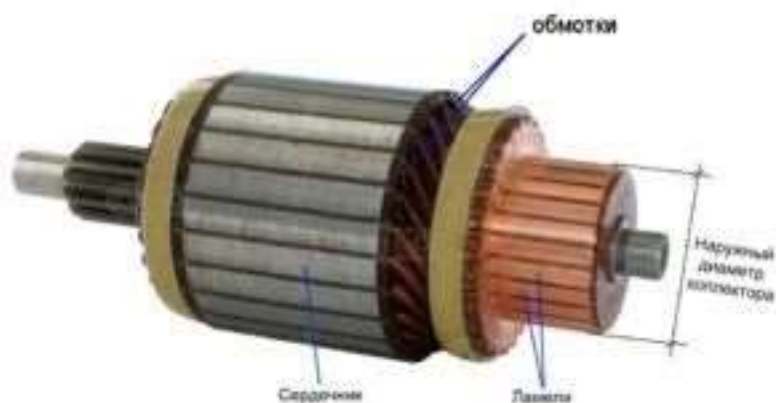


Рисунок 10 - Ламели коллектора якоря электродвигателя

Проверить прижимную силу щетки можно поддев графит ножом или мелкой отверткой – контактор должен свободно двигаться в держателе, упруго отскакивая, ударяясь в ламели. В противном случае щетку и держатель можно почистить, промыть в растворителе, или немного спилить грани графитового контактора для большего зазора. Если выработка щетки почти дошла до порога ресурса, то ее лучше заменить на новую. При невозможности найти идентичную замену щетки, подбирают наиболее близкий вариант и спиливают грани графитового контактора до нужных размеров.



Рисунок 11 - Новые щетки нужно обточить напильником для придания нужного размера

Ремонт и профилактика коллектора



Рисунок 12 - Коллектор двигателя состоит из контактных пластин – **ламелей** подключенных к выводам якорных обмоток. Большой рабочий ток коллектора, и образование из-за электромагнитной индукции реактивной ЭДС переключающихся обмоток, приводит к повышенному искрению при контакте щеток и ламелей. Сильное искрение приводит к выгоранию ламелей, из-за чего они покрываются порами и кавернами. Ухудшение качества поверхности ламелей приводит к еще большему искрообразованию и убыстрят их износ в лавинообразной прогрессии.



Рисунок 13- Загрязнение коллектора

Первоначальной причиной износа коллектора является загрязнение ламелей графитовой крошкой от стирающихся щеток. Зазоры между ламелями предназначены для их изоляции, но попадающая в промежутки графитовая пыль является проводником тока, что ухудшает характеристики коллекторного электродвигателя и приводит к образованию так называемой круговой искры. Если в процессе работы электродвигателя искра как бы тянется от щеток по окружности коллектора, то его ламели загрязнены, и их нужно почистить.



Рисунок 14 -Круговая искра в коллекторе

Чистку ламелей коллектора производят ластиком, губкой, или мелкой наждачной бумагой, прочищая зазоры шилом. Если загрязнение сильное, можно воспользоваться напильником, но нужно быть осторожным, чтобы не исказить геометрию окружности коллектора неравномерным спиливанием. Еще одной причиной загрязнения коллектора является коррозия материала ламели с образованием слоев окиси, которые также нужно очистить.



Рисунок 15- Очистка коллектора губкой

Если после очистки ламелей обнаружены глубокие каверны от коррозии или искрения, то ремонт коллектора производят при помощи нанесения меди на пластины сваркой или гальваническим методом для заделки изъянов. Поскольку напильником очень трудно придать правильную форму коллектору, производят его обточку на токарном станке. В некоторых случаях, если есть возможность приобрести новый коллектор, производят его замену, но в этом случае предстоит кропотливая работа по присоединению многочисленных выводов якорной обмотки.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Тема и цель работы.

2. Зарисовать и записать виды и устройство схем якоря.
3. Зарисовать необходимые рисунки.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Составить отчет о проделанной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое ламели.
2. Как устроен щеточный механизм.
3. Из каких элементов состоит якорь
4. Каким прибором проверяют работоспособность якоря
5. Как производится профилактика и ремонт щёток.
6. Принцип работы коллекторного двигателя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баран А.Н. и др. Технология электромонтажных работ. Лабораторный практикум.- Мн.: Дизайн ПРО, 2000
2. Куценко Г.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок. Практикум.- Мн.: Дизайн ПРО, 2003
3. Куценко Г.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок. - Мн.: Дизайн ПРО, 2003
4. Правила устройств электроустановок.- ЗАО Ксения, 2001
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - ЗАО Ксения, 2001
6. Луковников А.В. Охрана труда. – М.: ВО Агропром , 1991


Составил мастер ПО

А.М. Максимчук

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов

Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 55

Тема: Техническое обслуживание, ремонт и обслуживание электрооборудования кормоприготовительных цехов

Цель: Получить технические навыки проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования кормоприготовительных цехов.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: «Электромонтажная мастерская»

Дидактическое и методическое обеспечение: методические указания, лабораторное оборудование, шкафы управления, монтерский инструмент.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть ограждены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [б] с63-67.

1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.

1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

2.1 Пройти входной контроль.

2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.

2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.

2.4 Убрать рабочее место.

2.5 Ответить на контрольные вопросы.

2.6 Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

Правильное и своевременное проведенное ТО и ТР электрооборудования кормоприготовительных цехов и машин кормораздачи, позволяет значительно снизить вероятность отказа оборудования и значительно продлить его службу. Выход из строя электрооборудования ведет зачастую остановку всего механизма в целом, что ведет к нарушению режима питания животных, снижению их продуктивности и нарушения здоровья. Все эти факторы ведут к дополнительным затратам на ремонт оборудования, так и на содержание животных.

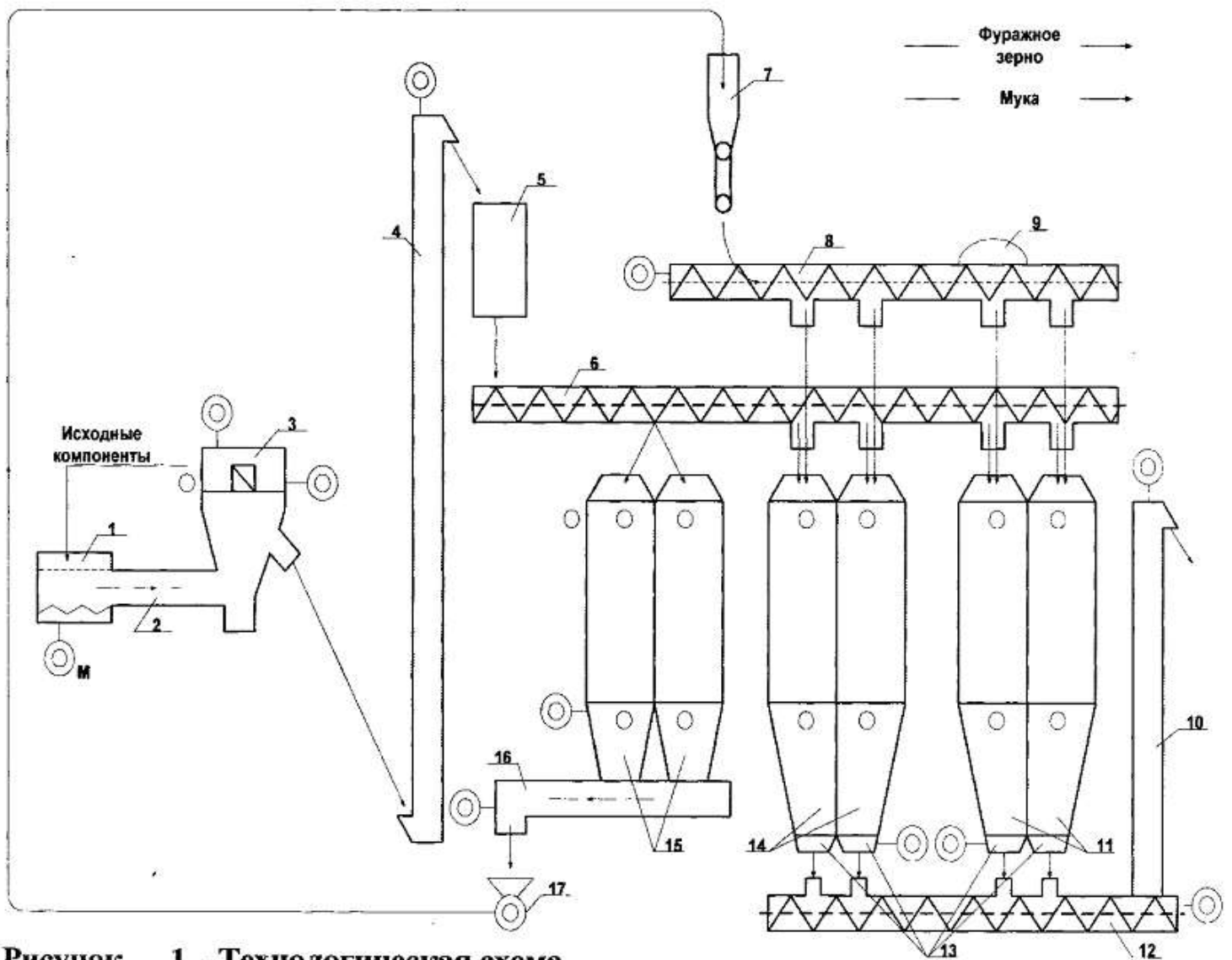


Рисунок 1. – Технологическая схема

В состав технологической схемы ОКЦ-15 входит: 1 - решетный стан; 2 - загрузочная орловина; 3 - смеситель белково-витаминных добавок (БВД); 4 – нория загрузки зерна и БВД; 5 - магнитная колонка; 6 – шнек нории; 7 - мучной циклон; 8 – шнек мучной; 9 – точное просеивающее устройство; 10 – выгрузной шнек; 11 и 14 – секции мучного

бункера и бункера БВД; 12 - шнек-смеситель муки и БВД; 13 - дозаторы муки и БВД; 15 - секции зернового бункера; 16 - шнек-дозатор; 17 - дробилка.

Переключатель SA1 имеет три положения: Р - "Рабочий режим", О - "Отключено" и Н - "Режим наладки". Оборудование пускают в работу в следующем порядке (переключатель SA1 в положение Р).

Кнопкой SB25 подают звуковой предупредительный сигнал НА о начале пуска машин. Кнопками SB1, SB3, SB5 последовательно включают: магнитный пускатель KM2 электропривода М2 нории 4 и шнека 6, пускатель KM3 электропривода М3 смесителя 3 и пускатель KM4 электропривода М4 решетного стана 1. Смеситель 3 оборудован задвижкой с реверсивным электроприводом М12, управляемым кнопками SB23, SB24 и магнитными пускателями KM13 и KM14. В крайних конечных положениях задвижки магнитные пускатели KM13...KM14 отключаются конечным выключателем SQ2.

При работе включенных машин зерновой фураж загружается в бункер 15, а в случае необходимости в бункер 11 и 14.

Перед пуском дробилки кнопкой SB7 включают электропривод М5 шнека 8, а затем кнопками SB9 и SB11 включают электропривод М1 дробилки 17 и электропривод М6 дозатора 16. Затем кнопкой SB21 подают питание на магнитный пускатель KM11, включая электропривод МП на открытие задвижки на зерновом бункере 15. В крайнем открытом положении задвижки магнитный пускатель KM11 отключается размыкающим контактом конечного выключателя SQ1, одновременно через замыкающий контакт SQ1 подготавливается к включению магнитный пускатель KM12 реверсирования электропривода МП на закрытие задвижки по окончании работы. Загрузка дробилки контролируется по амперметру А. и регулируется вручную, изменением положения заслонки.

Смешивание исходных компонентов и выгрузка готового комбикорма происходят при включении кнопками SB13 и SB15 электропривода М7 вертикального шнека 10 выгрузки готового комбикорма и электропривода М8 шнека-смесителя 12. Электроприводами М9 и М10 дозаторов 13 выгрузки муки и БВД в шнек-смеситель 12 управляют кнопками SB17...SB20.

Электроприводами МП и М12 (по 0,27 кВт) задвижек бункера и смесителя 3 управляют кнопками SB21...SB23.

В схеме предусмотрены технологические блокировки (KM2.3; KM3.3; KM5; KM1.3; KM7.3 и KM8.3), исключающие возможность завалов материалом при пуске и остановке машин и обеспечивающие работу технологического оборудования по трем независимым линиям:

- линия загрузки зерна и БВД;
- линия дробления зерна;
- * линия дозирования, смешивания и выдачи готового комбикорма.

Все секции бункеров оборудованы датчиками нижнего SL1...SL6 и верхнего SL7...SL12 уровней. Сигнальные лампы HL11...HL16 горят при наличии материала в бункерах. При снижении его уровня в бункере до предельного значения переключается один из датчик SL1...SL6 на звуковой сигнал НА, и гаснет соответствующая сигнальная лампа HL11...HL16. При достижении в бункере уровня предельного верхнего значения срабатывает один из датчиков SL7...SL12, который включает звуковой сигнал НА и соответствующую сигнальную лампу HL17... HL22. Звуковой сигнал снимают тумблерами S1...S12. В экстренных случаях все машины останавливают кнопкой SB.

О подаче напряжения на схему сигнализирует лампа HL1. О работе отдельных электроприводов сигнализируют лампы HL2...HL10

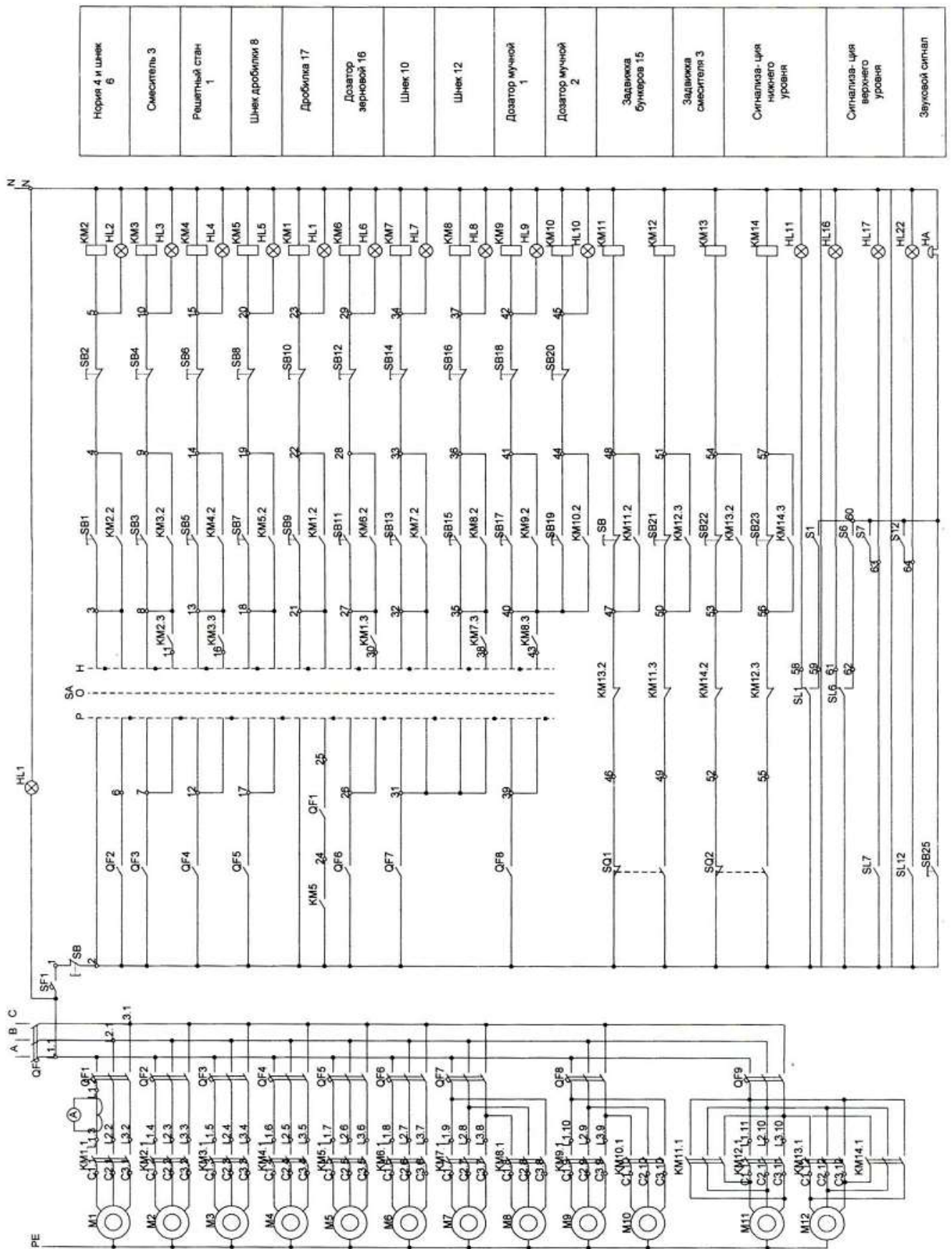


Рисунок 2. —Схема управления

ПОТОЧНАЯ ЛИНИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

При работе поточной линии корнеклубнеплоды загрузочным транспортером 1 подаются в подающий транспортер 2, из которого они поступают в камнеотделительное устройство и в моющую и измельчающую машину 3. В зависимости от принятой технологии кормления корнеклубнеплоды могут поступать в запарный чан 4 для запаривания или в транспортное устройство в неизмельченном или в измельченном виде. Поточная линия может быть включена в работу от специального программного устройства КТ1 (реле типа 2РВМ) в соответствии с заданной программой или вручную при помощи кнопки SB2.

Режим работы схемы задают с помощью переключателя SA: положение «1» - без запаривания; положение «2» (исходное) - с запариванием. Схема автоматизации в режиме «с запариванием» (SA – положение «2») работает следующим образом.

При нажатии кнопки SB2 получает питание пускатель КМ3, который включает электродвигатель моющей и измельчающей машины 3. Kontakтами КМ3 включается пускатель КМ2, подающий напряжение на электродвигатель транспортера 2. Kontakты КМ2.2 замыкают цепь электромагнита УА1, подающего воду в мойку, а КМ2.3 - цепь пускателя КМ1, включающего загрузочный транспортер 1 и реле времени КТ2. Реле КТ2 замыкает контакт КТ2.1 в цепи блокировки кнопки SB2 и размыкает КТ2.2 – в цепи запаривания. Таким образом, все машины поточной включались последовательно против потока, что исключает возможность завала машины и подающего транспортера продуктом. В запарном чане 4 в верхней части установлен датчик уровня SL. При наполнении чана продуктом до установленного уровня датчик размыкает свой контакт SL1, отключая загрузочный транспортер 1 и катушку реле КТ2, и замыкает контакт SL2, подготавливая цепь включения пара. Поступление продукта на линию прекращается. Реле времени КТ2 через выдержку времени, достаточную для освобождения поточной линии от продукта, размыкает kontakты КТ2.1 в цепи катушки пускателя КМ3, останавливая всю поточную линию и прекращая подачу воды в мойку. Одновременно с этим реле времени КТ2 замыкает свои kontakты КТ2.2 в цепи электромагнита УА2, включающего пар. Включается реле времени КТ3, которое через время, достаточное для запаривания, размыкает свои kontakты КТ3.1, отключающие электромагнит УА2, и поступление пара прекращается.

При работе в режиме «Без запаривания» переключатель SA переводят в положение «1». Линия включается в работу аналогично работе «С запариванием», только измельченная продукция поступает не в запарник, а в транспортную тележку, при наполнении которой, как и в предыдущем случае, размыкаются kontakты конечного выключателя SQ1, отключается загрузочный транспортер 1 и с выдержкой времени, определяемой реле КТ2 и необходимой для освобождения линии от продукта и дозагрузки транспортного устройства, отключается вся поточная линия. Замыкается контакт SQ2 в цепи сигнальной лампы HL4 – «Тележка заполнена».

Сигнализация о работе схемы в режиме «С запариванием» осуществляется сигнальными лампами:

- ❖ HL1- запарник заполнен;
- ❖ HL2 – идет процесс запаривание;
- ❖ HL3 – запаривание окончено (HL2 – не горит) .

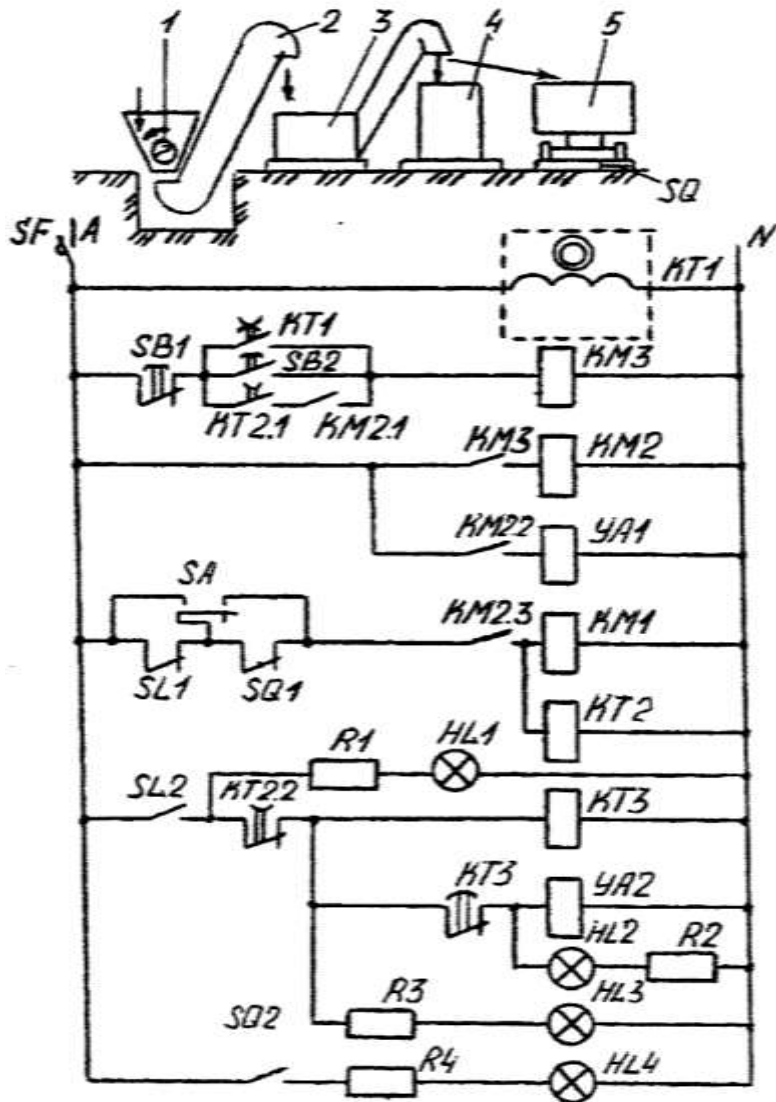


Рисунок 3 – Технологическая схема и схема управления

3.2.Методика выполнения работы.

1. Анализируя работу схемы управления определить наиболее вероятные ее неисправности, и указать способы их устранения.

Проанализировать схемы рисунок 2- 3 записать в таблицу 1. 10-15 возможных неисправностей схемы.

Таблица 1. – Неисправности схемы управления

Возможная неисправность	Вероятная причина	Способ устранения

2. Провести проверку заданной преподавателем схемы управления, устранить все обнаруженные неисправности данные занести в таблицу- 2.

Таблица 2. – Неисправности схемы управления

Неисправность	Причина	Метод обнаружения	Способ устранения

3.Сделать вывод о техническом состоянии схемы управления.

4. Решить теоретическое задание согласно варианта задания.

5.Убрать рабочее место.

6. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель работы
2. Необходимые рисунки и таблицы.
3. Описание работы необходимых изображенных схем.
4. Ответ на практическое задание.
5. Вывод о техническом состоянии схемы управления.

5. Контрольные вопросы

1. Назовите наиболее часто встречающиеся неисправности в электрических схемах?
2. Какие общие причины возникновения этих неисправностей?
3. Из каких этапов в общем случае состоит поиск неисправностей в электрических схемах?
4. Какие приборы используются для определения неисправностей в схемах?
5. Каким прибором можно определить обрыв в цепи управления?
6. Каким электрическим аппаратом обеспечивается защита силовой цепи от токов короткого замыкания и перегрузки?

6. Список используемых источников

1. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий.-М.: ВО Агропромиздат,1987.-191 с.

2.Кудрявцев Н.Ф. и др. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок. М.:Агропромиздат, 1988, с.173-176

3.Воробьев В.А. и др. Практикум по механизации и электрификации животноводства. М : Агропромиздат, 1989, с.121-125

5. Белянчиков Н.И. Механизация животноводства и кормоприготовления. М.:Агропромиздат, 1990. с.168-170.

Звено №1

Дефект в системе управления асинхронным электродвигателем M (рис. 4) проявляется в том, что после запуска кнопкой $S1$ «Пуск», расположенной в кнопочном посту $A3$, и некоторого времени работы двигатель остановился. Попытки вновь запустить двигатель кнопкой $S1$ «Пуск» не дали результата.

Рассматриваемая система состоит из: главных цепей $A1$, электродвигателя $M1$, цепей управления $A2$, кнопочного поста $A3$, датчика давления $BP1$. Работает система следующим образом. При наличии напряжения на выводах $L1, L2, L3, N$ при любом давлении в контролируемой реле $BP1$ точке и положении «Д» (дистанционное управление) переключателя $SA1$ нажатие на кнопку $S1$ «Пуск» приводит к тому, что в цепи управления $A2$ на катушку $K1$ подается напряжение.

Контактор срабатывает и замыкает контакты $K1$ в главной цепи $A1$, подавая напряжение обмотки электродвигателя $M1$. Одновременно с этим контакт $K1.1$ шунтирует кнопку $S1$, и она может быть отпущена.

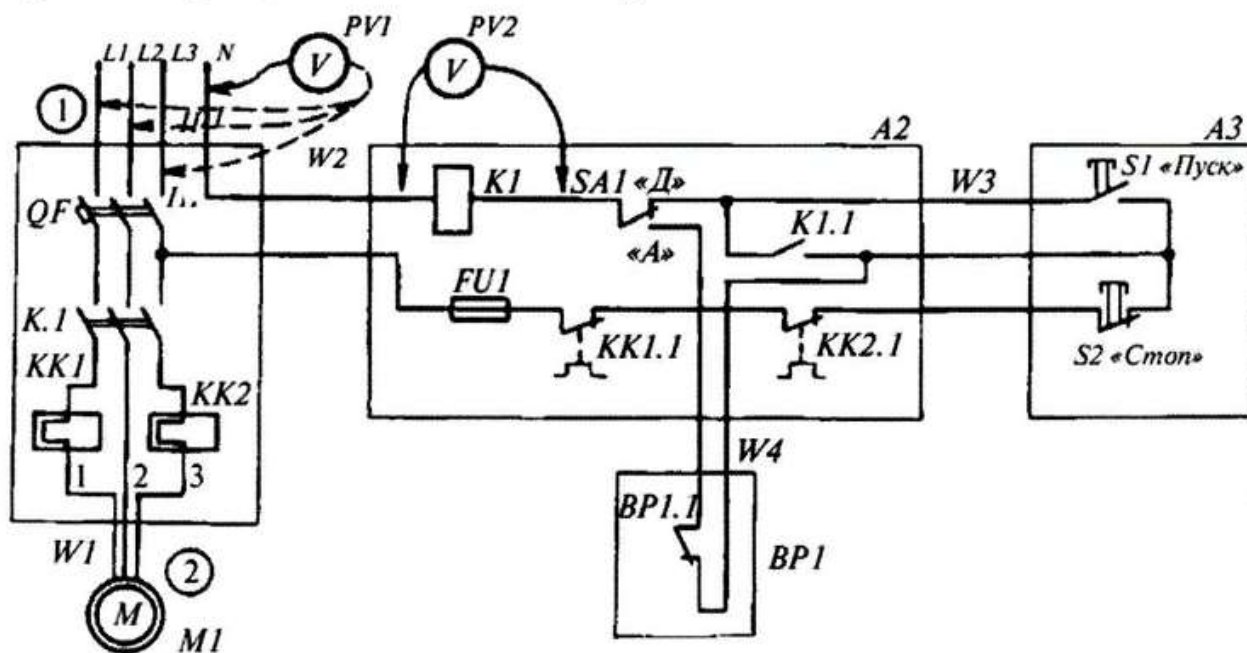


Рисунок 4. —Схема управления двигателем.

В положении «А» (автоматическое управление) схема работает по-другому. Независимо от того, нажата кнопка или нет, при замкнутом контакте $BP1.1$ на катушку $K1$ поступает напряжение и контактор подает напряжение на обмотки электродвигателя $M1$. При повышении давления выше уставки срабатывания реле $BP1$ контакт $BP1.1$ размыкается, обесточивает катушку $K1$ и контактор, размыкая контакт $Л7$, снимает напряжение с электродвигателя $M1$.

Сопоставьте описание работы системы и проявлений дефекта дайте заключение, в каком режиме управления работает схема (назовите положение переключателя $SA1$), и выдвинете 5-6 гипотез о причине дефекта.

Звено №2

Дефект в системе непосредственного пуска асинхронного двигателя (рис. 5) проявляется в том, что при нажатии на кнопку $S1$ двигатель запускается, но при отпускании кнопки электродвигатель останавливается.

Сравнить описание работы неисправной схемы с Вашим представлением о правильной работе схемы и указать возможные причины дефекта.

Звено №4

На рис. 14.7 приведена схема аварийной сигнализации о работе вращающихся преобразователей типа ПСЧ.

Работа схемы в инструкции по эксплуатации описывается так.

При повышении температуры воздуха выше 70°C реле S1 замыкает свой контакт, зажигается лампа H1, срабатывает контактор K1 и включается сирена H_n. Сирена отключается кнопкой S_n, которая фиксируется в нажатом положении катушкой K2.

При ошибочном отключении вентилятора одного из преобразователей сработав контакт S_{n-1}, загорелась сигнальная лампа H_{n-1} и включилась сирена H_n. Аварийный сигнал отключили кнопкой S_n. Через некоторое время был случайно обнаружен перегрев другого преобразователя и возможная авария предотвращена.

Проверкой установлено, что контакт S1, сигнализирующий о повышении температуры, был замкнут.

Установить причину, по которой срабатывание датчика не могло быть замечено.

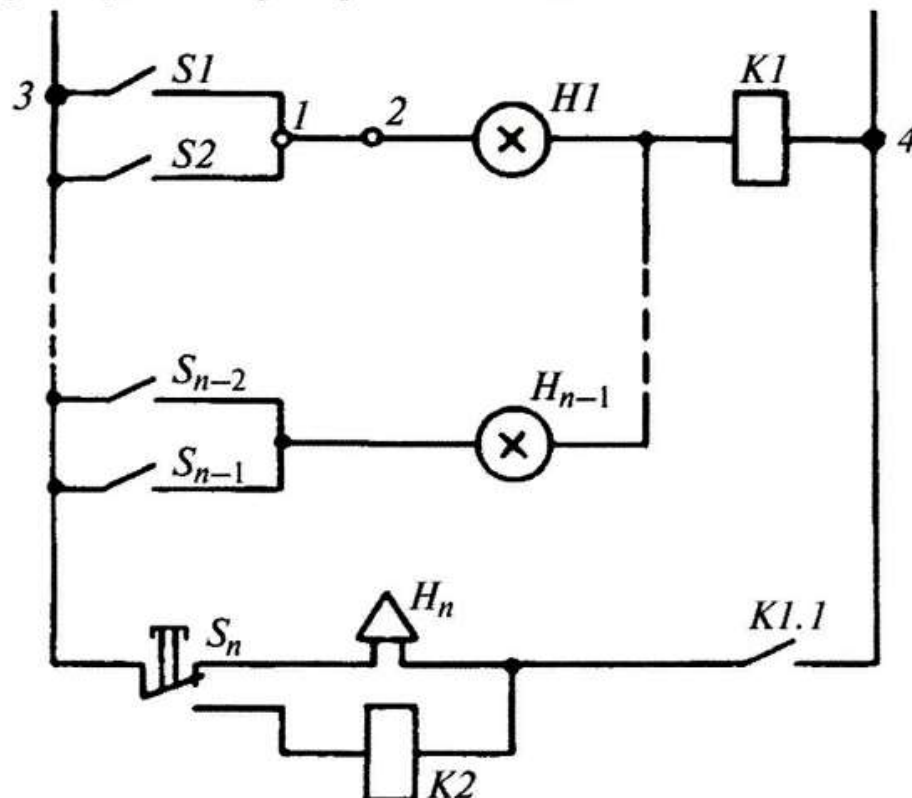


Рисунок 14.7. – Схема системы аварийной сигнализации

Звено №5

На рис.14.8 приведена принципиальная схема системы управления асинхронного электродвигателя, вращающего сварочный генератор.

По описанию схемы электродвигатель запускается переключением обмоток со «звезды» на «треугольник». Такую схему используют для электродвигателей большой мощности, что позволяет снизить пусковые токи.

Проанализировать приведенную схему, оценить реальность данного схемного решения и указать выявленные схемные ошибки.

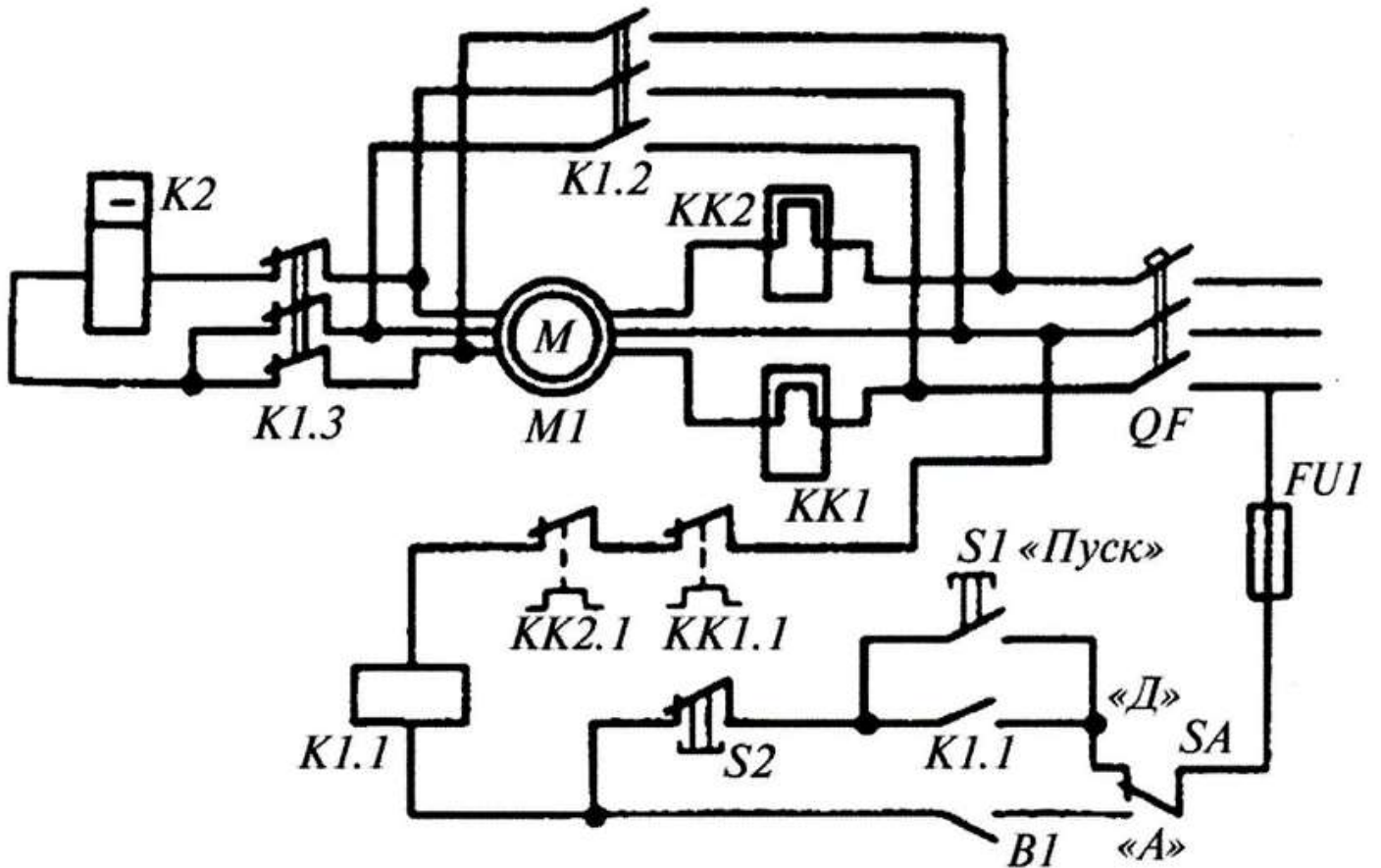


Рисунок 8. – Схема системы управления пуском асинхронным электродвигателем переключением обмоток со «звезды» на «треугольник»

Звено №6

Необходимо проверить цепи в схеме, на которую после окончания монтажа не подавалось напряжение (рис. 9).

Как изменится свечение лампы указателя Н по сравнению с нормальным, если ее подключить между точками 3 — 4 (поз. IV лампы Н на рис. 9)? При каких условиях возможна такая проверка целостности катушки К1?

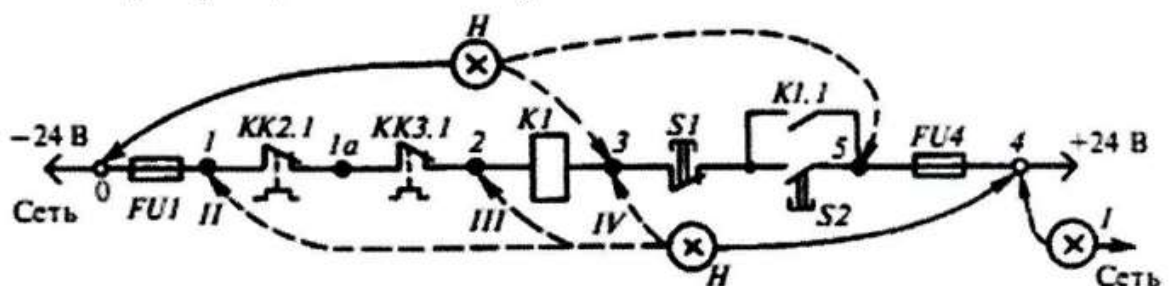


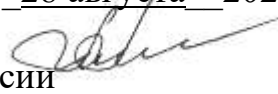
Рисунок 9. – Проверка электрических цепей указателем напряжения с лампой накаливания

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов

Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии



М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 56

Тема: Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования машин кормораздачи

Цель: Получить технические навыки проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования машин кормораздачи.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: методические указания, лабораторное оборудование, шкафы управления, монтерский инструмент.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть осажжены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [12] с 223-276, [13] с 16-32.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2.Работа в мастерской

- 2.1 Пройти входной контроль.
- 2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4 Убрать рабочее место.
- 2.5 Ответить на контрольные вопросы.
- 2.6 Оформить и сдать отчет.

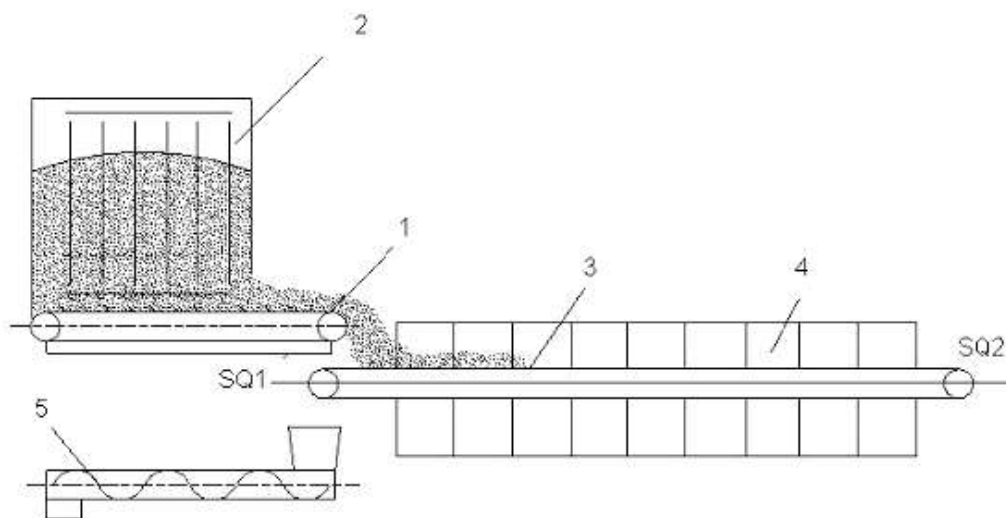
3. Методические указания

3.1.Теоретические сведения.

Для раздачи различных видов кормов на животноводческих фермах и комплексах широко используются выпускаемые промышленностью электрифицированные стационарные и мобильные кормораздаточные транспортеры и кормораздатчики. Стационарные раздаточные средства не нуждаются в широких кормовых проходах и позволяют легко автоматизировать процесс раздачи кормов.

На фермах КРС из стационарных кормораздатчиков наибольшее применение нашел ленточный транспортерный кормораздатчик ТВК-80Б.

Технологическая линия запаривания картофеля показана на рисунке 1.



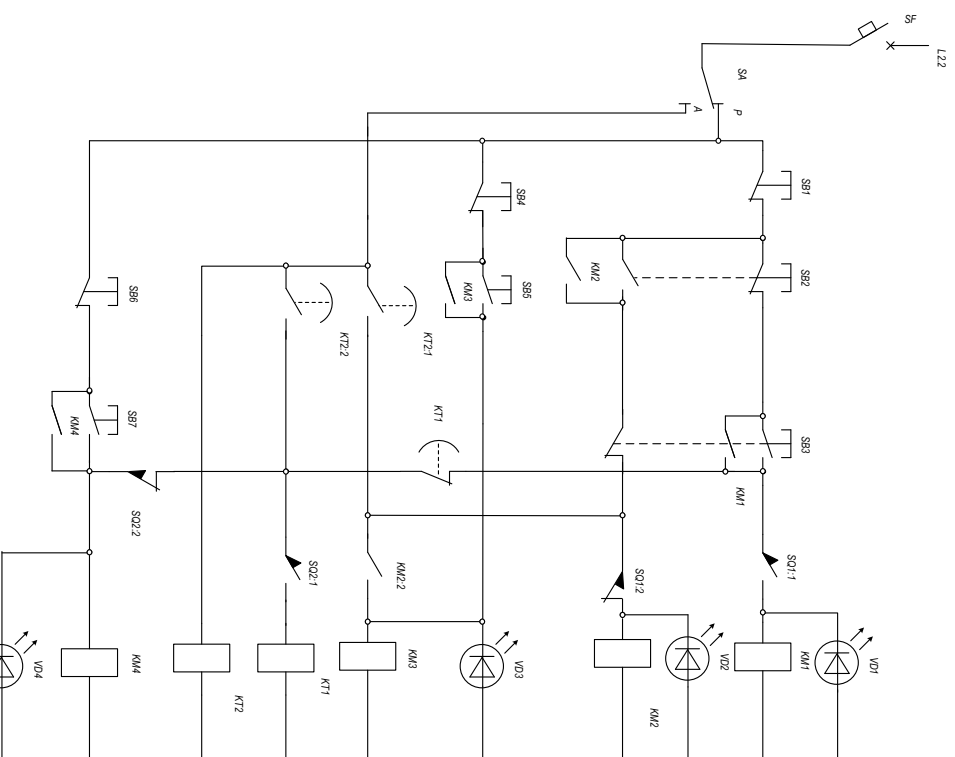
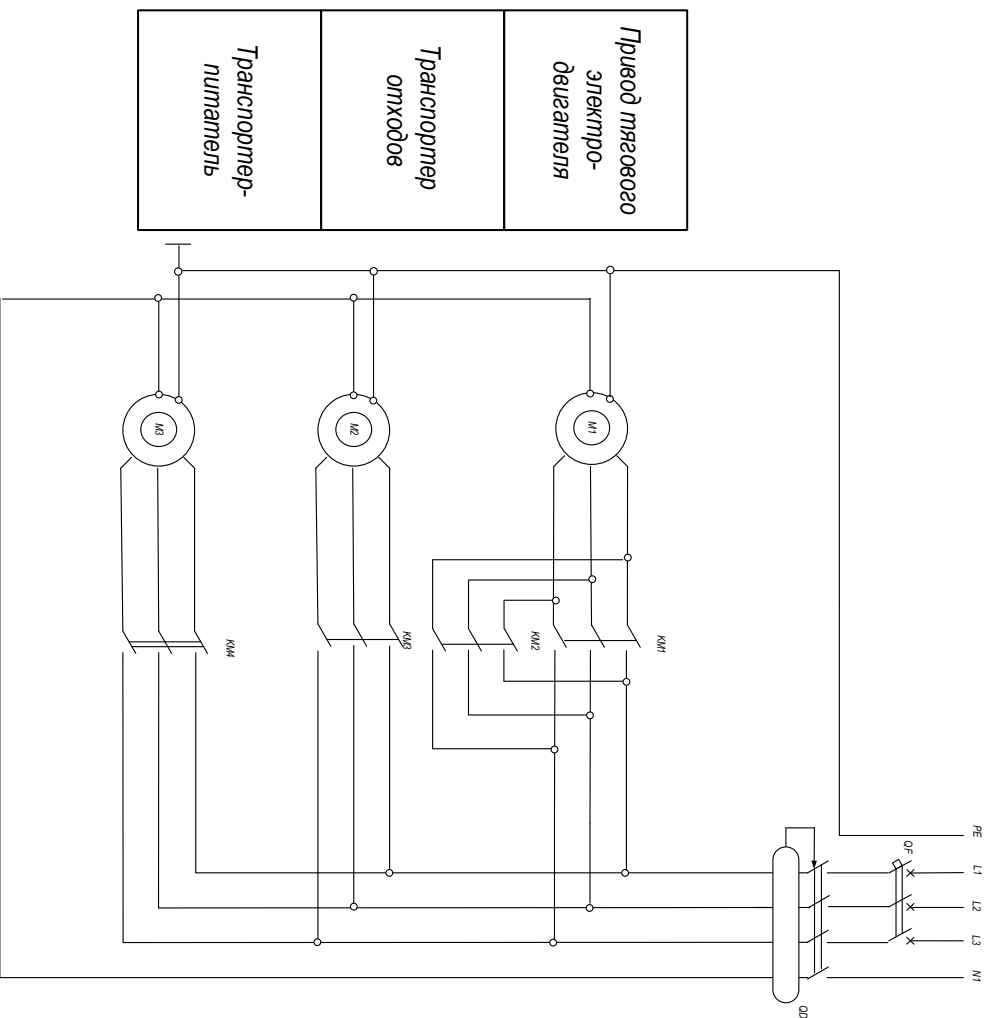
- 1—транспортер питатель;
- 2—накопительная емкость;
- 3—лента;
- 4—кормушки

Рисунок 1 – Технологическая схема линии запаривания картофеля

Кормораздатчик типа ТВК-80Б представляет собой движущуюся челночно ленту 3 в кормушках 4, приводимую в действие реверсивным электроприводом. При движении вперед лента уносит к месту стойла животных определенное, загружаемое питателем 1 количество корма. В качестве питателя может быть использован кормораздатчик КТУ-10А, который имеет накопительную емкость 2. С возвратом ленты (реверс) кормушки самоочищаются от остатков корма, который удаляется из помещения транспортером 5.

Управление транспортером производится с поста управления и шкафа управления.

Шкаф управления устанавливается на стене вблизи привода транспортера. Выносной пульт управления устанавливается вблизи загрузочного бункера. Конечный выключатель расположен на кронштейне рамы привода. Посты управления, расположенные в шкафу управления и вблизи загрузочного бункера сблокированы. Электрическая принципиальная схема кормораздатчика ТВК-80Б представлена на рисунке 2.



Движения ленты кормораздатчика "Вперед"	Движения ленты кормораздатчика "Назад"	Транспортер отходов	Реле времени отвечающее за время раздачи корма	Реле времени отвечающее за время раздачи корма	Транспортер питатель
---	--	---------------------	--	--	----------------------

Рисунок 2 - Принципиальная электрическая схема кормораздатчика ТВК – 80Б

Схема работает в ручном и автоматическом режиме. Пуск технологической линии производится при замкнутых контактах автомата SF. Для работы в автоматическом режиме переключатель SA переводят в положение «А» - автоматический, при этом, в работу вводится программное реле времени КТ2 типа 2РВМ или аналогичным, которое предназначено для управления поточной линией кормораздачи по суточной программе согласно расчетной диаграмме кормления.

В заданное время, перед очередным кормлением, срабатывает контакт первой программы реле времени КТ2.1, подовая напряжения на катушки магнитного пускателя КМ2 и КМ3. В работу включаются электроприводы транспортера кормораздатчика и транспортеров отходов. Лента кормораздатчика возвращается в исходное положение, самоочищаясь от остатков не съеденного корма, которые транспортером отходов удаляются за пределы помещения. В конечном переднем положении ленты кормораздатчика концевой выключатель SQ1.2 останавливает ее движения и отключает транспортер отходов через контакт КМ2.2. Контакт SQ1.1 подготавливается к включению магнитный пускатель КМ1-движения ленты кормораздатчика “Вперед” на раздачу корма.

По команде программное реле, в заданное время очередного кормления контактом второй программы КТ2.2 в работу вводится магнитный пускатель КМ1 и КМ4, включающиеся приводы кормораздатчика на раздачу корма и транспортера питателя, подающего на ленту кормораздатчика корм. Начинается процесс кормораздачи. В конце линии кормораздачи упор, установленный на ленте транспортера ТВК-80Б, воздействует на концевой выключатель SQ2. Через SQ2.2 теряет питание магнитный пускатель КМ4, отключая электропривод транспортера-питателя, а через SQ2.1 получает питание реле времени КТ1. Корм на линию раздачи не поступает, а с выдержкой времени, достаточной для переноса корма транспортером-раздатчиком от места загрузки до кормушек, через размыкающий контакт КТ1 теряет питание и магнитный пускатель КМ1, останавливая электропривод кормораздатчика. Начинается кормление животных. Далее процесс повторяется.

Для работы в ручном режиме переключатель SA переводят в положение «Р» - ручной. Отдельными электроприводами управляют при помощи кнопочных постов SB1-SB3 и SB4-SB5, при этом при включении электропривода ленты кормораздатчика «движение назад» (КМ2), через контакт технологической блокировки КМ2 автоматически включается и магнитный пускатель КМ3 электропривода транспортера отходов. О работе отдельных электроприводов сигнализируют световая арматура:

- VD1- движение ленты кормораздатчика «вперед»
- VD2 - движение ленты кормораздатчика «назад»
- VD3 -электропривод транспортера-питателя включен.

Техническое обслуживание

Система ППР Эс/х предусматривает следующие сроки проведения технического обслуживания электрооборудования в животноводческих помещениях и кормоцехах: для пускозащитной аппаратуры 1 раз в месяц, для электродвигателей 1 раз в 3 месяца.

Во время технического обслуживания необходимо выполнить следующие работы: очистить поверхность электродвигателя от набросов корма; проверить исправность заземления; подтянуть болты крепления двигателя к фундаменту; проверить степень нагрева корпуса; проверить соосность двигателя с рабочей машиной; надежность крепления шкива, звездочки и муфты; измерить сопротивление изоляции обмот-

ки; зачистить и зажать контактные соединения на клеммной колодке; при необходимости усилить или восстановить изоляцию выводных концов.

Особое внимание следует обратить на наличие уплотнений на крышке клеммной колодки и в штуцерах ввода питающего кабеля.

При текущем ремонте магнитных пускателей и автоматических выключателей необходимо: проверить нет ли коррозии на главных и блокировочных контактах; проверить одновременность нажатия контактов; проверить упругость пружин; подтянуть ослабевшие болты; пережечь и при необходимости очистить контакты присоединения проводов; проверить плотность сжатия магнитной системы магнитных пускателей; проверить состояние тепловых реле. Восстанавливают уплотнители ящиков управления.

Текущий ремонт

Система ППР Эс/х предполагает периодичность ремонта для пускозащитной аппаратуры 1 раз в год, для электродвигателей 1 раз в 24 месяца.

При текущем ремонте электродвигателей выполняют все операции технического обслуживания.

Кроме того просушивают обмотку, разбирают двигатель, проверяют состояние подшипников, при необходимости заменяют выводные концы обмотки, собирают двигатель, окрашивают корпус и проверяют двигатель на холостом ходу.

Устанавливают двигатель на место, тщательно зажимая крепежные болты к станине или фундаменту, проверяя соосность двигателя и рабочей машины. Испытывают двигатель под нагрузкой.

При текущем ремонте пускозащитной аппаратуры проверяют состояние основных и блокировочных контактов. Подгоревшие контакты зачищают и регулируют одновременность их нажатия, регулируют провалы и растворы контактных систем. Если контакты нельзя использовать их заменяют новыми.

Зачищают искрогасительные камеры от наплавов металла, при необходимости искрогасительные камеры заменяют новыми. Проверяют крепление магнитных систем пускателей, плотность прилегания якоря к ярму и плотность посадки катушки. При этом обращают внимание на внешний вид катушки. Аппараты собирают и при необходимости устраняют шумы возникающие при включении. Зачищают и прочно зажимают места соединения проводов и контактов. Восстанавливают уплотнители ящиков управления.

3.2.Методика выполнения работы.

1. Освоить методику проведения технического обслуживания и ремонта электрооборудования кормораздаточных машин.

2. Провести техническое обслуживание и текущий ремонт электрооборудования кормораздатчика ТВК-80Б.

3. Определить причины следующих неисправностей:

Таблица 1- Основные неисправности схемы линии приготовления кормов

№ п/п	Неисправности и их признаки	Причины неисправностей	Способ определения неисправностей
1	При запуске электродвигатель не запускается и гудит.		
2	При включении электродвигатель не запускается.		
3	Не включаются магнитные пускатели.		
4	При включении катушка магнитного пускателя греется		
5	и т. д.		

5. Убрать рабочее место.

6. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель работы
2. Устройство и назначение кормораздатчика.
3. Необходимые рисунки и таблицы.
4. Заполненная таблица неисправностей.
5. Вывод о техническом состоянии коллекторных двигателей.

5. Контрольные вопросы

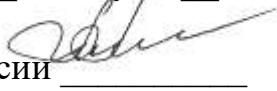
1. Какова особенность эксплуатации электрооборудования в кормоцехах и животноводческих помещениях?
2. Каков объем технического обслуживания пускозащитной аппаратуры?
3. Какие неисправности встречаются в предложенных схемах управления?
4. Каковы причины неисправностей в предложенных схемах?
5. Какие способы сушки изоляции обмоток электродвигателей вы знаете?

6. Список используемых источников

7. Правила устройства электроустановок. -М.: Энергоатомиздат, 1987
8. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. -М.: Агропромиздат, 1987
9. Эксплуатация и ремонт электроустановок. / Под редакцией Пястолова А.А.- М.: Колос, 1976
10. Янукович Г.И., Янукович Д.Г., Ермолаев В.С. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования. -Мн.: Ураджай, 2000
11. Пястолов А.А., Мешков А.А., Вахрамеев А.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. -М.: Колос, 1981
12. Баран А.Н., Качан Н.Г., Шедько А.М. Технология электромонтажных работ. - Мн.: Дизайн ПРО, 2000

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 57

Тема: Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования котлов и водонагревателей

Цель: Получить техническое обслуживание и ремонт электрооборудования котлов и водонагревателей, найти и устранить все неисправности в заданной схеме управления.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: методические указания, уайт-спирт, клей БФ-2, шкурка шлифовальная, набор электромонтера, ветошь обтирочная, мегомметр, мультиметр, амперметр, кисть, соединительные провода.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть осажены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [8] с 23-54, [5] с 77-102.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Пройти входной контроль.
- 2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4 Убрать рабочее место.
- 2.5 Ответить на контрольные вопросы.
- 2.6 Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

Схема и назначение двигателей проточного водонагревателя

Водонагреватель ВЭП-600, предназначенный для подогрева питьевой воды в телятнике с поголовьем до 250 голов. Водонагреватель включается в действие, когда температура воздуха в помещении становится ниже $+6^{\circ}\text{C}$. Установка укомплектована насосом с шкафом управления. Подогрев осуществляется тремя ТЭНами, встроенными в термоизолированный резервуар. Внутреннее устройство ВЭП-600 аналогично водонагревателю ЭПВ-2А, отличие лишь в наличии термоизоляции корпуса. Вода из водопроводной сети через изолирующую вставку подается в водонагреватель, где, соприкасаясь с ТЭНами, подогревается до заданной температуры (10° , 16° , 22°C , в зависимости от возраста животных). Изменение температуры нагрева достигается сменой термодатчика в термодатчике. Отклонение температуры воды от заданной не должно превышать $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Температура воды в самой холодной зоне телятника составляет не менее 5° , 10° , 16°C при температуре воды на выходе из водонагревателя соответственно 10° , 16° , 22°C . Нагретая вода из верхней части водонагревателя при помощи насоса подается в систему автопоения. Неиспользованная в системе циркуляции вода возвращается обратно в водонагреватель.

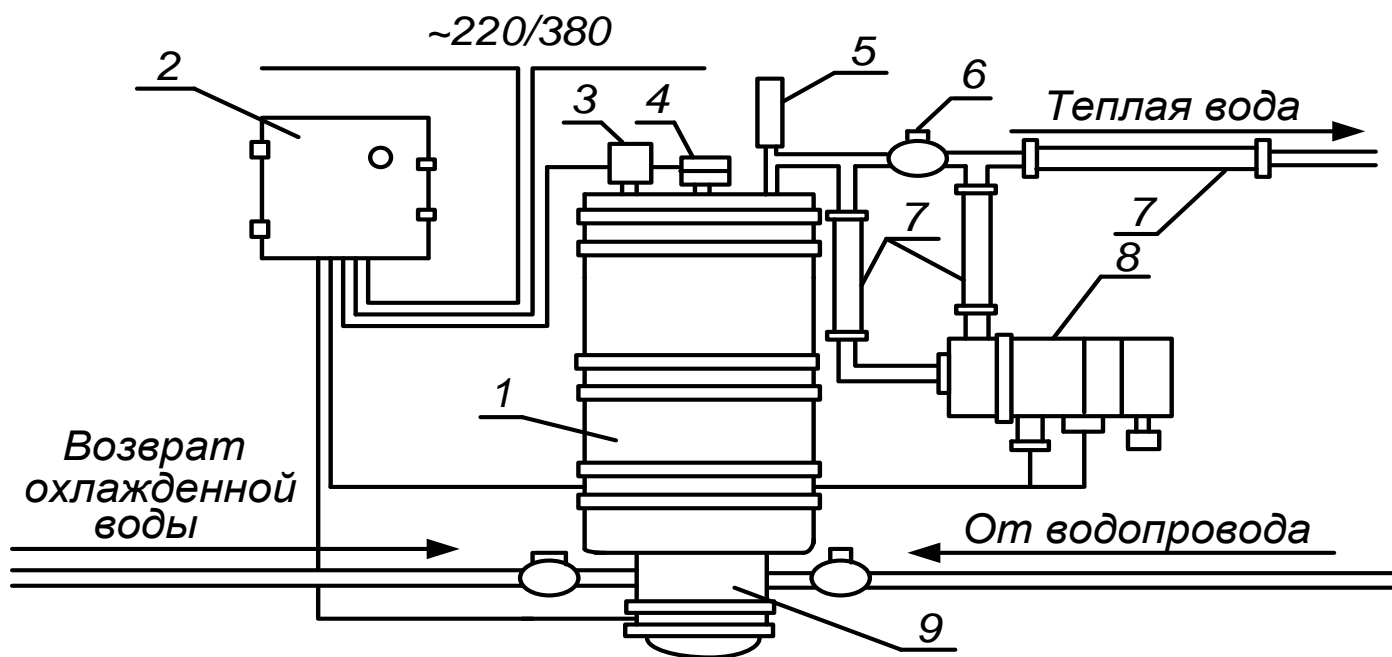


Рисунок 1 – Электрический водонагреватель ВЭП-600:

1 - бак; 2 - шкаф управления; 3 – предохранительный клапан; 4 – температурное реле; 5 – термометр; 6 – обратный клапан; 7 – изолирующие вставки; 8 – насос; 9 – нагревательный блок.

Устройства проточного типа имеют меньшие габаритные размеры по сравнению с устройствами накопительного типа, что является немаловажным фактором при необходимости экономии пространства. Проточные электроводонагреватели в отличие от нагревателей накопительного типа не требуют времени для нагрева: горячая вода начинает поступать сразу же после открытия крана. Используя проточный водонагреватель, вы не будете ограничены в объеме горячей воды, потребляемой в данный момент, и вам не придется ждать прогревания всего огромного объема воды, заполняющей емкость бака накопительного водонагревателя.

Элементные проточные водонагреватели относятся к установкам непрерывного действия, они компактны, позволяют получать горячую воду сразу после включения. Однако они не способны аккумулировать горячую воду, требуют свободного электропотребления и надёжного электроснабжения.

Электроводонагреватели: ЭПВ – 2А, ЭВ-Ф-15, 084.ПВ – 1.

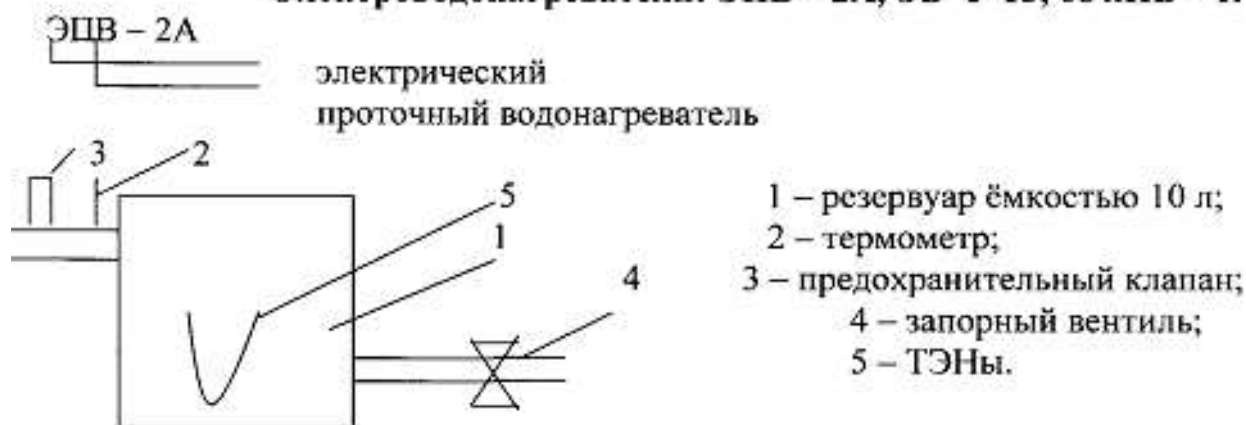


Рисунок 2 - Электроводонагреватель ЭПВ – 2А

Устройство: ёмкость 10 литров, в нижнюю часть подаётся холодная вода, а через верхний патрубок горячая вода. На верхнем патрубке установлен предохранительный клапан (для предотвращения взрыва, вследствие парообразования, при прекращении воды), термометр на входном и выходном патрубке для контроля за температурой. Нагрев воды ограничивается 90 °С и отключается датчиком температуры.

Электрические однофазные проточные водонагреватели напорного типа UDH (... M), UDE.

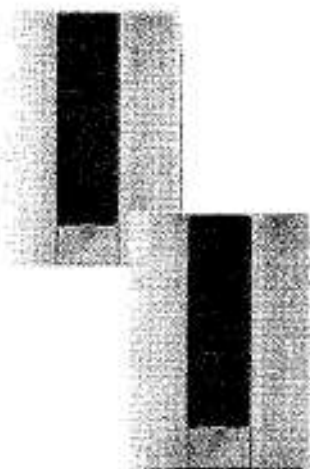


Рисунок 3 - проточные водонагреватели напорного типа UDH 6 и UDE 6.

Электрические однофазные проточные водонагреватели напорного типа UDH, UDE используются для моментального, неограниченного по времени обеспечения горячей водой одной или нескольких водоразборных точек, расположенных в непосредственной близости или на некотором удалении от него. Однофазные проточные водонагреватели незаменимы также в качестве резервного источника горячей воды в городских квартирах на время профилактики в системе

центрального горячего водоснабжения. Точная установка температуры в водонагревателях UDE создает максимальный комфорт при использовании их как для душа, так и для мытья рук или посуды.



Конструкция

- Ударопрочный корпус белого цвета;
- Нагревательный элемент — спиральная проволока (UDH 3–5 M), медный ТЭН в колбе (UDH / UDE 6–8);
- Автоматический выбор требуемой мощности в зависимости от протока, выставленной температуры воды и напряжения, подаваемого к водонагревателю (UDE);
- Индикаторы работы (UDH / UDE 6–8);
- Электронное табло для установки температуры (UDE);
- Встроенный защитный температурный ограничитель;
- Встроенный запорный вентиль холодной воды с фильтрующей сеткой;
- Вставка–регулятор струи для обеспечения оптимального режима работы (UDH 3–5 M);
- Ввод кабеля через герметичную вставку;
- Специальные латунные переходники, обеспечивающие возможность как скрытого, так и открытого монтажа прибора (UDH/ UDE 6–8).

Особенности

- Автоматическое включение и выключение прибора простым открытием и закрытием крана;
- Точная установка температуры воды на выходе из прибора от 35 до 55°C с помощью кнопок на передней панели (только UDE);
- Электронное поддержание заданной температуры независимо от колебаний протока и давления воды на входе (только UDE);
- Гарантия надежной работы прибора при возникновении воздушных пробок в водопроводе благодаря ТЭНовому нагревательному элементу (UDH / UDE 6–8);
- Фильтрация посторонних частиц из водопровода с помощью встроенной фильтрующей сетки;
- Выравнивание колебаний давления воды и стабильное поддержание протока с помощью автоматического регулятора давления (UDH / UDE 6–8);
- Предотвращение перегрева прибора, обеспечиваемое посредством встроенного защитного температурного ограничителя;
- Возможность установки прибора в ванной комнате благодаря высокой степени электробезопасности IP 25 (защита от воды в струйном состоянии);
- Возможность подводки труб сверху или снизу от прибора;
- Компактные размеры, особенно модели UDH 3–5 M.

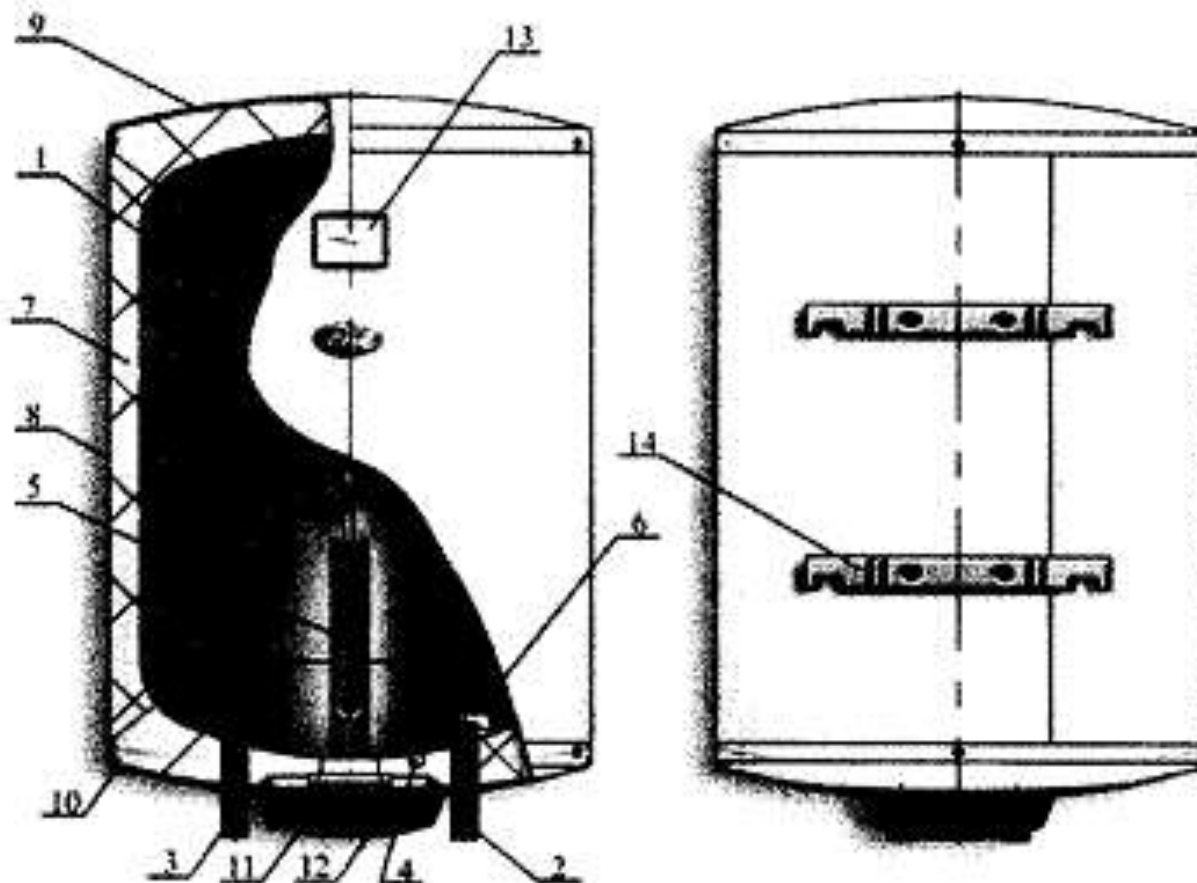


Рисунок 4 – Устройство водонагревателя

Описание:

- 1 - герметичный бак цилиндрической формы, изготовленный из нержавеющей стали ;
 - 2 - трубка для подвода холодной воды. Холодная вода поступает в нижнюю часть водонагревателя;
 - 3 - трубка для отвода горячей воды. Забор горячей воды осуществляется из верхней части водонагревателя
 - 4 - кронштейн заземления;
 - 5 - нагревательный элемент (ТЭН) ;
 - 6 - отражатель, служащий для уменьшения смешивания холодной и горячей воды ;
 - 7 - теплоизоляционный материал, выполненный из экологически чистого базальтового волокна;
 - 8, 9, 10 - наружный корпус, состоящий из обечайки (8 и двух крышек, верхней (9) и нижней (10)) ;
 - 11 - термостат;
 - 12 - крышка термостата, защищающая от попадания влаги.
- Для контроля за работой ТЭНа в крышке термостата предусмотрена индикаторная лампа ;
- 13 - термометр, показывающий температуру воды в верхней части водонагревателя;
 - 14 - кронштейны для крепления водонагревателя к стене.

Описание работы электрической принципиальной схемы управления проточным водонагревателем

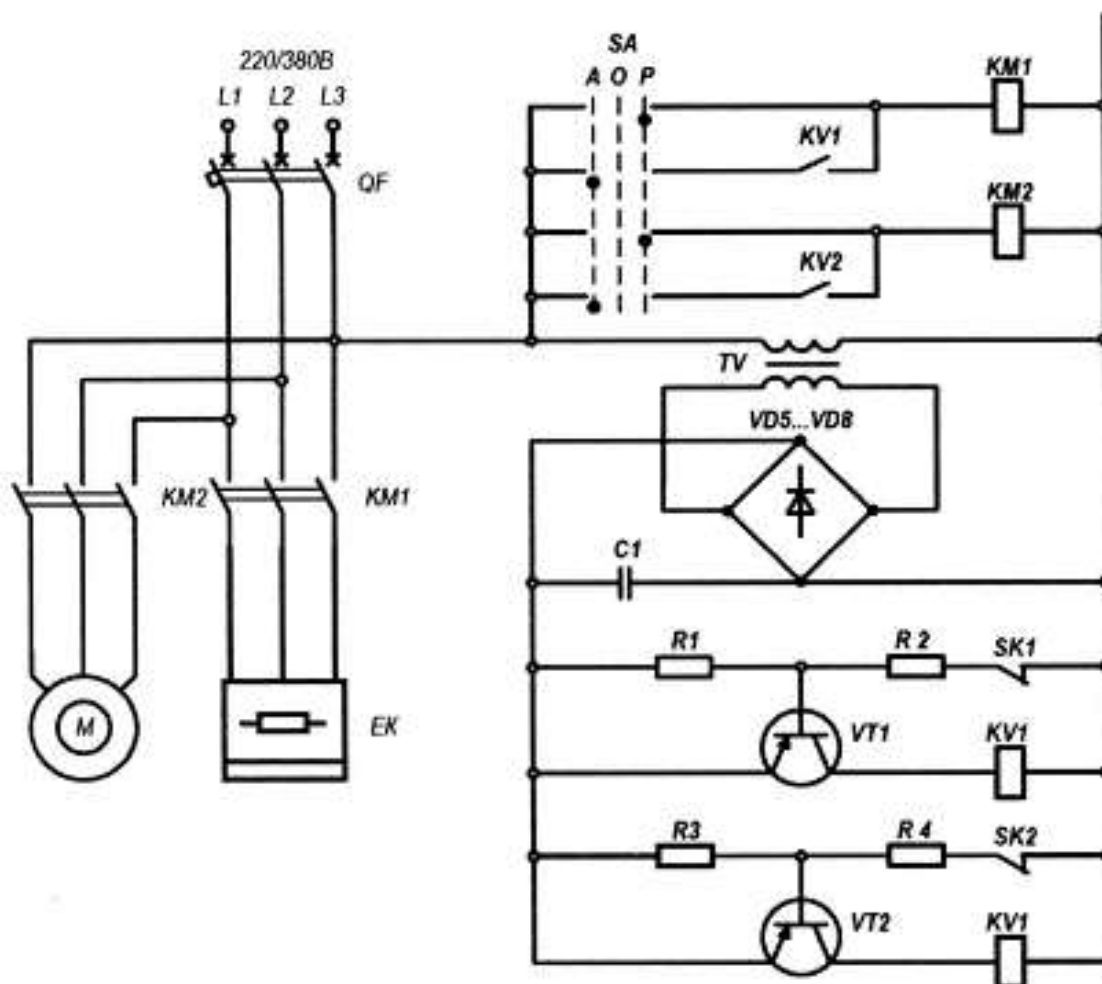


Рисунок 5 – Электрическая принципиальная схема управления водонагревателем ВЭП-600.

Схема управления на транзисторных ключах (рисунок 5) работает следующим образом. При малой температуре воды контакты SK1 и SK2 термодатчиков замкнуты, реле KV1 и KV2, а также магнитные пускатели KM1 и KM2 включены. При повышении температуры воды в баке размыкается контакт SK1, транзистор VT1 закрывается, реле KV1 отключается и своими контактами отключает магнитный пускатель KM1 электронагревателя EK.

Таким же образом действует на отключение пускателя KM2 насоса термореле SK2. При снижении температуры возвратной воды контакты SK2 замыкаются, транзистор VT2 открывается, срабатывает реле KV2 и включает магнитный пускатель KM2 электронасоса, благодаря этому охлажденная вода в автопоилках заменяется на тёплую из бака. Ручное включение и отключение установки ВЭП осуществляется переводом переключателя в положение P и O.

Принципиальная электрическая схема водонагревателя типа ВЭП-600 с тиристорным регулированием (рисунок 5) работает аналогично схеме (рисунок 5). Термоконтракторы SK1 и SK2 предназначены для автоматического поддержания заданной температуры воды на выходе водонагревателя, а в самой холодной точке сети автопоения. При достижении заданной температуры термоконтракторы замыкаются, тиристоры VS1 и VS2 закрываются и обесточивают катушки магнитных пускателей KM1 и KM2.

Работа насоса осуществляется в ручном и автоматическом режимах при помощи переключателя SA. Лампа HL сигнализирует о включении нагревательного блока EK.

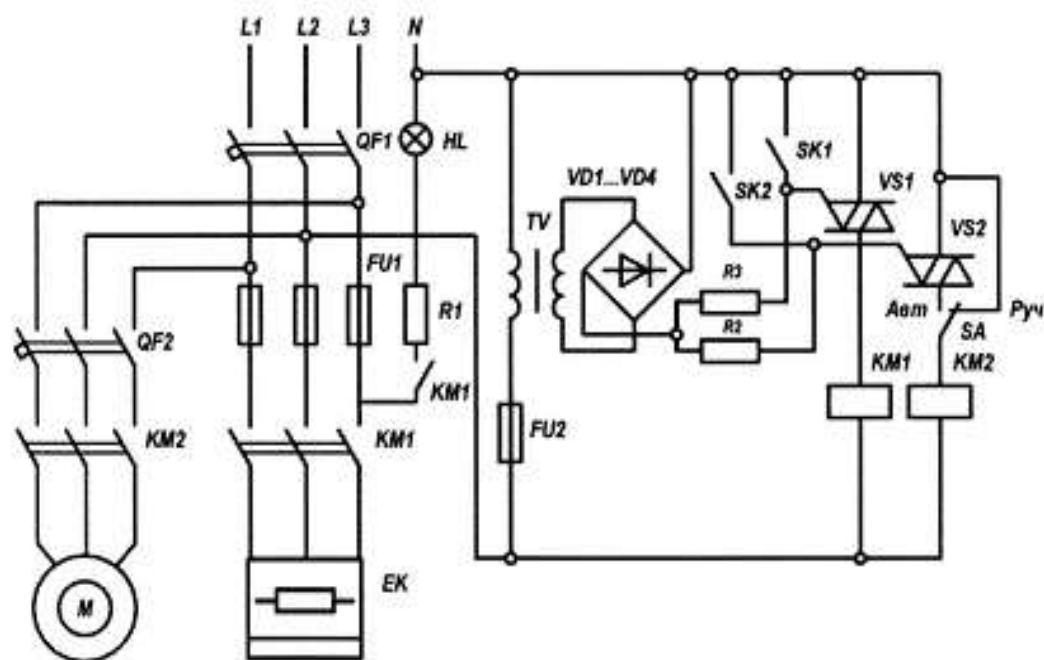


Рисунок 6 – Электрическая принципиальная схема управления водонагревателем ВЭП-600 на симисторах.

Техническое обслуживание электроводонагревателей выполняют на месте их установки без демонтажа и разборки. Технология технического обслуживания электронагревателей (емкостных и проточных) включает ряд последовательно выполняемых операций:

1. Стеклянным технологическим термометром проверяют температуру воды на выходе электронагревателя. Температура нагретой воды на выходе электронагревателя не соответствует требуемым значениям, если неисправны схемы автоматики (регуляторы температуры) или перегорели один или несколько трубчатых электронагревателей. В процессе технического обслуживания электронагревателя устраняют выявленную неисправность.

2. Электронагреватель отключают от сети и на коммутационном аппарате помещают плакат «НЕ ВКЛЮЧАТЬ. РАБОТАЮТ ЛЮДИ».

3. Щеткой-сметкой, ветошью и керосином осветительным КО-30 очищают электронагреватель снаружи от пыли и грязи. Визуально проверяют отсутствие утечек воды из бака электронагревателя (резервуар для воды) и из трубопроводов.

4. При помощи ключей, отверток и молотка снимают защитную крышку (может быть две) нагревательного устройства и проверяют надежность крепления контактов питающего кабеля (проводов). Ослабленные контакты крепления подтягивают. При снятой защитной крышке определяют работоспособность каждого трубчатого электронагревателя и целостность их нагревательных элементов. После этого защитную крышку устанавливают на место.

5. Проверяют исправность заземления корпуса электронагревателя. Убедившись в его наличии, измеряют величину переходного сопротивления контакта заземления, которая не должна превышать 0,1 Ом между проводником и наиболее доступной металлической частью электронагревателя. Если величина измеряемого сопротивления оказалась больше 0,1 Ом, то контактное соединение разбирают и

тщательно зачищают контактные поверхности (бака и заземляющего провода) до металлического блеска; зачищенные места покрывают соответствующей смазкой.

Затем собирают соединения и повторно измеряют переходные сопротивление, которое должно быть не более 0,1 Ом.

6. Производят техническое обслуживание элементов шкафа управления.

7. С коммутационного аппарата снимают плакат «НЕ ВКЛЮЧАТЬ. РАБОТАЮТ ЛЮДИ», и включают под напряжение электронагреватель. Нормальная работа электронагревателя определяется требуемой температурой воды на его выходе. Исправный электронагреватель следует передать обслуживающему персоналу.

Текущий ремонт электроводонагревателей выполняют на месте их установки без демонтажа, но с частичной разборкой. Ремонтируют элементы нагревательного блока (трубчатых электронагревателей) и настраивают регуляторы температуры и предохранительные клапаны на базах текущего ремонта электрооборудования хозяйств (колхозов и совхозов).

Технология текущего ремонта электроводонагревателей (емкостных и проточных) включает следующие виды работ.

1. *Подготовка к текущему ремонту.* Отключают электроводонагреватель от сети и на коммутационном аппарате вешают плакат: «НЕ ВКЛЮЧАТЬ. РАБОТАЮТ ЛЮДИ». Затем определяют, что будут ремонтировать в первую очередь: электроводонагреватель или шкаф управления. Если вначале будут ремонтировать электроводонагреватель, то перекрывают вентиль трубопровода и сливают холодную воду из электроводонагревателя через спускной кран.

Щеткой-сметкой и ветошью обтирочной, а также керосином осветительным КО-30 и бензином авиационным Б-70 очищают электроводонагреватель снаружи от пыли и грязи.

2. *Разборка.* Пользуясь необходимыми ключами, отвертками и молотками, снимают защитные крышки с нагревательного устройства и температурного реле, отсоединяют питающий кабель, провода от температурного реле и проводник заземления, демонтируют съемный фланец с трубчатыми электронагревателями, демонтируют трубчатые электронагреватели, снимают температурное реле, отсоединяют патрубок трубопровода горячей воды, снимают кран на трубопроводе холодной воды и обратный клапан, а также крышку кожуха электроводонагревателя.

3. *Предварительная деффектовка.* После разборки электроводонагревателя проверяют пригодность трубчатых электронагревателей к дальнейшей эксплуатации. Измеряют сопротивление нагревательных элементов и сопротивление их изоляции относительно корпуса. Величина сопротивления нагревательного элемента не должна превышать более чем на 20% величину его сопротивления в момент поставки, а величина сопротивления изоляции должна быть не менее 1 МОм. Трубчатые электронагреватели, у которых сопротивление нагревательного элемента увеличилось более, чем на 20% по сравнению с его значением в момент поставки, выбраковывают. Трубчатые электронагреватели с сопротивлением изоляции относительно корпуса менее 1 МОм сушат, в результате чего в большинстве случаев удается восстановить необходимую величину сопротивления изоляции, подняв ее значительно выше значения 1 МОм.

Трубчатые электронагреватели обычно сушат в термостатах. Предварительно снимают фарфоровый изолятор и острым предметом (например, шилом) нарушают в торце трубчатого электронагревателя слой изоляционного лака, что облегчает удаление влаги из него. После просушки и восстановления сопротивления изоляции выше 1МОм

торец трубчатого электронагревателя изолируют термостойким лаком и надевают фарфоровый изолятор.

4. *Очистка.* Этот вид работы предусматривает удаление накипи и грязи с внутренней поверхности бака (резервуара для воды) электроводонагревателя, с внутренней поверхности входного и выходного патрубков трубопроводов, с наружной поверхности трубчатых электроводонагревателей, а также с наружной поверхности крепежных изделий.

Для очистки электроводонагревателей рекомендуется применять щетку из стальной проволоки, 5%-ный процентный раствор соляной кислоты, ветошь обтирочную и керосин осветительный КО-30.

5. *Окраска.* В процессе длительной эксплуатации электроводонагревателей, особенно в животноводческих помещениях, где окружающая среда характеризуется наличием агрессивных газов, металлические поверхности оборудования значительно повреждаются коррозией.

Срок службы ремонтируемых электроводонагревателей можно продлить, хорошо их окрашивая. Для этих целей следует применять шпатлевку КФ-003, грунтовку ГФ-020, краску БТ-177, алюминиевую пудру, эмали ПФ-133 и БТ-99.

6. *Окончательная дефектовка.* Перед сборкой электроводонагревателя проверяют наличие теплоизоляции. При необходимости ее пополняют. В качестве теплоизоляции обычно применяют минеральную вату.

Измеряют сопротивление изоляции питающего кабеля (проводов) и проводов, идущих к температурному реле (одному или двум). Величина сопротивления изоляции должна быть не менее 0,5 МОм, в противном случае провода заменяют.

Проверяют целостность спирали и сопротивление изоляции трубчатых электронагревателей, прошедших сушку. К дальнейшей эксплуатации допускаются трубчатые электронагреватели, сопротивление изоляции которых в процессе сушки стало больше 1МОм. Трубчатые электронагреватели, не восстановившие своих изоляционных свойств, заменяют. Кроме этого, проверяют целостность изоляторов. Изоляторы, имеющие трещины и сколы заменяют.

При помощи устройства проверки и настройки регуляторов температуры контролируют работу температурного реле. При необходимости их настраивают или заменяют. Визуально проверяют работоспособность запорного крана и обратного клапана трубопроводов холодной воды и, если нужно, их ремонтируют или заменяют. Проверяют состояние всех прокладок, изношенные заменяют.

Осматривают крепежные детали: болты, шпильки, гайки. Поврежденные детали выбраковывают если повреждено более 20% ниток резьбы, имеются трещины и надрывы возле головок болтов, уменьшился более чем на 10% диаметр шпилек и болтов в результате коррозии.

7. *Сборка.* Выполняют в обратной последовательности разборки. Используя необходимые ключи, отвертки и молоток, прежде всего, монтируют трубчатые электронагреватели на съемном фланце и соединяют их перемычками. Затем устанавливают на место съемный фланец (может быть два съемных фланца) с трубчатыми электронагревателями, температурное реле (может быть два реле), крышку электроводонагревателя входной и выходной патрубки, запорный кран и обратный клапан.

Подключают питающий кабель (провода) и провод температурного реле. Подключают проводник заземления, и замеряют величину переходного сопротивления контактов заземления. Переходное сопротивление между зажимом заземления и

наиболее доступной металлической частью электроводонагревателя, в том числе и съемный, должно быть не более 0,1 Ом (ГОСТ 19348-74). В противном случае соединение разбирают, зачищают шлифовальной шкуркой зернистости 4 контактные поверхности до металлического блеска, покрывают их жировой смазкой и снова собирают соединение, а затем измеряют величину переходного сопротивления. Убедившись, что оно находится в требуемых пределах, ставят на место защитные крышки нагревательного устройства и температурного реле. Закончив ремонт электроводонагревателя, приступают к ремонту шкафа управления.

8. *Ремонт шкафа управления.* Отремонтировав шкаф управления, проверяют работоспособность всей электротермической установки.

Для этого с коммутационного аппарата снимают плакат: «НЕ ВКЛЮЧАТЬ. РАБОТАЮТ ЛЮДИ». Заполняют электроводонагреватель водой и включают в работу. Визуально убеждаются в отсутствии течи воды из бака (резервуара для воды) и в трубопроводе. Термометром измеряют температуру воды на выходе электроводонагревателя, которая должна соответствовать паспортным данным. Убедившись в исправности и работоспособности электроводонагревателя, его сдают обслуживающему персоналу.

3.2.Методика выполнения работы.

4. Анализируя работу схемы управления определить наиболее вероятные ее неисправности, и указать способы их устранения.

Проанализировать рисунок 5, 6 записать в таблицу 1 10-15 возможных неисправностей схемы.

Таблица 1 – Неисправности схемы управления

Возможная неисправность	Вероятная причина	Способ устранения

5. Провести обслуживание водонагревателя, устранить все обнаруженные неисправности данные занести в таблицу 2.

2.1. Провести включение

2.1.1. Сначала спустите воздух из водонагревателя, одновременно открыв кран подачи холодной воды и один из кранов разбора горячей воды.

2.1.2. Проверьте на отсутствие течи.

2.1.3. Подайте напряжение питания.

2.2. Удалите накипь с нагреваемого элемента.

2.2.1. Перед чисткой отключите водонагреватель от электрической сети.

2.2.2. Перекройте подачу холодной воды в водонагреватель.

2.2.3. Откройте кран разбора горячей воды 2 (рисунок 7)

2.2.4. Откройте предохранительный клапан (1); если он не оборудован ручкой для слива, то его необходимо демонтировать.

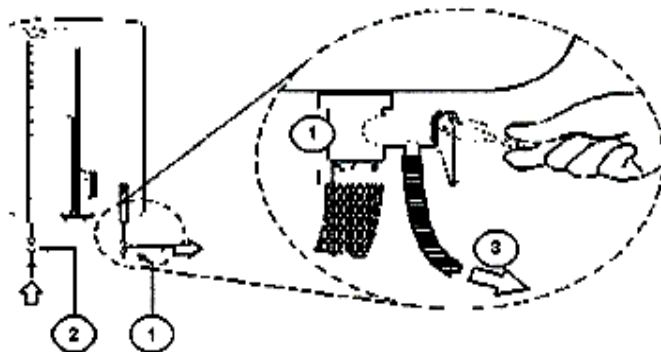


Рисунок 7 – Порядок демонтажа ТЭНов

- i. Открутите гайки, удерживающие фланец.
- ii. Выньте фланец и аккуратно удалите накипь с ТЭНа вручную или при помощи чистящих средств. Можно также аккуратно и слегка удалить накипь с бака (накипь на поверхности бака, как правило, является дополнительной защитой от коррозии).

2.3. Проведите оперативную проверку термостата

2.3.1. Выставьте термостат в положение максимальной температуры, повернув отверткой регулировочный винт в направлении (+).

2.3.2. Подключите тестер (омметр).

2.3.3. Убедитесь, что все компоненты термостата замкнуты (2 или 3, в зависимости от модели).

2.3.4. Выставьте термостат в минимальное положение, повернув отверткой регулировочный винт в направлении (-). Подключите тестер.

2.3.5. Нагрейте колбу или стержень термостата зажигалкой. Термостат должен выключиться (тестер покажет отсутствие тока – бесконечное сопротивление).

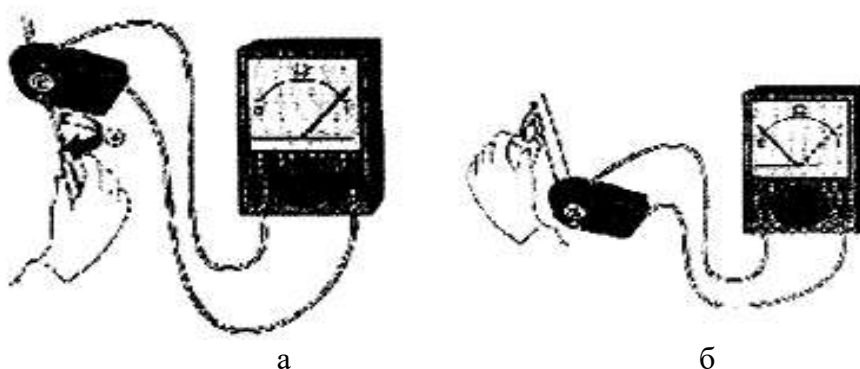


Рисунок 8 – Порядок проверки термостата: а- на включение; б - на выключение.

2.3.6. Замените термостат, если он не разорвет электрическую цепь.

2.4. Проведите оперативную проверку ТЭНов.

2.4.1. Определите омметром целостность ТЭНов (рисунок 9, а)

2.4.2. Определите отсутствие токов утечки измерив сопротивление между ТЭНов и корпусом (рисунок 9, б). Если по цепи течет ток, замените ТЭН.

2.4.3. Провести измерение сопротивления изоляции ТЭНа и сопротивление нагревательного элемента ТЭНа. Результаты занести в таблицу 2.

2.4.4. Расчитайте мощность ТЭНа с равните с номинальной. Сделайте заключение об исправности ТЭНа.

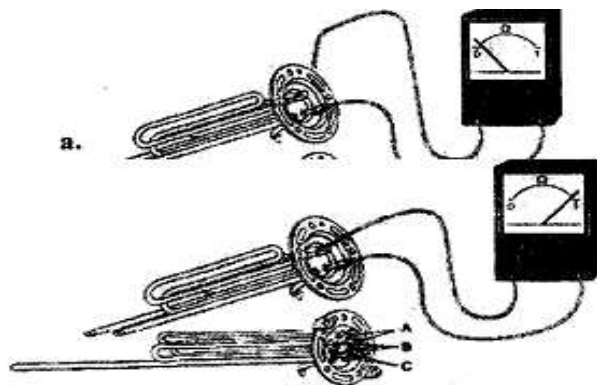


Рисунок 9 – Порядок проверки ТЭНов: а - на обрыв; б – на утечку.

Таблица 2 – Оперативная проверка ТЭНов.

Эскиз нагревательного элемента	Измеренное сопротивление изоляции ТЭНа, МОм	Измеренное сопротивление нагревательного элемента ТЭНа, Ом	Расчетная мощность ТЭНа, Вт; Номинальная мощность ТЭНа, Вт	Заключение об исправности ТЭНа.

При расчета мощности ТЭНа принимать номинальным напряжением однофазной цепи 230 В.

2.5. Убрать рабочее место.

2.6. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель работы
2. Необходимые рисунки и таблицы.
3. Описание принципа действия схем.
4. Вывод о техническом состоянии.
5. Ответы на контрольные вопросы.

5. Контрольные вопросы

6. Как правильно провести очистку проточного водонагревателя?
7. Для чего предназначены проточные водонагреватели?
8. Что собой представляет водонагреватель ВАЭ-70?
9. Какие операции проводят при подготовке водонагревателя к текущему ремонту?

Выберите один правильный ответ

1. Что проверяют стеклянным технологическим термометром?

- а) температуру нагретой воды на выходе электроводонагревателя;
- б) температуру воды на входе электроводонагревателя;
- в) температуру воды внутри резервуара;
- г) давление воды на входе электроводонагревателя;
- д) давление воды на выходе электроводонагревателя.

2. Величина сопротивления нагревательного элемента (ТЭНа) не должна превышать более чем на:

- а) 10% величину его сопротивления в момент поставки;
- б) 20% величину его сопротивления в момент поставки;
- в) 30% величину его сопротивления в момент поставки;
- г) 40% величину его сопротивления в момент поставки.

3. Для каких целей применяют шпатлевку КФ-003, грунтовку ГФ-020?

- а) сборка;
- б) разборка;
- в) очистка;
- г) окраска.

4. При установке электроводонагревателя автоматический выключатель подбирается в зависимости от:

- а) температуры;
- б) мощности;
- в) давления;
- г) тока;
- д) напряжения.

5. Что из перечисленного не входит в текущий ремонт электроводонагревателя:


- а) разборка;
- б) сборка;
- в) окраска;
- г) проверка ТЭНов;
- д) предварительная дефектовка электроводонагревателя;
- е) окончательная дефектовка электроводонагревателя.

6. Список используемых источников

- 13. Правила устройства электроустановок. -М.: Энергоатомиздат, 1987
- 14. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. -М.: Агропромиздат, 1987
- 15. Эксплуатация и ремонт электроустановок. / Под редакцией Пястолова А.А.-М.: Колос, 1976
- 16. Янукович Г.И., Янукович Д.Г., Ермолаев В.С. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования. -Мн.: Ураджай, 2000
- 17. Пястолов А.А., Мешков А.А., Вахрамеев А.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. -М.: Колос, 1981
- 18. Баран А.Н., Качан Н.Г., Шедько А.М. Технология электромонтажных работ. -Мн.: Дизайн ПРО, 2000

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 58

Тема: Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования животноводческих ферм

Цель: Научиться проводить техническое обслуживание схем управления в условиях животноводческих помещений.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: методические указания, шкаф управления, уайт-спирт, шкурка шлифовальная, набор ключей, ветошь обтирочная, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, мегомметр, мультиметр, амперметр, мост постоянного тока, ЛАТР, надфиль плоский, мегомметр, кисть, соединительные провода, технический вазелин.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016 (прилагаются отдельно)

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть ограждены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [17] с 9-16.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Пройти входной контроль.
- 2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4 Убрать рабочее место.
- 2.5 Ответить на контрольные вопросы.
- 2.6 Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

Своевременное отыскание неисправностей в схемах управления электроприводами и в схемах автоматического управления позволяет снизить вероятность преждевременного отказа. Умения приобретенные учащимися при прохождении практической работы помогут учащимся научиться быстро находить и устранять неисправности в схемах управления, а следовательно снижать простой электрооборудования и уменьшать качество бракованной продукции.

Одна из важнейших задач при отыскание неисправностей в схемах управления электроприводами и в схемах автоматического управления - выбрать такую стратегию поиска неисправностей, при которой требуется минимальное время для обнаружения неисправного элемента. Программа поиска неисправностей зависит от принятого метода. На практике, при обнаружении неисправностей используют следующие методы:

1. Метод последовательных поэлементных проверок Неисправности ведут путем проверки элементов по одному в определенной заранее выбранной последовательности.

2. Метод последовательных групповых проверок. Состоит в том, что всю систему делят на отдельные группы элементов, устройств, блоков и т.д. Путем измерения параметров выявляют группу, содержащую неисправность. Затем поиск неисправности ведут в этой группе.

3. Комбинированный метод заключается в том, что в процессе поиска неисправностей измеряют определенную совокупность параметров и по результатам этих измерений делают заключение о неисправном элементе.

После выбора и оптимизации программы поиска необходимо выбрать **способ** проверки исправности конкретного элемента.

При эксплуатации схем автоматизации и схем управления электропроводами используют следующие способы:

- **Способ внешнего осмотра.** Путем внешнего осмотра схемы проверяют состояние монтажа (отсутствие повреждений изоляции, обрывов, замыканий, подгорания, пробоев), внешний вид деталей (резисторов, конденсаторов, полупроводниковых элементов, катушек, контактов), наличие

предохранителей, их исправность и соответствие номинальным данным, отсутствие искрения, степень нагрева и т.д.

- **Способ замены.** Подозреваемые блоки, узлы, аппараты заменяют исправными. Достоинство способа - простота реализации и быстрота проверки. Недостаток необходимости иметь большое количество запасных деталей, блоков и т.д.

- **Способ промежуточных измерений.** При этом способе с помощью контрольно-измерительной аппаратуры измеряют напряжения, токи, сопротивления, снимают осциллограммы в различных точках. Результаты измерений сравнивают с данными эксплуатационной документации и делают вывод о состоянии элемента.

- **Способ характерного признака.** Сущность состоит в том, что на вход контролируемого устройства подают сигнал с определенными, заранее заданными характеристиками. По характерным признакам выходного сигнала судят о месте повреждения. Выбор метода и способа определения неисправностей в схемах управления и автоматизации зависит от сложности схемы, количества элементов в схеме, наличия диагностической аппаратуры, резервного фонда запасных частей и квалификация обслуживающего персонала.

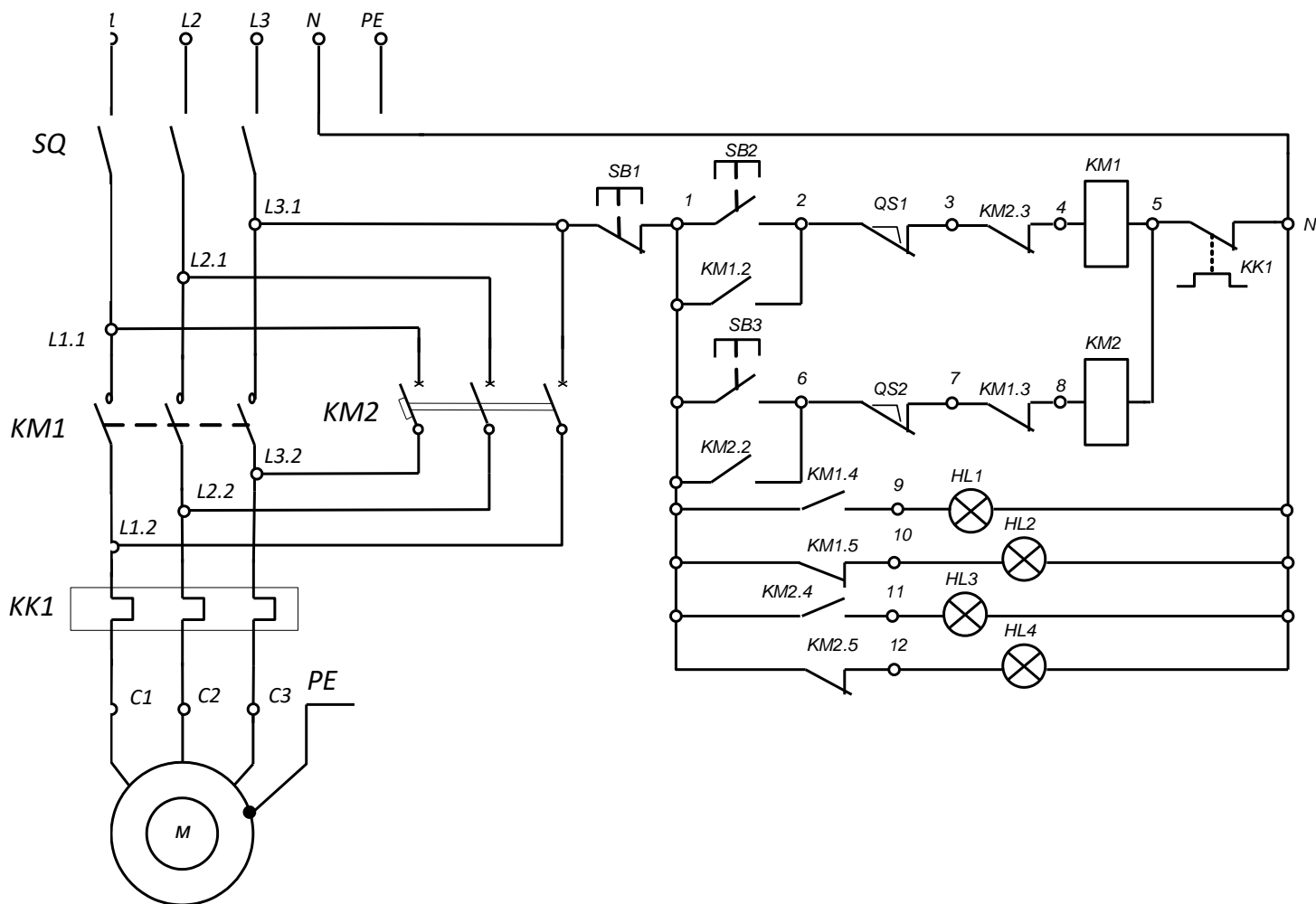


Рисунок 1 – Схема управления реверсивным магнитным пускателем.

Описание работы схемы

При включении рубильника (рисунок 1) QS1 питание подается на силовые контакты магнитных пускателей KM1 и KM2 и на пусковые кнопки SB2 и SB3 схемы управления. При этом загораются сигнальные лампы HL2 и HL4, указывающие на защиту цепей схемы управления.

При нажатии кнопки SB2 через контакты KM2.3, SQ1 и KK1 получает питание катушка магнитного пускателя KM1. При этом включаются силовые контакты KM1 в цепи питания двигателя, осуществляющие движение «вперед». Отключается сигнальная лампа HL2 и включается сигнальная лампа HL1.

Для того, чтобы блокировать включение магнитного пускателя KM2 в цепи питания катушки включен контакт KM1.3, разъединяющийся при включении KM1. Запуск двигателя в обратном направлении возможен при нажатии кнопки «СТОП» SB1. И только после этого нажатием кнопки «ПУСК» SB3.

3.2. Методика выполнения работы.

3.2.1. Анализируя работу схемы управления определить наиболее вероятные ее неисправности, и указать способы их устранения.

1.1. Условие 1. При нажатии кнопки SB3 не включается магнитный пускатель KM2, а магнитный пускатель KM1 - включается. Сигнальные лампы HL2 и HL4 - горят.

Методика поиска. При отключении рубильника QS1 проверяем целостность катушки магнитного пускателя KM2 (точки 5...8) с помощью омметра, а затем замкнутое состояние контактов KM1.3 (точки 7...8), QS2 (точки 6...7). Кнопки SB3 (точки 1...6).

Контакты KM1.3, SB3, SB1, - должны быть замкнуты. Катушка KM1 должна иметь сопротивление $R \approx 2000 \text{ Ом}$

Если одно или несколько условий невыполняется, определяется причина неисправности, неисправность устраняется и делается попытка включить схему в работу.

1.2. Условие 2. Магнитные пускатели KM1 и KM2 не включаются. Сигнальные лампы HL1 ... HL4 - не горят.

Методика поиска: При отключенном рубильнике QS1 омметром проверяем состояние контактов теплового реле. Отключенный контакт надо включить. Если работоспособность схемы не восстановлена, необходимо, проверить наличие напряжения в точках N и 1, при включенном рубильнике QS1.

1.3. Проанализировать схему и записать в таблицу 1. 5-7 возможных неисправностей схемы.

Таблица 1 – Неисправности схемы управления рисунок 1.

Возможная неисправность	Вероятная причина	Способ устранения

3.2.2. Провести проверку заданной схемы управления, устранить все обнаруженные неисправности данные занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Неисправности схемы управления

Неисправность	Причина	Метод обнаружения	Способ устранения

3.3.3. Сделать вывод о техническом состоянии схемы управления.

3.3.4. Убрать рабочее место.

3.3.5. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель работы
2. Необходимые рисунки и таблицы.
3. Описание работы принципа действия схемы.
4. Последовательность выполнения работы.
5. Методы обнаружения неисправностей.

6. Вывод о техническом состоянии схемы управления.

5. Контрольные вопросы


10. Какие есть методы отыскания неисправностей?
11. Опишите работу схемы управления реверсивным магнитным пускателем.
12. Какие приборы используются для определения неисправностей в схемах?
13. Какие средства автоматизации в схеме обеспечивают контроль остановки агрегата?
14. Каким прибором можно определить обрыв в цепи управления?
15. Каким электрическим аппаратом обеспечивается защита силовой цепи от токов короткого замыкания и перегрузки?

6. Список используемых источников

19. Правила устройства электроустановок. -М.: Энергоатомиздат, 1987
20. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. -М.: Агропромиздат, 1987
21. Эксплуатация и ремонт электроустановок. / Под редакцией Пястолова А.А.- М.: Колос, 1976
22. Янукович Г.И., Янукович Д.Г., Ермолаев В.С. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования. -Мн.: Ураджай, 2000
23. Пястолов А.А., Мешков А.А., Вахрамеев А.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. -М.: Колос, 1981
24. Баран А.Н., Качан Н.Г., Шедько А.М. Технология электромонтажных работ. - Мн.: Дизайн ПРО, 2000

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 59

Тема: Техническое обслуживание, ремонт и испытание электрооборудования агрегатов по приготовлению травяной муки

Цель: Провести техническое обслуживание, ремонт и испытание электрооборудования агрегатов по приготовлению травяной муки.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: электрооборудование рабочего места, методические указания, уайт-спирт, шкурка шлифовальная, набор ключей, ветошь обтирочная, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, мегомметр, мультиметр, амперметр, надфиль плоский, кисть, соединительные провода.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть ограждены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [4] с 410-415.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Пройти входной контроль.
- 2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4 Убрать рабочее место.
- 2.5 Ответить на контрольные вопросы.
- 2.6 Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения.

Жидкое топливо подается насосом 1 и впрыскивается форсункой 2 в камеру газификации топки 3 под давление 1,2 МПа. Сюда же поступает воздух от вентилятора 21. Смесь топлива и воздуха воспламеняется от искры, создаваемой трансформатором зажигания 20.

Топочные газы, перемешиваясь с воздухом и травяной сечкой, засасываемыми вентилятором 8 циклона 7 сухой массы образуют теплоноситель с температурой 250...300 °С при получении зернофуражной муки и до 600...900 °С при сушке травяной муки. Сушильный барабан 6 загружают через горловину при помощи конвейерных транспортеров 4 и 5.

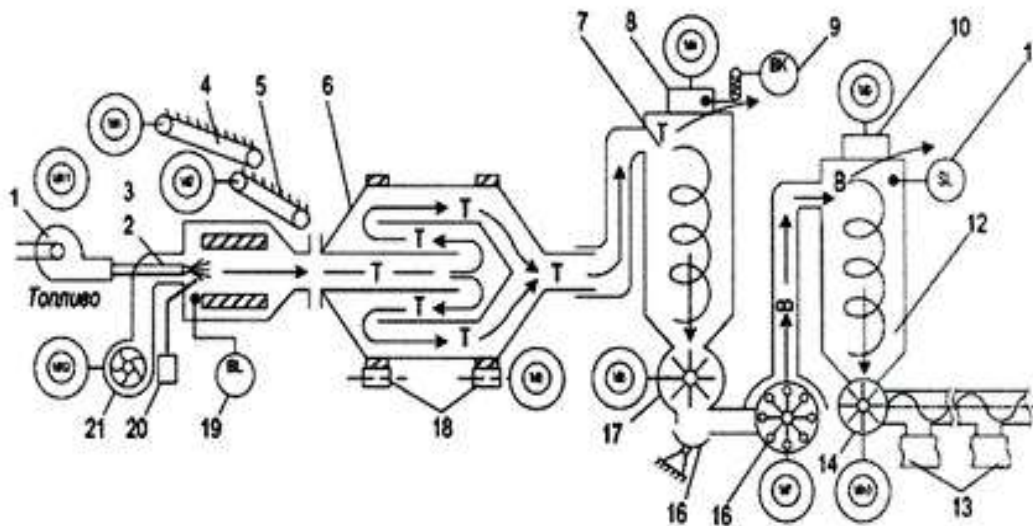


Рисунок 1 - Технологическая схема агрегата витаминной муки АВМ-1.5:

1 - топливный насос; 2 - форсунка; 3 - топка; 4 и 5 - два конвейерных транспортера; 6 - сушильный барабан; 7 - циклон сухой массы; 8 - вентилятор циклона сухой массы; 9 - датчик температуры теплоносителя; 10 - вентилятор циклона-охладителя; 11 - датчик уровня; 12 - циклоны охладителя; 13 - выгрузные люки мешконополнителей; 14 - дозаторы разгрузки циклонов-охладителей с распределительным шнеком; 15 - дробилки; 16 - камнеуловитель; 17 - дозатор циклона сухой массы; 18 - опорные ролики сушильного барабана; 19 - фотореле с фотодатчиком; 20 - высоковольтный трансформатор розжига; 21 - вентилятор топки.

Сушильный барабан, состоящий из соединенных в одно целое трех концентрических цилиндров, вращается на роликах 18 при помощи электропривода МЗ. На внутренней части каждого цилиндра приварены лопасти для ворошения и перемешивания высушиваемой массы в потоке теплоносителя. В циклоне 7 происходит отделение высушенной массы от потока топочных газов. Температура выбрасываемых газов контролируется датчиком 9. Высушенная масса дозатором 17 подается в дробилку 15. По пути под действием центробежных сил от нее отделяются в камнеуловителе 16 твердые включения (камни, металлические предметы).

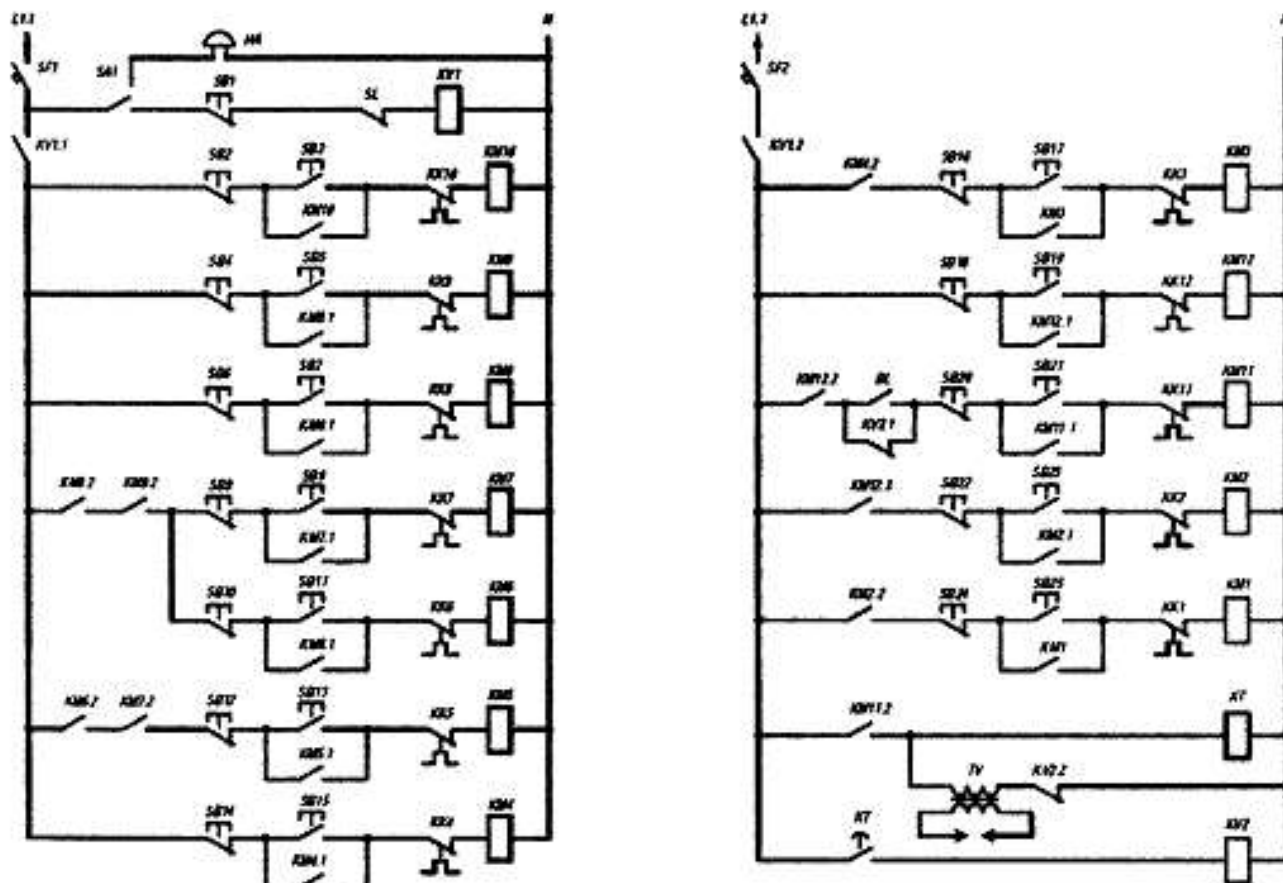


Рисунок 1 - Электрическая принципиальная схема управления механизмами АВМ-1,5.

Дробилка превращает высушенную массу в муку, которая вентилятором 10 засасывается в циклон-охладитель 12. Из циклона дозатор и шнек 14 направляют муку к выгрузным люкам 13, у которых прикреплены мешки.

Наличие пламени контролирует фотодатчик 19, температуры - термодатчик 9, предельного уровня муки в циклоне-охладителе - датчик уровня 11. Пуск и останов АВМ производится следующим образом.

Переключателем SA вначале подают звуковой сигнал HA, а затем включают реле KV1. Кнопками "Пуск" SB3...SB19 поочередно включают электродвигатели установок в последовательности, обратной технологическому потоку: двигатель M10 дозатора 14, электродвигатели M9 и M8 вентиляторов циклонов-охладителей 12, двигатели M7 и M6 дробилок 15, (на схеме рис. 1 показаны только один циклон 12 и одна дробилка 15), двигатель M5 дозатора 17 циклона сухой массы, двигатель M4 вентилятора 8, двигатель M3 сушильного барабана 6, двигатель M12 вентилятора 21 топки. Чтобы зажечь в топке факел, необходимо вручную открыть вентиль на баллоне со сжиженным газом и кнопкой SB21 пустить двигатель M11 топливного насоса. При этом блок-контакты KM11.2 магнитного пускателя включают трансформатор зажигания TV и реле выдержки времени KT. При зажженном газовом факеле открывают кран топлива и зажигают основной факел. После этого замыкается контакт датчика BL контроля пламени. В случае безуспешного розжига топки (пламени нет) реле KT при помощи реле KV2 отключает с выдержкой времени двигатель M11 топливного насоса и трансформатор зажигания.

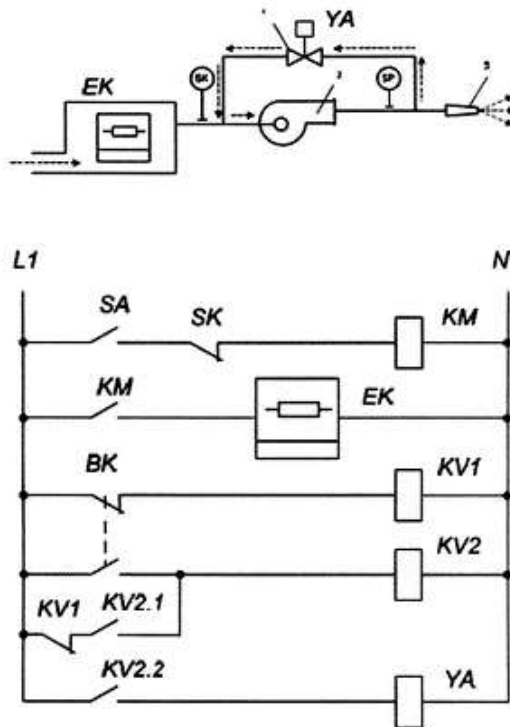


Рисунок 3 - Технологическая и принципиальная электрическая схемы управления температурой топлива и теплоносителя.

При успешном розжиге через некоторое время, когда прогреется топка, включают двигатели M2 и M1 конвейеров подачи сырой массы в топку. Для экстренного отключения всех механизмов нажимают кнопку SB1. Автоматически они отключаются датчиком предельного уровня SL травяной муки в циклоне-охладителе 12. В нормальных условиях агрегат останавливают в обратной последовательности кнопками SB24, SB22, SB20, SB16...SB2. Двигатели M12 и M4 вентиляторов топки и циклона 7 оставляют включенными до полного остывания топки, а затем отключают кнопками SB18 и SB14. Процесс сушки пока автоматизирован частично и ограничивается только управлением температуры. Температуру теплоносителя на выходе регулируют по температуре газов на выходе из циклона 7 изменением подачи топлива к форсунке. При увеличении температуры газов переключаются контакты датчика температуры BK

(рис. 3, а), которые включают реле KV2 и электромагнит YA вентиля 1, установленного на обратном трубопроводе. Вентиль 1 открывается, и часть топлива, засасываясь насосом 2 через вентиль обратно, не попадает в форсунку 3. Интенсивность горения уменьшается, и температура снижается до минимального значения, при котором контакты термодатчика BK возвращаются в исходное положение и при по мощи реле KV1 отключают электромагнит YA через реле KV2. Теперь все топливо проходит через форсунку. Температура увеличивается. Из-за инерционности термодатчика и транспортного запаздывания часто наблюдается пересушивание травяной муки, что резко снижает ее кормовые показатели. Вследствие этого необходимо создать работоспособную систему управления не только температурой, но и влажностью травяной муки на выходе. Температура топлива, подаваемого насосом в топку, поддерживается на уровне 75°C при помощи контактного термодатчика SK, управляющего электромагнитным пускателем KM электронагревателя EK.

Давление топлива перед форсункой контролируется манометром P.

Схемы управления имеют световую сигнализацию о работе всех механизмов и общую аварийную звуковую сигнализацию.

3.2.Методика выполнения работы.

3.2.1.Анализируя работу схемы управления определить наиболее вероятные ее неисправности, и указать способы их устранения.

Проанализировать схемы, рисунок 2-3 записать в таблицу 1. 10-15 возможных неисправностей схемы.

Таблица 1 – Неисправности схемы управления.

Возможная неисправность	Вероятная причина	Способ устранения

3.2.2. Провести проверку заданной мастером схемы управления, устранить все обнаруженные неисправности данные занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Неисправности схемы управления

Неисправность	Причина	Метод обнаружения	Способ устранения

3.3.3. Сделать вывод о техническом состоянии схемы управления.

3.3.4. Описать методику поиска неисправностей и найти все возможные неисправности при известных следующих условиях

1. При переключении переключателя SA в начале пуска установки не срабатывает звуковой сигнал
2. При нажатии кнопки SB3 электропривод загрузки включается но после отпускане ее электропривод перестает работать.
3. При нажатии кнопки SB5 силовые контакты магнитного пускателя не замыкаются.
4. При нажатии кнопки SB9 дробилка 1 не запускается.
5. В цепи управления температуры топливо теплоносителя не срабатывает нагревательный элемент ЕК.
6. В цепи управления температуры топливо теплоносителя подается много топливо на форсунку.

3.3.5.Убрать рабочее место.

3.3.6. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель работы
2. Необходимые рисунки и таблицы.
3. Описание работы принципа действия схемы.
4. Ответ на практическое задание.
5. Вывод о техническом состоянии схемы управления.

5. Контрольные вопросы

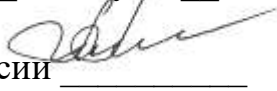
16. Какие способы отыскания неисправностей в схеме управления и автоматизации Вы знаете?
17. Опишите работу схемы управления агрегата травяной муки.
18. Какие приборы используются для определения неисправностей в схемах?
19. Какие средства автоматизации в схеме обеспечивают контроль температуры и влажности зерна?
20. Каким прибором можно определить обрыв в цепи управления?
21. Каким электрическим аппаратом обеспечивается защита силовой цепи от токов короткого замыкания и перегрузки?

6. Список используемых источников

25. Правила устройства электроустановок. -М.: Энергоатомиздат, 1987
26. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. -М.: Агропромиздат, 1987
27. Эксплуатация и ремонт электроустановок. / Под редакцией Пястолова А.А.- М.: Колос, 1976
28. Янукович Г.И., Янукович Д.Г., Ермолаев В.С. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования. -Мн.: Ураджай, 2000
29. Пястолов А.А., Мешков А.А., Вахрамеев А.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. -М.: Колос, 1981
30. Баран А.Н., Качан Н.Г., Шедько А.М. Технология электромонтажных работ. - Мн.: Дизайн ПРО, 2000

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАР-
НО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии
электротехнических предметов
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии 
М.В. Азарушкина

Специальность: 5-04-0812-03 «Эксплуатация энергетического оборудования в сельском хозяйстве»

Учебная практика: для получения квалификации рабочего «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования 3-4 разряда»

Практическая работа № 60

Тема: Техническое обслуживание, ремонт и испытание электрооборудования агрегатов активного вентилирования

Цель: Провести техническое обслуживание, ремонт и испытание электрооборудования агрегатов активного вентилирования.

Время выполнения: 6 часов

Место выполнения: Электромонтажная мастерская

Дидактическое и методическое обеспечение: электрооборудование рабочего места, методические указания, уайт-спирт, шкурка шлифовальная, набор ключей, ветошь обтирочная, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, мегомметр, мультиметр, амперметр, надфиль плоский, кисть, соединительные провода.

Обеспечение безопасности: инструкция по охране труда № 24-2016,34-2016,02-2016

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании. Участки, которые подлежат техническому обслуживанию, должны быть ограждены и обеспечены плакатами «**Не включать, работают люди!**» При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить старшего электрика или ответственного за проведение работ на данном участке. Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое электромонтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Категорически запрещается:

- подавать напряжение на рабочее место без разрешения преподавателя;
- касаться руками неизолированных проводов и соединительных контактов;
- брать недостающие приборы и инструменты без разрешения преподавателя с других столов;
- оставлять пометки на столах и оборудовании.
- находиться в аудитории в состоянии алкогольного, наркотического или остаточного опьянения.

Последовательность выполнения работы

1. Внеаудиторная подготовка

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [9] с 410-415.
- 1.2. Изучить инструкцию по технике безопасности.
- 1.3. Подготовить бланк отчета.

2. Работа в мастерской

- 2.1 Пройти входной контроль.
- 2.2 Подготовить рабочее место к выполнению работы.
- 2.3 Выполнить практические задания, согласно методическим рекомендациям.
- 2.4 Убрать рабочее место.
- 2.5 Ответить на контрольные вопросы.
- 2.6 Оформить и сдать отчет.

3. Методические указания

3.1. Теоретические сведения

Из-за увеличенной интенсивности дыхания при повышенной влажности и температуре зерно самосогревается, поражается плесневыми грибами, микроорганизмами и быстро теряет семенные и продовольственные качества.

Масса зерна в бункере активного вентилирования продувается холодным или подогретым воздухом и этим предупреждает самосогревание, охлаждает и подсушивает зерновые насыпи.

Бункер активного вентилирования зерна оборудован датчиками контроля влажности, датчиками уровня, вентилятором, электрокалорифером, норией, заглушкой, датчиком положения, звуковой и световой сигнализацией.

Сравнительные характеристики машин участвующих в процессе приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика бункеров активного вентилирования зерна

Параметры	Единицы измерения	Марка бункера		
		БВ-12,5	БВ-25	БВ-50
Объем бункера	м ³	17,5	35,0	70,0
Емкость (по пшенице)	т	12,5	25,0	50,0
Диаметр бункера	м	1,85	3,23	3,23
Габаритные размеры:				
высота		8,45	7,875	11,855
ширина		3,5	4,5	4,5
длина	м	3,5	4,5	4,5
Подача воздуха	м ³ /ч	5600	11300	22500
Установленная мощность,:				
с электроподогревом воздуха на 6 ⁰ С.	кВт	17,5	25,5	49,0
без подогрева воздуха		5,5	7,5	13,0

Нория загружает зерно в бункер (рисунок 1), в котором происходит вертикальное и радиальное воздухораспределение. Бункер состоит из двух concentрических перфорированных цилиндров, образующих кольцеобразную камеру. Центробежный вентилятор забирает наружный воздух и нагнетает его в центральный цилиндр. Воздух пронизывает слой зерна от внутреннего цилиндра к наружному и отбирает излишнюю влагу. При влажности наружного воздуха более 65% включается электрокалорифер, в котором воздух подогревается на 5...6⁰С. Внутри перфорированной трубы перемещается поршень-заглушка, которым можно регулировать сушку зерна. Разгружается бункер самотеком через люк.

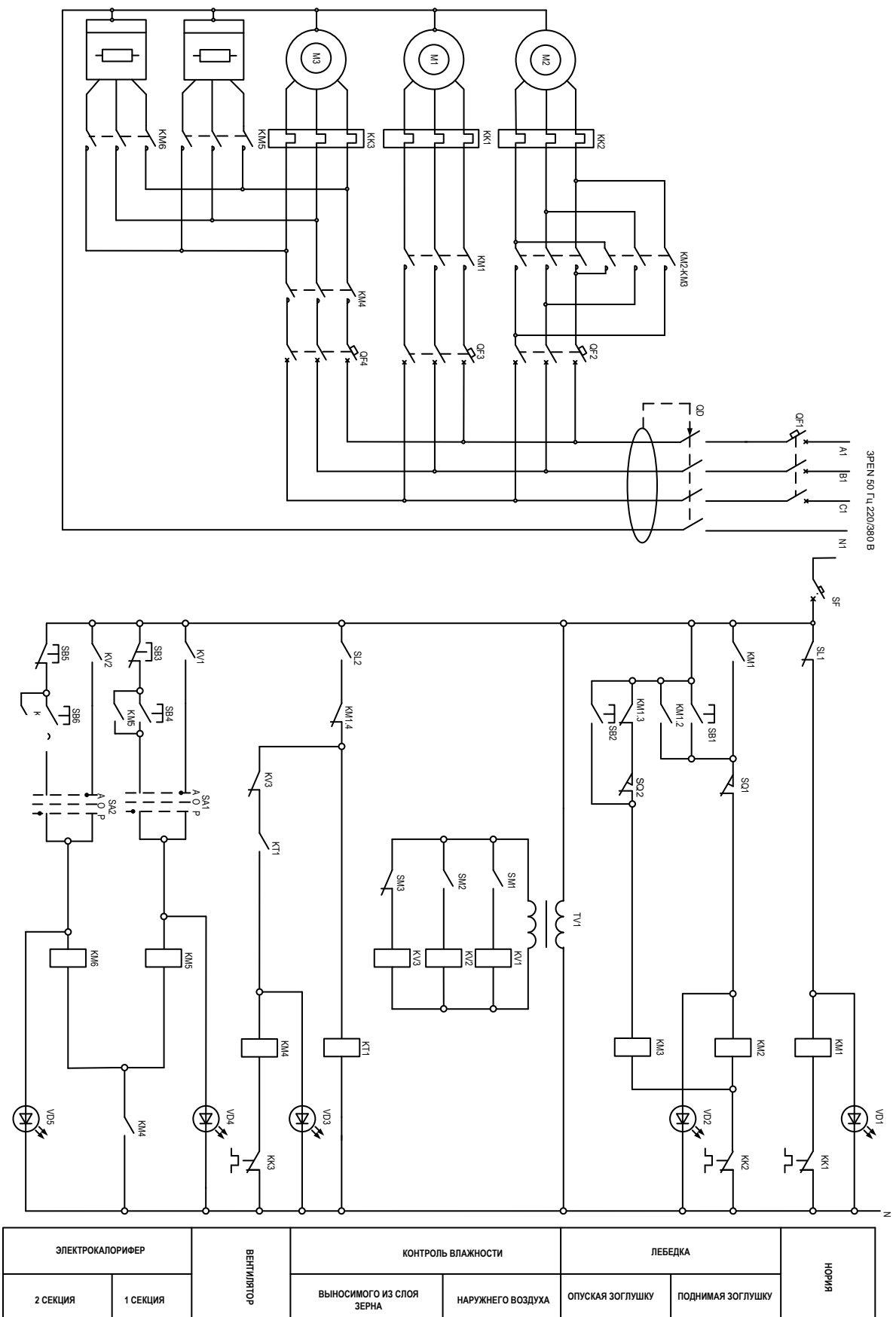


Рисунок 2 – Электрическая принципиальная схема буфера активного вентилирования с двумя секциями подогрева воздуха

Таблица 2 – Назначение элементов принципиальной схемы управления

Обозначение на схеме	Наименование	Назначение
QD	Устройство защитного отключения	Защита силовой цепи от тока утечки и короткого замыкания
QF1-QF4	Автоматический выключатель	Защита электроприводов от токов короткого замыкания и токов перегрузки
SF	Автоматический выключатель	Защита цепи управления от токов короткого замыкания
KM1	Магнитный пускатель	Дистанционного управления электроприводом нории
KM2-KM3	Магнитный пускатель	Дистанционного управления электроприводом лебедки
KM4	Магнитный пускатель	Дистанционного управления электроприводом вентилятора
KM5-KM6	Магнитный пускатель	Дистанционного управления электрокалориферами
VD1	Световая сигнализация	Подано напряжение на цепь лебедки
VD2	Световая сигнализация	Подано напряжение на цепь нории
VD3	Световая сигнализация	Подано напряжение в цепь вентилятора
VD4	Световая сигнализация	Подано напряжение в цепь электрокалорифера 1 секция
VD5	Световая сигнализация	Подано напряжение в цепь электрокалорифера 2 секция
SB1	«Пуск»	Включение электропривода опускания заглушки
SB2	«Пуск»	Включение электропривода поднятия заглушки стенда в работу
SB4	«Пуск»	Включение электрокалорифера 1 секции
SB3	«Стоп»	Отключение электрокалорифера 1 секции
SB6	«Пуск»	Включение электрокалорифера 2 секции
SB5	«Стоп»	Отключение электрокалорифера 2 секции
SQ1, SQ2	Конечный выключатель	Отключение электропривода лебедки
SM1-SM3	Влагометры	Измерение влажности зерна
SL	Датчик уровня	Контроль уровня зерна в бункере
SA	Переключатель	Выбор режима работы

Описание работы схемы

Схема системы управления предусматривает автоматический и ручной режимы работы установки. В автоматическом режиме система воздухораспределение работает следующим образом. При включении привода М1 нории контактом KM1.2 подается напряжение на катушку магнитного пускателя KM2. Включая привод М2 лебедки на подъем заглушки. Заглушка передвигается вверх, пока не разомкнутся контакты конечного выключателя SQ1 датчики уровня. Окончание загрузки и отключение нории вызывает замыкание контакта KM1.3 в цепи катушки магнитного пускателя KM3 реверсивного пускателя привода лебедки и тот отпускает заглушку вниз пока датчик в положения не коснется зерна и , разомкнув свои контакты SQ2, не отключит катушку магнитного пускателя KM3. При помощи кнопок SB3 и SB4 можно дистанционно управлять электроприводом KM2 в ручную, при этом тумблер SA должен быть разомкнут.

Управления температурой и влажностью. Переключатели SA1 и SA2 могут быть установлены в два положения: С-сушка и К-консервация при ручном-Р и автоматическом-А управления. Датчики уровня SL1 и SL2 своими контактами контролируют верхний и нижний уровень зерна в бункере. Когда уровень зерна в бункере достигает максимального значения, размыкается контакт SL1, из цепи тока выводится пускатель KM1, который своими блок-контактами KM1.4 включает реле времени KT1 и через замкнутый контакт KT1 магнитный пускатель KM4 электропривода вентилятора (переключатели SA1 и SA2 находится в положениях соответственно С и А).

Влажность воздуха на входе в слой зерна и выходе из него контролируют влагомерами с контактными датчиками SM1 и SM2, которые замыкаются при повышенной относительной влажности воздуха соответственно на входе и выходе бункера. Если влажность зерна повышенная, то выносимая воздухом влага замыкает контакты SM1, в результате чего срабатывает реле KV1, и замыкаются контакты KV1.

Через некоторое время, необходимое для продувания слоя зерна, контакты реле времени KT размыкаются. Процесс сушки продолжается до тех пор, пока до установленного значения не снизится вынос влаги из зерна. Тогда размыкаются контакты SM1, отключается KV1, и лишается питания пускатель KM4 электропривода вентилятора. Одновременно размыкающее контакты KM4.2 включают звонок НА, сигнализирующий об окончании процесса сушки.

Если при включении вентилятора влажность воздуха на выходе ниже равновесной, то выноса влаги не будет. В этом случае вентилятор отключается контактами реле времени KT1.

Электронагревательные элементы калорифера включаются только при работающем вентиляторе, когда высокая влажность воздуха на входе в зерно. В этом случае замыкаются контакты SM2 влагомера и реле KV2 включает магнитный пускатель KM5 калорифера. Отключается калорифер автоматически в результате замыкания контактов SM2 при снижении влажности окружающего воздуха.

Чтобы задать режим консервации (хранения) зерна, переключатель SA1 ставят в положение К. В этом случае управление ведется по температуре зерна, которая контролируется датчиком температуры SK, и магнитный пускатель KM4 включает вентилятор. При этом, чтобы снизить (до 65%) относительную влажность воздуха, его пропускают через электрокалорифер. Вручную оборудованием бункера управляют кнопками, предварительно установив в положение Р переключатель SA2.

3.2.Методика выполнения работы.

3.2.1.Анализируя работу схемы управления определить наиболее вероятные ее неисправности, и указать способы их устранения.

Проанализировать схемы, рисунок 2 записать в таблицу 1 10-15 возможных неисправностей схемы.

Таблица 1 – Неисправности схемы управления.

Возможная неисправность	Вероятная причина	Способ устранения

3.2.2. Провести проверку заданной мастером схемы управления, устранить все

обнаруженные неисправности данные занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Неисправности схемы управления

Неисправность	Причина	Метод обнаружения	Способ устранения

3.3.3. Сделать вывод о техническом состоянии схемы управления.

3.3.4. Описать методику поиска неисправностей и найти все возможные неисправности при известных следующих условиях

1. При переключении переключателя SA в начале пуска установки не срабатывает звуковой сигнал
2. При нажатии кнопки SB3 электропривод загрузки включается но после отпускане ее электропривод перестает работать.
3. При нажатии кнопки SB5 силовые контакты магнитного пускателя не замыкаются.
4. При нажатии кнопки SB9 дробилка 1 не запускается.
5. В цепи управления температуры топливо теплоносителя не срабатывает нагревательный элемент ЕК.
6. В цепи управления температуры топливо теплоносителя подается много топливо на форсунку.

3.3.5. Убрать рабочее место.

3.3.6. Составить отчет о проделанной работе.

4. Содержание отчёта

1. Тема и цель работы
2. Необходимые рисунки и таблицы.
3. Описание работы принципа действия схемы.
4. Ответ на практическое задание.
5. Вывод о техническом состоянии схемы управления.

5. Контрольные вопросы

22. Какие способы отыскания неисправностей в схеме управления и автоматизации Вы знаете?
23. Опишите работу схемы управления бункера активного вентилирования.
24. Какие приборы используются для определения неисправностей в схемах?
25. Какие средства автоматизации в схеме обеспечивают контроль температуры и влажности зерна?
26. Каким прибором можно определить обрыв в цепи управления?
27. Каким электрическим аппаратом обеспечивается защита силовой цепи от токов короткого замыкания и перегрузки?

6. Список используемых источников

31. Правила устройства электроустановок. -М.: Энергоатомиздат, 1987
32. Эксплуатация и ремонт электроустановок. / Под редакцией Пястолова А.А.- М.: Колос, 1976

33. Янукович Г.И., Янукович Д.Г., Ермолаев В.С. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования. -Мн.: Ураджай, 2000

34. Пястолов А.А., Мешков А.А., Вахрамеев А.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. -М.: Колос, 1981