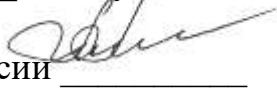


**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**АГРАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»**

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»

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

## **Практическая работа № 21**

**Тема. Монтаж распределительных устройств их испытания при сдаче в эксплуатацию**

**Цель:** Сформировать умения по разметке осей крепления распределительных устройств, выверке опорных конструкций, выбору изделий для крепления, выполнению крепления щитовой продукции к различным конструкциям, проведению ревизии аппаратуры, выполнению заземления конструкций.

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** канат, ветошь, приспособление для смазки, проволока для бандажей, канатная мазь, методические рекомендации, учебная литература.

**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. 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. Внеурочная подготовка**

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [6], с.4-27.
- 1.2 Подготовить бланк отчета.

### **2. Работа на занятии**

- 2.1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
- 2.2. Изучить теоретические сведения.
- 2.3. Выполнить упражнения по монтажу вводно-распределительных щитов, силовых сборок.
- 2.4. Сдать инструмент, материалы.
- 2.5. Убрать рабочее место.
- 2.6. Оформить отчет.

### **3. Методические указания.**

- 3.1 Теоретические сведения.

Прием и распределение в осветительных электроустановках электрической энергии осуществляется при помощи специальных электротехнических устройств — щитков, шкафов и вводно-распределительных устройств. Эти устройства снабжаются аппаратами для коммутирования и защиты, отходящих магистральных и групповых линий, а также счетчиками для учета расходуемой электрической энергии.

Вводно-распределительное устройство типа ШВУ-5 представляет собой закрытый сварной металлический шкаф с верхним и нижним отделениями (рис. 1), в которых установлены аппараты защиты (автоматы АБ-25), аппараты отключения (автоматы АЗ163), приборы учета потребляемой электроэнергии (счетчики типа СА-4), устройство автоматического управления освещением подъездов и лестничных клеток, состоящее из фотовыключателей ФСК-2 и магнитного пускателя ПМИ-1

Вводно-распределительное устройство ШВУ-5 служит для приема, распределения и учета осветительных и силовых нагрузок в жилых домах и общественных зданиях, электроснабжение которых осуществляется от четырехпроводных электрических сетей напряжением 380/230 и 220/127 В с глухозаземленной нейтралью.

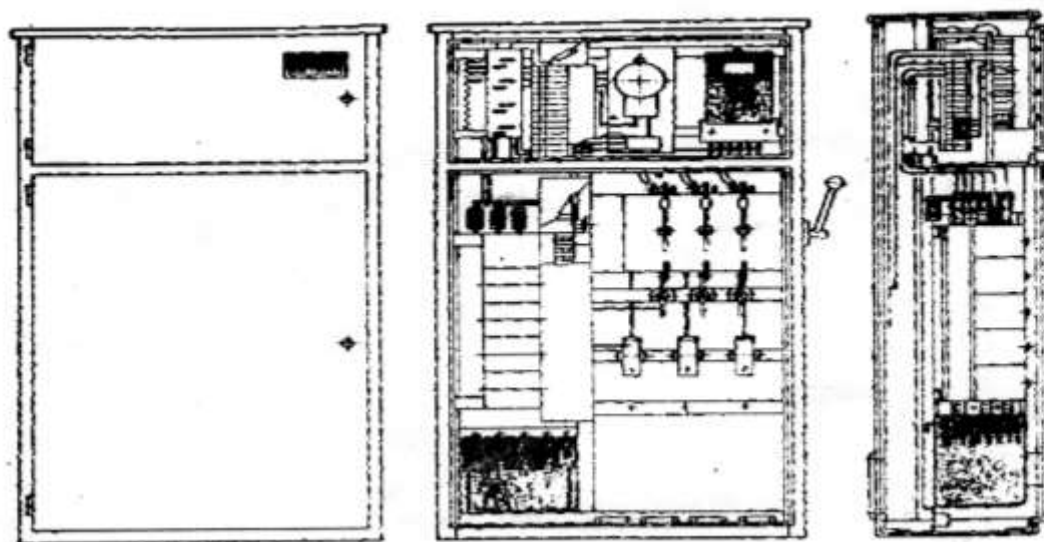


Рис 1.- Вводно-распределительное устройство ШВУ-5 осветительной электроустановки жилого дома.

В мощных осветительных электроустановках крупных промышленных предприятий применяются закрытые распределительные шкафы серии СП и СПУ. Шкафы изготовлены из листовой стали толщиной 1,5—2 мм. Внутри корпуса шкафа расположена выемная рама, на которой смонтированы вводный выключатель, предохранители отходящих линий, а также распределительные и питающие шины. Распределительные шины проложены на изоляторах горизонтально одна над другой и служат для установки на них верхних контактных стоек предохранителей одной фазы.

Контактные стойки закрепляются на шинах двойными гайками и специальными прижимными шайбами, что позволяет в процессе эксплуатации подтягивать контактную стойку с лицевой стороны шкафа. Нижние контактные стойки

предохранителей смонтированы на изоляторах, закрепленных на поперечинах рамы. Предохранители одной фазы при принятом расположении размещаются горизонтально. Вынимающаяся рама может быть удалена из шкафа при выполнении присоединений; этим значительно облегчается монтаж и эксплуатация присоединений.

Внутри корпуса на его боковых стенках имеются скобы для крепления кабелей и на задних стенках — профильные конструкции со специальными закрепами для проводов линий, отходящих от предохранителей. Внизу корпуса находятся нулевая шина и перфорированная поперечина для закрепления подходящих к

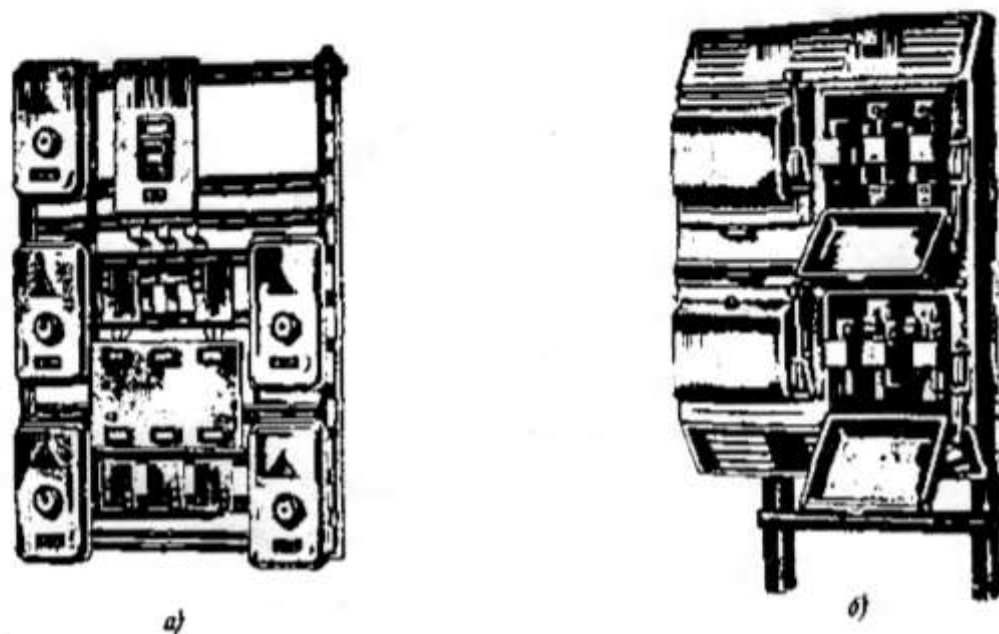


Рис. 2. Щиты и распределительные пункты осветительных электроустановок промышленных предприятий:

*a* — комбинированный щит ЩК. *б* — блочный распределительный пункт БРП-4

шкафу кабелей или труб с проводами. Крышка корпусов шкафов СП и СП У съемная. Это позволяет в процессе монтажа пробивать в ней на прессе отверстия, необходимые при вводе сверху труб с проводами. В нижней части корпусов на лицевой стороне имеются съемные накладки, которые на время монтажа удаляются для более удобного выполнения монтажных работ.

Включение и отключение выключателя производится рукояткой, выведенной через отверстие в одной из боковых стенок шкафа. Рукоятка выключателя съемно-сблокированная: снимается она только при отключенном выключателе.

**Шкаф СП** отличается от шкафа СПУ наличием на фасадной части жалюзи для вентиляции, способом крепления крышек, отсутствием уплотнений на дверцах, более высокой допустимой нагрузкой (благодаря наличию вентиляции) и габаритными размерами.

Номинальные токи шкафов СП и СПУ определяются номинальными токами аппаратов вводной части. От номинального тока шкафа зависят и номинальные токи защитных аппаратов, устанавливаемых на отходящих линиях.

## Монтаж распределительных шкафов, щитов, ящиков.

Для приема и распределения электрической энергии в производственных помещениях промышленность выпускает различные распределительные устройства: шкафы распределительные ШР-11, ПР-8503, ПСН, ПВУ; панели распределительные ПАР-11м, ЩО-96; панели защиты ПЗ; панели управления ПУ; щиты ШПГА; щиты распределения электроэнергии с АВР типа ЩР-12; ящики распределительные Я8501, Я861, ЯРП-11, ЯРП-11м; ящики управления освещением ЯУО9601, ЯУО 9602; щитки осветительные ЩК, ЯОУ8501, ЯОУ8508, ЯРИ, ЯРУ, ЩН851, ЩН852, ЩУ851, ЩУ852, ЩБ-2 и многие другие комплектные устройства управления, распределения и защиты. Все эти устройства в зависимости от назначения выпускаются различного исполнения: напольные, навесные, утопленные. Технология монтажа изложена в инструкциях заводов-изготовителей, технологических картах и проектах. Вместе с тем существуют общие подходы к выполнению строительно-монтажных работ.

Распределительные устройства поставляются заводами-изготовителями на монтаж в виде отдельных блоков с полностью смонтированным и испытанным оборудованием и собранными сборными шинами.

**Работы по монтажу.** Их можно разделить на подготовительные и монтаж.

До начала монтажа должны быть закончены все строительные работы, оштукатурены и окрашены стены и потолки, застеклены окна, приведены в надлежащее состояние кабельные каналы. Помещение должно быть принято по акту. В период подготовительных работ производят разметку установки оборудования согласно проекту, устанавливают закладные детали, проверяют размеры фундаментов.

Монтаж распределительных устройств производится непосредственно на объекте. Перед монтажом аппаратуру внимательно осматривают, проверяют комплектность, удаляют защитную смазку. Отдельные аппараты устанавливают на капитальных стенах зданий или конструкций, не подверженных вибрации, на высоте 1,5-1,7 м от пола с отклонением их от вертикали не более 5°. Располагать аппаратуру управления и защиты следует так, чтобы оператор при коммутационных переключениях мог наблюдать за работой установки.

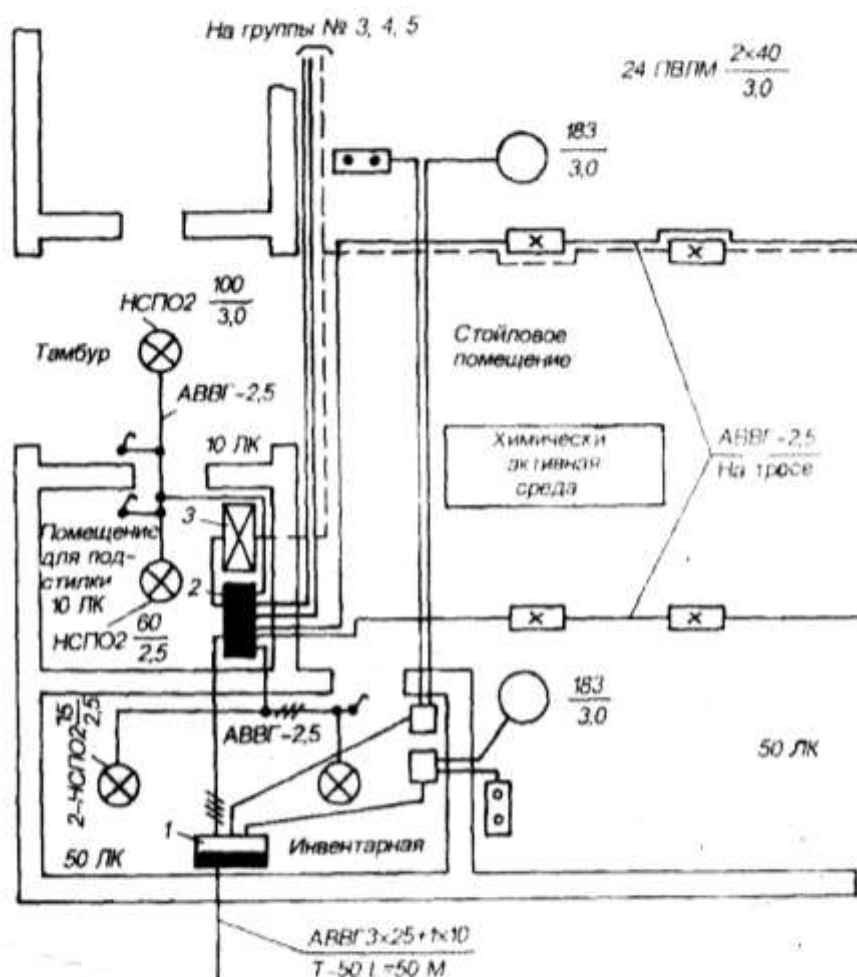
На всех шкафах и щитах делают надписи с наименованиями, указанными в рабочих чертежах. Крупногабаритные шкафы, щиты устанавливают на фундаменты, а малогабаритные навесной конструкции крепят на стенах или колоннах, устанавливая вертикально. Если шкафы состоят из отдельных панелей, то их собирают в соответствии со сборочным чертежом, начиная с крайней. Фронт панелей выравнивают по шнуру, в вертикальной плоскости — по отвесу. Панели временно скрепляют между собой болтами и прикрепляют к раме. После сборки всего щита панели закрепляют болтами окончательно, а также в нескольких точках приваривают их к раме.

Затем монтируют сборные шины и ответвления от них. Места соединений протирают ветошью, смоченной в бензине, проверяют качество контактных поверхностей, наносят свежую защитную смазку и стягивают болтами. После установки шин и проверки расстояния между токопроводящими частями и каркасом щита приступают к установке аппаратов. Присоединение их производится по монтажной схеме панели.

Коммутационные аппараты поступают с завода отрегулированными, однако после монтажа следует повторить их проверку, так как во время транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ могли произойти нарушения. Производят механи-

ческие и электрические испытания. Измеряется сопротивление изоляции, оно должно быть не менее 1 МОм.

Монтаж вводных и распределительных шкафов, ящиков, пультов, щитков выполняют аналогично монтажу щитов и шкафов с аппаратурой управления и защиты. При этом групповые щитки устанавливают в центре нагрузки и в стороне от предметов, которые могут оказывать на щитки механические воздействия.



**Рис. 3- Пример установки силовых и осветительных щитков в животноводческом помещении:**

1 - силовой шкаф ШР11-7301-22УЗ; 2 - осветительный щиток ЩО 2,24/0,05 ОП-6; 3 - щиток дежурного освещения.

В качестве примера на рис. 3 показано размещение силовых и осветительных щитков в животноводческом помещении.

Площадь поперечного сечения токопроводящих жил проводов и кабелей принимают в соответствии с расчетом. Однако у медных проводов она не должна быть менее  $1 \text{ мм}^2$ , а у алюминиевых - на менее  $2,5 \text{ мм}^2$ . Небронированные кабели, а также трубы из цветных металлов и пластмассы, подводимые к щитам и пультам снизу, должны быть защищены от механических повреждений.

## **Особенности монтажа распределительных устройств в пожароопасных и взрывоопасных помещениях.**

В проектной документации на выполнение работ в пожароопасных и взрывоопасных помещениях по монтажу распределительных устройств должны дополнительно указываться классы пожароопасной и взрывоопасной зон, категории и группы взрывоопасных смесей, места установки разделительных уплотнений.

В пожароопасных помещениях напряжением до 1000 В и выше устанавливать распределительные устройства (РУ) не рекомендуются. В пожароопасных зонах разрешается монтировать электрические аппараты, приборы, шкафы и сборки зажимов, имеющие степень защиты IP44. Аппараты и приборы, установленные в шкафах, могут иметь меньшую степень защиты оболочки при условии, что шкафы имеют степень защиты не ниже указанной. Если аппараты, приборы, шкафы и другие устройства продуваются чистым воздухом под избыточным давлением, то их можно устанавливать в пожароопасных помещениях любого класса. Разрешается также применять аппараты и приборы в маслonaполненном исполнении, за исключением кислородных установок и подъемных механизмов, где применение их запрещается. Щитки и выключатели осветительных сетей рекомендуется выносить из пожароопасных помещений любого класса.

**Монтаж щитов и пультов.** Прежде чем приступить к монтажу щитов и пультов, необходимо проверить строительную и технологическую готовность проектной отметки. К этому времени должны быть смонтированы металлоконструкции для установки малогабаритных щитов и плоских штативов, выполнены все подготовительные работы.

Щиты и пульты должны поставляться на монтаж в подготовленном к установке виде. На них должна быть смонтирована вся необходимая аппаратура, выполнены электрические и трубные проводки, установлены конструкции для крепления вводимых кабелей и труб. Вместе со щитами и пультами должны поставляться комплектующие и крепежные изделия для сборки и установки щитов и пультов на объекте.

Для установки панельных шкафов используют вертикальные металлические стойки. Один конец стойки крепят к полу, второй-- к потолку. При большой высоте помещения верхний конец стойки крепят к стене на высоте щита. При монтаже щитов необходимо обеспечить расстояние не менее 0,8 м от стены до наиболее выступающих токоведущих частей приборов.

Пульты и щиты должны быть установлены вертикально. Перед закреплением их необходимо выверить по уровню или отвесу. Отклонение в любую сторону должно быть не более 3°. Каркасы и вспомогательные элементы составных щитов скрепляют между собой разъемными соединениями. Зазоры между соединенными поверхностями не должны превышать 2 мм на 1 м длины.

Шкафные щиты устанавливают на фундаменты. Закрепляют анкерными болтами. На установленных щитах монтируют приборы. При необходимости выполняют внутрищитовые соединения и подключают внешние проводки.

Смонтированные щиты и пульты, к которым подведен переменный ток с номинальным напряжением более 36 В или постоянный ток напряжением более 110 В, в помещениях с повышенной опасностью и особо сырых, а также на наружных установках должны быть заземлены.

Во взрывоопасных помещениях щиты и пульты должны быть заземлены независимо от величины подведенного напряжения. Заземляющий стальной провод диаметром 5 мм или профильный прокат с толщиной стенок 2 мм приваривают к щиту или присоединяют болтами. Если щиты состоят из секций, то заземляют две крайние. При этом должен быть надежный контакт между отдельными секциями.

После окончания монтажа каждый щит и пульт подвергают тщательной проверке на соответствие монтажных работ проекту, техническим условиям и строительным нормам и правилам (СНиП).

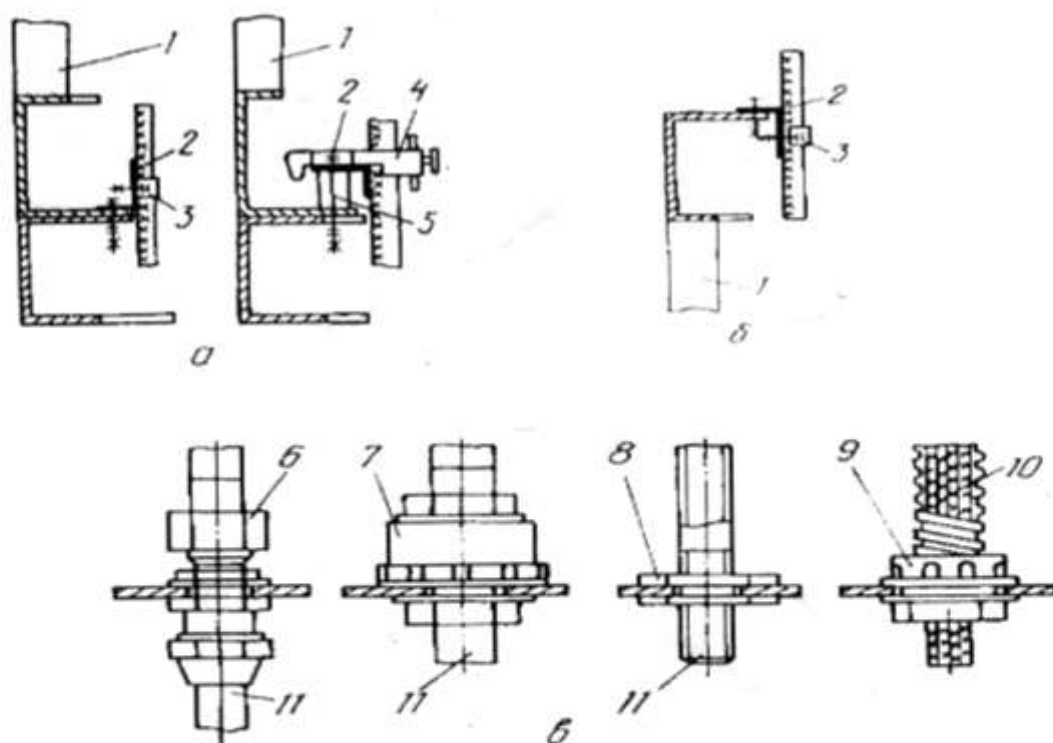
**Вводы в щиты и пульты проводок.** Ввод электрических и трубных проводок в щиты и пульты представляет собой комплекс разных работ:

1. подготовка мест вводов и установка специальных изделий (сальников, соединителей, патрубков и т.п.),

2. прокладка и закрепление электрических кабелей с разделкой концов от места ввода до сборок контрольных зажимов, прокладка пучков проводов по той же трассе либо прокладка пневматических кабелей и труб к сборкам переборочных соединителей;

3. присоединение жил кабеля или провода к сборкам контактных зажимов с прозвонкой и маркировкой жил либо присоединение труб к сборкам переборочных соединителей с маркировкой и в необходимых случаях с продувкой.

Провода, кабели и трубы к щитовой конструкции подводят в том же порядке, в котором они сгруппированы в помещении.



**Рис. 4. Вводы электрических и трубных проводок в щиты, пульты и штативы:**

*а* - крепление электрических проводок снизу щитовой конструкции; *б* - крепление электрической проводки сверху щита, штатива; *в* - проход электрических и трубных проводок через крышку щита; 1 - стойка каркаса щита; 2 - перфорированный угольник УП-42x25; 3 - скоба СО (БС2, СД); 4 - кабельный прижим ИКТ; 5 - втулка из трубы; 6 -

*переборочный соединитель; 7 - сальник; 8 - контргайка; 9 - соединитель металлорукава СМК; 10 - металлорукав; 11 - труба.*

Электрические проводки вводят в щиты и пульты снизу. Как исключение допускается вводить сбоку или сверху. Медные трубные проводки вводят в щиты и пульты сверху, пневмокабели и пластмассовые трубы — преимущественно сверху.

Ввод проводок снизу в открытый проем щитовой конструкции осуществляется без специальных вводных устройств (сальников, муфт и т.п.). В этом случае вводом является закрепление введенной проводки (кабеля, трубы) в нижней части щита, пульта на специальном угольнике (рис. 3, а и б). Ввод электрических проводок (а также трубных) через крыши щитов выполняют через сальники, втулки (рис. 3, в).

Если небронированные кабели, трубы из цветных металлов и пластмассовые вводят в малогабаритные щиты снизу, то в этом случае они должны быть защищены от механических повреждений.

По способу выполнения вводы в щиты разделяются на открытые и уплотненные. Открытые вводы применяют в нормальной среде. В этом случае они могут быть выполнены через защитные гильзы, в защитных трубах и посредством переборочных соединений. Защитные гильзы применяются при вводе в щиты электрических и пневматических кабелей, стальных бесшовных, медных, алюминиевых и пластмассовых трубных проводок без защитных труб.

Пластмассовые трубы и электропроводки в защитных трубах вводят в щиты без гильз, капилляры манометрических термометров - через сальники.

Переборочные соединения применяют при вводе трубных проводок через стенки щитов.

Уплотненные вводы трубных и электрических проводок выполняют в щитовые помещения из помещений взрыво- и пожароопасных, пыльных, сырых и с химически активной средой. Для уплотнения вводов используют защитные гильзы, устанавливаемые в бетонных перекрытиях герметично. К металлическим перекрытиям их

приваривают. Гильзы уплотняют сальниками.

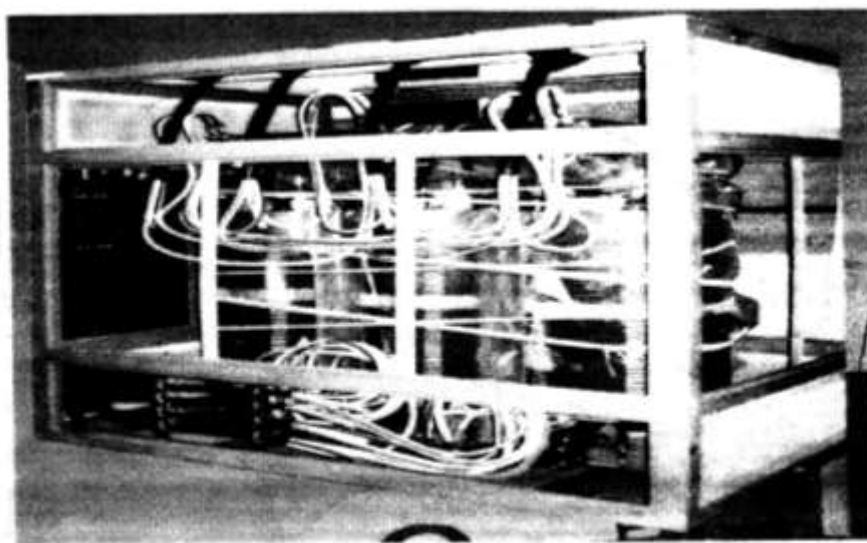


Рис.5- Пример исполнения силового щита.

### **3.2.Методика выполнения работы.**

1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
2. Изучить теоретические сведения.
3. Выполнить монтаж вводного-распределительного устройства.
4. Оформить отчет.

### **Содержание отчёта**

1. Тема и цель занятия.
2. Краткие сведения о щитках и распределительных коробках.
3. Монтаж щитов и пультов.
4. Основные неисправности. Порядок их устранения в вводно-распределительных щитах, силовых сборках.
5. Вывод.

### **Контрольные вопросы**


2. Что называется вводно-распределительным устройством, и где они применяются?
3. Какие вы знаете закрытые распределительные шкафы и из чего они состоят?
4. Какие работы проводятся перед монтажом вводно-распределительных щитов, силовыхборок?
5. Каким образом монтируют вводно-распределительные щиты, силовые сборки?
6. Каким образом и для чего производятся испытания коммутационных аппаратов?

### **Литература**

1. Атабеков В.Б. Монтаж электрических сетей и силового электрооборудования-М: Высшая школа, 1985г.стр4-27
2. Кудрявцев И.Ф. Электрооборудование и автоматизация с\х агрегатов и установок - М.: Агропромиздат, 1988г стр 91- 93 102-107
3. Бурда А.Г. Обучение в электромонтажных мастерских: Учеб пособие для техникумов. -М.: Радио и связь, 1988

**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»

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

## **Практическая работа № 22**

**Тема. Силовые трансформаторы. Осмотры силовых трансформаторов.**

**Цель:** Выработать навыки по обслуживанию, ремонту и диагностированию силовых и сварочных трансформаторов и шкафов КТП

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** методические рекомендации, учебная литература.

**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. 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. Внеурочная подготовка

- 1.3 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [4], с.367-370, 378.
- 1.4 Подготовить бланк отчета.

### 2. Работа на занятии

- 2.1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
- 2.7. Изучить теоретические сведения.
- 2.8. Выполнить осмотр силового трансформатора.
- 2.9. Провести контроль масла.
- 2.10. Сдать инструмент, материалы.
- 2.11. Убрать рабочее место.
- 2.12. Оформить отчет.

### 3. Методические указания.

#### 3.1 Теоретические сведения.

Сельскохозяйственные потребители имеют характерные режимы потребления электроэнергии, что непосредственно отражается на работе электрооборудования, в том числе и трансформаторов распределительных сетей.

Одна из таких особенностей заключается в асимметрии нагрузки по фазам сельских сетей. Так называемая «неслучайная несимметрия токов по фазам», возникающая из-за неравномерного присоединения потребителей по фазам, в условиях эксплуатации может быть сведена к нулю. Однако статическая или вероятностная, несимметрия

нагрузки по фазам, вызванная случайными включениями и отключениями потребителей, практически остается всегда.

Распределительные трансформаторы сельских электрических сетей, как правило, имеют смешанную нагрузку осветительно-бытовую и однофазную силовую (сварочные трансформаторы).

Согласно правилам эксплуатации, степень неравномерности нагрузки  $K_n$  различных фаз отходящих от подстанции линий не должна превышать 20%. Ее определяют следующим образом:

$$K_n' = \frac{100 (I_{\max} - I_{\text{ср}})}{I_{\text{ср}}} \leq 20\%,$$

где  $I_{\max}$  — ток в максимально нагруженной фазе в момент наибольшей нагрузки трансформатора;

$I_{\text{ср}}$  — среднее арифметическое значение тока трех фаз в тот же момент времени.

Как показывают многочисленные исследования, около 40% трансформаторов сельских сетей имеют недопустимую асимметрию нагрузки по фазам. Среднее значение асимметрии токов лежит в пределах от 32 до 50%. Асимметрия токов по фазам отрицательно сказывается на работе токоприемников (снижается мощность электродвигателей, возрастают потери в линиях и потребителях, снижается коэффициент мощности). Поэтому электропромышленность страны приступила к выпуску для сельского хозяйства трансформаторов с соединением обмоток «треугольник — звезда с нулем» и «звезда — зигзаг с нулем», обеспечивающих высокое качество напряжения даже при асимметрии токов по фазам.

Несимметрия токов по фазам в трансформаторах с соединением обмоток «звезда — звезда с нулем» может привести к дополнительному нагреву трансформатора за счет добавочных потерь от этой асимметрии. Поэтому важно знать степень нагрузки трансформаторов сельских сетей.

Сельские потребители характеризуются крайне неравномерным графиком нагрузки в течение суток с утренними и вечерними максимумами и провалами нагрузки в дневное и ночное время. Такой график обуславливает малую степень нагрузки трансформаторов. Если в городских распределительных сетях средняя нагрузка трансформатора составляет 0,2—0,7 номинальной мощности, повышаясь в отдельных случаях до 0,9, и при этом наблюдаются перегрузки трансформаторов, то в сельских сетях нагрузка трансформаторов составляет в среднем 0,2—0,4 номинальной. Причем такая нагрузка сохраняется на протяжении длительного времени.

С учетом изложенного можно говорить о том, что трансформаторы сельских распределительных сетей слабо используются по мощности и могут допускать значительные перегрузки даже с учетом асимметрии нагрузки по фазам. Последнее закреплено ГОСТом 14209—69, который допускает в определенных условиях перегрузку трансформаторов, равную 50%.

Не случайно поэтому статистика показывает, что большая часть трансформаторов выходит из строя не зимой в период максимальной нагрузки, а летом при минимальной нагрузке. На нагрев трансформатора значительное влияние оказывает окружающая среда — ее температура и влажность. В этих условиях надежная работа трансформатора определяется в основном уровнем его эксплуатации. Силовые трансформаторы составляют основную часть распределительных устройств, поэтому правила техники безопасности при их эксплуатации такие же.

Для предупреждения возможного включения в работу трансформатора с дефектами перед включением в сеть его необходимо проверить. Согласно правилам технической эксплуатации (ПТЭ), перед включением в работу нового или отремонтированного трансформатора мощностью до 630 кВ-А обязательно измеряют сопротивления изоляции обмоток и испытывают эту изоляцию (повышенным напряжением). Для трансформаторов больших мощностей дополнительно делают следующее:

- 1) проводят сокращенный химический анализ масла и испытание масла на электрическую прочность;
- 2) определяют увлажненность изоляции обмоток;
- 3) измеряют сопротивление обмоток постоянному току на всех ответвлениях.

После капитального ремонта со сменой обмоток дополнительно определяют ток холостого хода, проверяют группу соединения обмоток, коэффициент трансформации и при необходимости выполняют фазировку трансформатора.

Во время проверки трансформатора осматривают цепи первичных и вторичных соединений, измеряют сопротивление их изоляции и испытывают повышенным напряжением; проверяют измерительные приборы и испытывают релейную защиту; проверяют работу приборов выключателей и разъединителей; трансформатор толчком включают на номинальное напряжение и осматривают его, проверяя плотность швов, прокладок, фланцевых соединений и т. п.

## **ОСМОТРЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

В процессе эксплуатации трансформаторов их подвергают наружным осмотрам без отключения: в установках с постоянным дежурным персоналом или с дежурством на дому один раз в сутки, на станциях и подстанциях без постоянного дежурного один раз в месяц, на трансформаторных пунктах не реже одного раза за полугодие, инженерно-технический персонал проводит контрольный осмотр не реже одного раза в год.

При появлении сигнала от газового реле, а также после каждого аварийного отключения трансформатора проводят его внеочередной осмотр. В зависимости от местных условий и состояния трансформатора сроки осмотров могут быть изменены главным инженером РЭС.

При наружном осмотре трансформатора проверяют следующее: уровень и температуру масла и его соответствие отметкам на расширителе или маслоуказателе; чистоту и целостность изоляторов, состояние кабелей и ошиновки; чистоту поверхности кожуха, отсутствие подтеков масла из него и расширителя через крышку, фланцы и сливные краны; вентиляцию в трансформаторном помещении, целость дверей, окон, запоров; предохранители, разъединители, привод и заземление.

На мачтовых подстанциях осмотр проводят при отключенной подстанции, но без отключения линии высокого напряжения.

Кроме наружных осмотров, трансформаторы подвергают текущим ремонтам с отключением напряжения без выемки сердечника. Эти ремонты проводят не реже одного раза в три года, а для трансформаторов 35/6—10 кВ центральных подстанций не реже одного раза в год.

Регулирующие устройства трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой ремонтируют после выполнения операций по переключению в соответствии с заводскими инструкциями. В объем текущего ремонта входят чистка и окраска бака, ремонт пробивных предохранителей в трансформаторах с изолированной нейтралью, ремонт и замена заземляющих проводников, маслоуказательных устройств, контак-

тов и соединений, измерение сопротивления изоляции обмоток и определение степени их увлажнения. Помимо наружных осмотров и текущих ремонтов, трансформаторы в период эксплуатации подвергают следующим профилактическим испытаниям: а) испытание электрической прочности масла — один раз в год; б) сокращенный химический анализ масла — один раз в три года.

### **КОНТРОЛЬ НАГРУЗКИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

Нагрузочная способность трансформаторов определяется ГОСТом 14209—69. При сколь угодно длительной номинальной нагрузке превышение температуры частей трансформатора над температурой окружающей среды не должно превосходить определенных значений. Согласно нормам, максимально допустимую температуру охлаждающего воздуха принимают равной  $+35^{\circ}\text{C}$ . охлаждающей воды  $+25^{\circ}\text{C}$ . В практике эксплуатации за наибольшую допустимую температуру верхних слоев масла принимают температуру, которая наблюдается в процессе длительной работы трансформатора с номинальной нагрузкой при температуре окружающего воздуха  $+35^{\circ}\text{C}$ . При этом температура масла не должна превышать  $95^{\circ}\text{C}$ . В закрытых трансформаторных подстанциях превышение температуры горячего воздуха на выходе из камеры над температурой холодного воздуха на входе должно быть не больше  $15^{\circ}$ .

Абсолютная температура воздуха в трансформаторном помещении, измеренная на расстоянии 1,5—2 м от бака трансформатора на середине его высоты, не должна превосходить более чем на  $5\text{—}8^{\circ}$  температуру наружного воздуха.

Температуру верхних слоев масла контролируют при помощи термометра и маслоуказателя, на расширителе нанесены три контрольные черты на уровне масла, соответствующие температуре окружающей среды —  $35$ ,  $+15$  и  $+35^{\circ}\text{C}$ . Термометры для измерения температуры верхних слоев масла устанавливают на трансформаторах мощностью 63 кВ-А и выше. У трансформаторов небольшой мощности их ставят во вваренные штуцера, на крышке бака, при этом штуцер заливают маслом.

У трансформаторов мощностью свыше 1000 кВ-А для контроля температуры верхних слоев масла устанавливают термометры манометрического типа или с дистанционной подачей сигнала (например, ТС= 100).

Расчетный срок службы трансформаторов при номинальной нагрузке и номинальных условиях охлаждения составляет примерно 20 лет.

Согласно ГОСТ 14209—69, принимается, что при изменении температуры изоляции трансформатора на  $6^{\circ}$  срок ее службы изменяется вдвое (сокращается при повышении температуры и увеличивается при ее понижении). В условиях эксплуатации у большинства трансформаторов нагрузка изменяется в течение суток и года. Особенно резко это проявляется в сельских электрических сетях. Из-за неравномерности суточных графиков нагрузки трансформаторы имеют значительный запас по сроку службы изоляции. Поэтому в зависимости от суточного графика нагрузки трансформаторы допускают систематические перегрузки по току до полуторакратного.

В аварийных случаях независимо от длительности предшествующей нагрузки и температуры охлаждающей среды трансформаторы допускают следующие кратковременные перегрузки сверх номинального тока: 30% — 120 мин; 45%—80 мин; 60%—45 мин; 75%—20 мин; 300% —10 мин; 200% —1,5 мин.

В аварийных случаях, если коэффициент начальной нагрузки не более 0,93, трансформаторы допускают в течение не более 5 суток перегрузку 40% сверх номинального тока на время максимумом нагрузки общей продолжительностью не более 6 ч в сутки.

Если максимум типового (среднего) графика нагрузки летом меньше номинальной мощности трансформатора, то в зимние месяцы допускается дополнительная однопроцентная перегрузка трансформатора на каждый процент недогрузки летом, но не более чем на 15%, причем суммарная нагрузка должна быть не более 150% номинальной. Чтобы следить за нагрузкой трансформаторов мощностью 1000 кВ-А и выше, на них устанавливают амперметры, шкалы которых выбирают с учетом допустимых перегрузок трансформаторов.

### **КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

В процессе хранения, транспортировки и монтажа трансформаторов их изоляция (масло, дерево, картон, бумага, пряжа) увлажняется за счет окружающей среды. В процессе эксплуатации трансформаторы увлажняются как за счет тепло- и влагообмена между трансформатором и средой (трансформатор «дышит», осушаясь при нагреве и увлажняясь при охлаждении), так и за счет окислительных процессов, происходящих в масле при его нагреве.

Увлажнение трансформатора ухудшает его изоляционные характеристики и может быть причиной выхода его из строя при включении или эксплуатации.

После длительного хранения трансформатора или нахождения его в нерабочем состоянии в неблагоприятных климатических условиях, прежде чем приступить к измерениям по оценке степени увлажнения изоляции, проводят сокращенный химический анализ и испытание электрической прочности трансформаторного масла.

Для трансформаторов мощностью до 2500 кВ-А напряжением 35 кВ включительно с расширителем, а также трансформаторов без расширителя мощностью до 100 кВ-А включительно, транспортируемых с маслом, условия включения без сушки следующие: 1) уровень масла в пределах отметок маслоуказателя; 2) в масле нет следов воды, пробивное напряжение масла не ниже 25 кВ для трансформаторов напряжением до 15 кВ включительно и не менее 30 кВ для трансформаторов напряжением до 35 кВ; 3) коэффициент абсорбции  $R_{60}/R_{15}$ , измеренный мегомметром на напряжение 2500 В, не менее 1,3 при температуре 10—30° С.

Сопротивление изоляции обмоток  $R_{60}$  трансформаторов не нормируется, его значение указывается в паспорте трансформатора. Полученное значение сопротивления изоляции  $R_{60}$  (при одинаковых температурах) сравнивают с паспортным значением. Оно не должно быть ниже последнего более чем на 30%. Новое значение сопротивления изоляции  $R_{60}$  также заносят в паспорт трансформатора с указанием даты измерения и температуры масла, при которой измеряли сопротивление; 4) если уровень масла ниже отметок маслоуказателя, но обмотки и переключатель покрыты маслом, или если пробивное напряжение масла снижено не более чем на 5 кВ по сравнению с требуемым, то дополнительно измеряют значение  $C_2/C_{50}$  или  $\text{tg } \delta$  обмоток в масле.

Отношение  $C_2/C_{50}$  измеряют при помощи прибора контроля влажности типа ПКВ или ЕВ. При температуре 10—30° С это отношение должно быть меньше 1,1—1,3. Значение  $\text{tg } \delta$  обмоток трансформатора измеряют при помощи мостов переменного тока, например типа МД-16. Для указанных выше трансформаторов при температуре обмоток 10—30° С до  $\text{tg } \delta$  должен быть не более 0,035—0,026.

Для включения без сушки трансформаторов мощностью более 100 кВ-А, но менее 2500 кВ-А, напряжением 35 кВ включительно, транспортируемых с маслом, достаточно соблюсти условия: 1, 2 и 3 или 2, 3 и 4 или 1,3 и 4.

## ТРЕБОВАНИЯ К ТРАНСФОРМАТОРНОМУ МАСЛУ

Хорошее трансформаторное масло имеет светло-желтый цвет. Сильное потемнение в процессе эксплуатации указывает на порчу масла вследствие загрязнения или окисления. Хорошее масло имеет слабый запах керосина. Оно должно сохранять прозрачность при охлаждении до  $+5^{\circ}\text{C}$ . Прозрачность проверяют в стеклянном прямоугольном сосуде, на одну из стенок которого наклеивают полоску бумаги с нанесенными на нее черной тушью тремя линиями толщиной 0,1; 0,5 и 1,0 мм. Если через слой масла в 100 мм четко видны все линии — масло хорошее; если линия толщиной 0,5 мм видна нечетко, а линия толщиной 1 мм — четко, то желательна очистка; при меньшей прозрачности масла необходима немедленная очистка.

В масле не должно быть воды. Если при опускании в пробирку с маслом раскаленной проволоки раздается треск, то это означает, что в масле есть влага и его необходимо очищать или сушить.

Кислотность масла характеризуется кислотным числом, которое представляет собой количество едкого калия (мг), необходимое для нейтрализации свободных кислот в 1 г масла. Оно не должно быть более 0,05 мг КОН/г для чистого и сухого масла и не более 0,25 мг КОН/г для эксплуатационного.

Согласно ГОСТ 982—53, вязкость должна быть 2,8-т—3,5 сСт при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  и 1,1 - 1,3 сСт при  $50^{\circ}\text{C}$ .

Температура вспышки любого типа масла должна быть не менее  $140^{\circ}\text{C}$ , снижение температуры вспышки допускается не более чем на  $5^{\circ}$ .

Согласно ГОСТ 1461—52, зольность должна быть не более 0,005%. Отсутствие содержания серы определяют по потемнению полированной медной пластинки после кипячения ее в масле в течение 12 ч.

Для определения растворимых в воде кислот и щелочей используют реакцию водной вытяжки, проводимую при помощи индикаторов, способных резко изменить свой цвет в присутствии незначительных количеств кислоты или щелочи (например, водный раствор метилоранжа).

Пробивное напряжение эксплуатационного масла, характеризующее его электрическую прочность и определяемое при помощи стандартных аппаратов (например, АИИ-70, АКИ-50, АИИМ-72 и т. д.), должно быть не менее 25 кВ для аппаратов напряжением до 15 кВ и не ниже 30 кВ для аппаратов напряжением до 35 кВ включительно.

В объем сокращенного химического анализа входят определение температуры вспышки, электрической прочности, кислотного числа, реакции водной вытяжки ила количественное определение водорастворимых кислот, качественное определение содержания взвешенного угля и механических примесей. Отбор проб масла берут в совершенно сухую бутылку с притертой стеклянной пробкой. Летом пробу берут в сухую погоду, а зимой — в морозную.

Для взятия пробы открывают спускной вентиль в нижней части трансформатора, дают стечь небольшому количеству масла, чтобы смыть грязь у выходного отверстия вентиля, и только после этого набирают в бутылку примерно 0,75 л масла для испытания на пробу и 1,5 л для сокращенного химического анализа. При транспортировке пробку бутылки заливают парафином.

Перед испытаниями бутылку с маслом прогревают до температуры помещения, чтобы избежать конденсации паров в масле и уменьшения пробивного напряжения.

В процессе эксплуатации трансформаторов чаще всего наблюдаются следующие неисправности:

- а) повреждение обмотки высшего напряжения — до 60% и более всех повреждений;
- б) повреждение обмотки низшего напряжения— 15%, обеих обмоток около 15% ;
- в) повреждение изоляторов, переключателей, оплавление стали сердечника, разгерметизация бака и др. —10-15%.

Перечисленные повреждения происходят из-за атмосферных перенапряжений, коротких замыканий со стороны обмотки низшего напряжения, витковых замыканий, отсутствия или неудовлетворительного регулирования защиты, несоблюдения сроков и объемов планового обслуживания трансформаторов, а также из-за нарушения технологии ремонта и изготовления трансформаторов. Вопросы техники безопасности при эксплуатации трансформаторов рассмотрены в главе третьей.

### **3.2.Методика выполнения работы.**

- 5. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
- 6. Изучить теоретические сведения.
- 7. Выполнить фазировку трансформаторов.
- 8. Оформить отчет.

### **Содержание отчёта**

- 1. Тема и цель занятия.
- 2. Объем операций при наружном осмотре.
- 3. Перечислите требования предъявляемые к трансформаторному маслу.
- 4. Условия параллельной работы трансформаторов.
- 5. Определение состояния изоляции обмоток трансформатора.
- 6. Контроль температуры нагрева трансформатора, допускаемая температура нагрева.

### **Контрольные вопросы**

- 1. Каковы степень средней нагрузки и ее асимметрии трансформаторов сельских электрических сетей?
- 2. Что такое фазировка трансформаторов?
- 3. Какими способами определяют группу соединения обмоток трансформатора?
- 4. Как определяют экономическую целесообразность параллельной работы трансформаторов?
- 5. Каков объем операций при наружном осмотре?
- 6. В какие сроки проводят профилактические испытания трансформаторов?
- 7. Какие систематические и аварийные перегрузки допускают трансформаторы?
- 8. Какие основные требования предъявляются к трансформаторному маслу при его эксплуатации?
- 9. Какие основные неисправности наблюдаются при эксплуатации трансформаторов


### **Литература**

- 1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, 2006
- 2. Правила устройства электроустановок, 2006

3. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий.-М.: Агропромиздат, 1987
4. Таран В.П., Андриец В.К., Синельников А.В. Справочник по эксплуатации электроустановок.-М.: Колос, 1984
5. Казимир П.П., Кerpелева И.Е., Пpуждников Н.И. Эксплуатация электроустановок и электробезопасность в сельском хозяйстве. - Л. :Колос, 1980
6. Янукович Г. И., Януковия Д. Г., Ермолаев В.С. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования. - Мн. : Ураджай, 2000
7. Федорчук А.И., Филянович Л. П., Милаш Е.А. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. - М.: Ураджай, 2001
8. Вернер В.В. Электромонтёр-ремонтник. -М.: Высшая школа, 1987

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА**  
**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»

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

## **Практическая работа № 23**

**Тема. Профилактические испытания трансформаторов.**

**Цель:** Выработать навыки по обслуживанию, ремонту и диагностированию силовых и сварочных трансформаторов и шкафов КТП

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** методические рекомендации, учебная литература.

**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. 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. Внеурочная подготовка**

- 1.5 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [6], с.63-119.
- 1.6 Подготовить бланк отчета.

### **2. Работа на занятии**

- 2.1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
- 2.13. Изучить теоретические сведения.
- 2.14. Подготовить трансформатор к включению.
- 2.15. Включить трансформатор на параллельную работу.
- 2.16. Сдать инструмент, материалы.
- 2.17. Убрать рабочее место.
- 2.18. Оформить отчет.

### **3. Методические указания.**

- 3.1 Теоретические сведения.

#### **ПОДГОТОВКА ТРАНСФОРМАТОРОВ К ВКЛЮЧЕНИЮ**

Объем работ по подготовке трансформатора к включению определяется конкретными условиями: его мощностью и исполнением, в том числе герметичностью, датой выпуска или ремонта, условиями транспортирования, длительностью и условиями хранения перед монтажом и т. д.

Некоторые энергопредприятия продолжают проводить ревизию каждого вновь устанавливаемого трансформатора, чтобы выявить возможные дефекты, появившиеся по вине заводов-изготовителей или ремонтного предприятия, и повреждения из-за неправильных транспортирования, хранения и монтажа.

Перед включением трансформатора делают следующее:

- а) осматривают его;
- б) протирают изоляторы бензином и сухой тканью;
- в) заливают в корпус оправ термометра трансформаторное масло, затем устанавливают термометр;
- г) заземляют бак трансформатора;
- д) выполняют физико-химический анализ масла и испытывают его электрическую прочность;
- е) измеряют сопротивление постоянному току обмоток на всех ответвлениях (сопротивления не должны различаться более чем на 2 %, если нет особых указаний в паспорте трансформатора);
- ж) определяют сопротивление изоляции между обмоткой низшего напряжения (НП) и баком, обмоткой высшего напряжения (ВП) и баком, обмотками ВП и ИН;
- з) убеждаются в том, что переключатель установлен и зафиксирован в одном из рабочих положений;
- и) снимают прозрачный колпачок и фланец с воздухоосушителя и удаляют содержащиеся в нем силикагель и цеолит;
- к) засыпают в воздухоочиститель вначале индикаторный силикагель, а затем цеолит, поставляемый комплектно в герметичной упаковке. В случае увлажнения или повреждения герметичности упаковки силикагель и цеолит нужно просушить (при увлажнении индикаторный силикагель меняет свою окраску с голубой на розовую);
- л) устанавливают катки трансформатора — из транспортного положения в рабочее;
- м) проверяют наружным осмотром состояние маслоуплотнительных соединений и при обнаружении ослабления крепления или течи масла подтягивают гайки;
- н) устанавливают уровень масла в расширителе против отметки на маслоуказателе, соответствующей температуре окружающей среды (для этого масло сливают или доливают).

Вопрос о допустимости включения трансформатора без сушки решают по результатам испытаний и с учетом условий, в которых находился трансформатор до и во время монтажа.

Проверку состояния трансформаторов 1-й группы напряжением до 35 кВ включительно и мощностью до 1000 кВ А, транспортируемых с маслом и расширителем, до и во время монтажа проводят в следующем порядке и объеме: а) осматривают трансформатор и проверяют пломбы на кранах и пробке для отбора проб масла; б) берут пробу масла из трансформатора и проводят сокращенный анализ; в) измеряют сопротивление изоляции  $R_{15}$  и  $R_{60}$  и определяют отношение  $R_{60}/R_{15}$ .

Условия включения трансформатора без сушки следующие: а) уровень масла должен быть в пределах отметок маслоуказателя; б) характеристики масла должны соответствовать действующим нормам; в) значение отношения  $1?бО/л?15$  обмоток при температуре 10.. 30 °С (283...303 К) должно быть не менее 1,3; г) если первое условие не соблюдено, но обмотки трансформатора и переключатель покрыты мас-

лом или если не выполнено второе условие, но в масле отсутствуют следы воды и пробивное напряжение масла снизилось по сравнению с нормированным не более чем на 5 кВ, необходимо дополнительно

**6.1. Наибольшие допустимые значения  $R_{60}/R_{15}$  силовых масляных трансформаторов различной мощности на напряжение до 35 кВ в зависимости от температуры обмоток  $t$**

Мощность трансформатора, кВ · А	$t, ^\circ\text{C (K)}$						
	10 (283)	20 (293)	30 (303)	40 (313)	50 (323)	60 (333)	70 (343)
До 6300 включительно	1,2	1,5	2	2,6	3,4	4,5	6
10000 и более	0,8	1	1,3	1,7	2,3	3	4

**6.2. Максимально допустимые значения отношения  $C_2/C_{50}$  обмоток масляных трансформаторов различной мощности в зависимости от температуры обмоток**

Мощность трансформатора, кВ · А	$t, ^\circ\text{C (K)}$		
	10 (283)	20 (293)	30 (303)
До 6300 включительно	1,1	1,2	1,3
10000 и более	1,05	1,15	1,25

измерять значения и отношение емкостей  $C_2/C_{50}$ . Значения отношений  $R_{60}/R_{15}$  и  $C_2/C_{50}$  должны быть не ниже нормированных (табл. 6.1 и 6.2).

Трансформаторы мощностью более 100 кВ А, но менее 2500 кВ А напряжением 35 кВ, транспортируемые с маслом, могут быть включены без сушки при соблюдении одной из следующих комбинаций условий включения: а, б, в; б, в, г; а, в, г; а, б, г.

Для трансформаторов мощностью до 100 кВ А включительно достаточно испытать масло только на пробивное напряжение при отсутствии в масле следов воды. Измерить сопротивление  $\dot{E}_{60}$  и записать результат измерения в протокол испытаний. Для включения этих трансформаторов в работу без сушки должна быть соблюдена одна из следующих комбинаций условий: а, б; б, г; а, г.

После капитального ремонта со сменой обмоток дополнительно определяют силу тока холостого хода, проверяют группу соединения обмоток, коэффициент трансформации и при необходимости выполняют проверку обозначений начал и концов обмоток — фразировку трансформатора.

Одновременно с трансформаторами осматривают цепи первичных и вторичных соединений, измеряют сопротивление их изоляции и испытывают их повышенным напряжением, проверяют измерительные приборы и испытывают релейную защиту, проверяют работу выключателей и разъединителей. Трансформатор толчком включают на номинальное напряжение и осматривают его, проверяя плотность швов, прокладок, фланцевых соединений и т. п.

### ОСМОТРЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

При эксплуатации трансформаторы подвергают наружным осмотрам без отключения: в установках с постоянным дежурным персоналом или с дежурством на дому один раз в сутки, на станциях и подстанциях без постоянного дежурного один раз в месяц, на трансформаторных пунктах не реже одного раза за полугодие; инженерно-технический персонал проводит контрольный осмотр трансформаторов не реже одного раза в год.

При появлении сигнала от газового реле, а также после каждого аварийного отключения трансформатора проводят его внеочередной осмотр. В зависимости от

местных условий и состояния трансформатора сроки осмотров могут быть изменены главным инженером предприятия.

Наружный осмотр трансформатора состоит в проверке: уровня и температуры масла и его соответствия отметкам на расширителе или маслоуказателе; чистоты и целостности изоляторов, состояния кабелей и ошиновки; чистоты поверхности кожуха, отсутствия подтеков масла из него и расширителя через крышку, фланцы и сливные краны; вентиляции в трансформаторном помещении, целостности дверей, окон, запоров; предохранителей, разъединителей, приводов и заземления. На мачтовых подстанциях осмотр выполняют при отключенной подстанции, но без отключения линии высокого напряжения.

Наряду с наружными осмотрами трансформаторы подвергают текущим ремонтам с отключением напряжения без выемки сердечника. Эти ремонты проводят не реже одного раза в три года, а для трансформаторов 35/6—10 кВ центральных подстанций — не реже одного раза в год.

Регулирующие устройства трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой ремонтируют после выполнения операций по переключению в соответствии с заводскими инструкциями. В объем текущего ремонта входят: чистка и окраска бака, ремонт пробивных предохранителей в трансформаторах с изолированной нейтралью, ремонт и замена заземляющих проводников, маслоуказательных устройств, контактов и соединений, измерение сопротивления изоляции обмоток и определение степени их увлажнения. Помимо наружных осмотров и текущих ремонтов трансформаторы в период эксплуатации подвергают следующим профилактическим испытаниям: а) испытанию электрической прочности масла — один раз в год; б) сокращенному химическому анализу масла — один раз в три года.

## КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ИЗОЛЯЦИИ И СУШКА ТРАНСФОРМАТОРОВ

В процессе хранения, транспортирования и монтажа трансформаторов их изоляция (масло, дерево, картон, бумага,) увлажняется под воздействием окружающей среды. В процессе эксплуатации трансформаторы увлажняются как в результате тепло- и влагообмена между трансформатором и средой (Трансформатор «дышит», осушаясь при нагреве и увлажняясь при охлаждении), так и вследствие окислительных процессов, происходящих в масле при его нагреве.

При увлажнении ухудшаются изоляционные характеристики трансформатора, что может стать причиной выхода его из строя при включении или эксплуатации.

Один из методов контроля за состоянием изоляции трансформаторов в процессе эксплуатации — это профилактические испытания. Если результаты этих испытаний отрицательны, то проводят комплекс измерений, чтобы оценить степень увлажнения изоляции трансформатора.

После длительного хранения трансформатора или нахождения его в нерабочем состоянии в неблагоприятных климатических условиях, прежде чем приступить к измерениям по оценке степени увлажнения изоляции, проводят сокращенный химический анализ и испытание электрической прочности трансформаторного масла.

Для трансформаторов мощностью до 2500 кВ\*А напряжением 35 кВ включительно с расширителем, а также трансформаторов без расширителя мощностью до 100 кВ А включительно, транспортируемых с маслом, условия включения без сушки следующие:

- 1) уровень масла — в пределах отметок маслоуказателя;

2) в масле нет следов воды, пробивное напряжение масла не ниже 25 кВ для трансформаторов напряжением до 15 кВ включительно и не менее 30 кВ для трансформаторов напряжением до 35 кВ;

3) коэффициент абсорбции  $R_{60}/R_{15}$ , измеренный мегомметром на напряжение 2500 В, не менее 1,3 при температуре 10...30 °С. Сопротивление изоляции обмоток трансформаторов  $R_{60}$  не нормируется, значение его указывают в паспорте трансформатора. Полученное значение сопротивления изоляции  $R_{60}$  (при одинаковых температурах) сравнивают с паспортным. Оно не должно быть ниже последнего более чем на 30 %. Новое значение сопротивления изоляции  $R_{60}$  также записывают в паспорт трансформатора с указанием даты измерения и температуры масла, при которой измеряли сопротивление;

4) если уровень масла ниже отметок маслоуказателя, но обмотки и переключатель покрыты маслом, или если пробивное напряжение масла снижено не более чем на 5 кВ по сравнению с требуемым, то дополнительно измеряют значение  $C2/C50$  или  $\text{tg}\delta$  обмоток в масле.

Отношение  $C2/C50$  измеряют с помощью прибора контроля влажности типа ПКВ или ЕВ. При температуре 10...30 °С это отношение должно быть меньше 1,1...1,3. Значение  $\text{tg}\delta$  обмоток трансформатора измеряют при помощи мостов переменного тока, например Мд-16. для указанных выше трансформаторов при температуре обмоток 10...30 °С  $\text{tg}\delta$  должен быть не более 0,015...0,026.

для включения без сушки трансформаторов мощностью более 100 кВ А, но менее 2500 кВ А, напряжением до 35 кВ, транспортируемых с маслом, достаточно соблюсти условия: 1, 2 и 3, или 2, 3 и 4, или 1, 3 и 4.

Изоляцию обмоток трансформаторов можно сушить различными способами: потерями в собственном баке и токами нулевой последовательности; в сушильных печах; при помощи ламп инфракрасного света; током короткого замыкания. Однако в условиях эксплуатации получили распространение наиболее экономичные и удобные способы сушки: потерями в собственном баке и токами нулевой последовательности. И в том, и в другом случае сушку можно проводить на месте установки трансформаторов при любой температуре окружающей среды, но со сливом масла из баков.

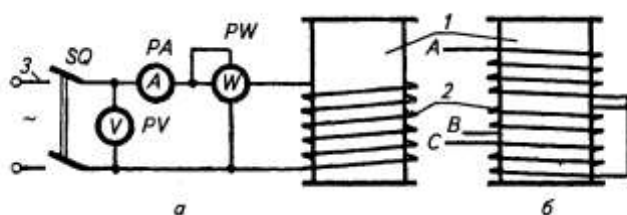


Рис. 6.1. Схема сушки трансформатора при помощи намагничивающей обмотки: а — однофазной; б — трехфазной (фазы А, В, С); 1 — нагреваемый трансформатор; 2 — намагничивающая обмотка; 3 — источник питания

Сушка потерями в собственном баке. Иногда этот способ называют индукционным. Нагрев происходит за счет потерь в баке (рис. 6.1). Чтобы получить более равномерное распределение температуры внутри бака, намагничивающую обмотку наматывают на 40...60 % высоты бака (снизу), причем на нижней части бака нитки располагают гуще, плотнее, чем на верхней. Провод для обмотки может быть выбран любой.

После сушки трансформатора выполняют его ревизию, проверяют прочность крепления изоляционных клиньев между токоведущими частями и магнитопрово-

дом — расклиновку обмоток, определяют сопротивление изоляции стяжных шпилек магнитопровода (должно быть не ниже 5 МОм для трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно), подтягивают все болтовые соединения. Температура трансформатора при ревизии должна быть на 5...10°С выше температуры окружающего воздуха.

Продолжительность пребывания активной части трансформатора на открытом воздухе не должна превышать 16 ч в сухую погоду (относительная влажность воздуха до 75 %) и 12 ч во влажную (относительная влажность воздуха свыше 75 %). Все трансформаторы после заливки маслом до включения выдерживают 48 ч в теплом помещении и 120 ч в холодном.

## ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО И ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НЕМУ ТРЕБОВАНИЯ

Качественное трансформаторное масло имеет светло-желтый цвет. Сильное потемнение в процессе эксплуатации свидетельствует о порче масла вследствие загрязнения или окисления. Хорошее масло имеет слабый запах керосина. Оно должно сохранять прозрачность при охлаждении до 5 °С. Прозрачность проверяют в стеклянном прямоугольном сосуде, на одну из стенок которого наклеивают полоску бумаги с нанесенными на нее черной тушью линиями толщиной 0,1; 0,5 и 1 мм. Если через слой масла в 100 мм четко видны все линии, то масло хорошее; если линия толщиной 0,5 мм видна нечетко, а линия толщиной 1 мм четко, то желательна очистка; при меньшей прозрачности масла необходима немедленная очистка.

В масле не должно быть воды. Если при опускании в пробирку с маслом раскаленной проволоки раздается треск, то это означает, что в масле есть влага и его необходимо очищать или сушить.

Кислотность масла характеризуется кислотным числом, которое представляет собой количество КОН — гидроксида калия (мг), необходимое для нейтрализации свободных кислот в 1 г масла. Это количество должно быть не более 0,05 мг КОН/г для чистого и сухого масла и не должно превышать 0,25 мг КОН/г для эксплуатационного.

Вязкость масла должна быть  $(2,8...3,5) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  при температуре 20 °С и  $(1,1...1,3) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  при 50 °С.

Температура вспышки масла любого типа должна быть не менее 140 °С, допускается снижение температуры вспышки не более чем на 5°С.

Зольность должна быть не более 0,005 %. О наличии серы свидетельствует потемнение полированной медной пластинки после кипячения ее в масле в течение 12 ч.

Для определения растворимых в воде кислот и щелочей используют реакцию водной вытяжки, проводимую при помощи индикаторов, способных резко изменить свой цвет в присутствии незначительных количеств кислоты или щелочи (например, водный раствор метилоранжа).

Пробивное напряжение эксплуатационного масла, характеризующее его электрическую прочность и определяемое при помощи стандартных аппаратов (например, АИИ-70, АКИ-50, АИ И М-72, АМИ-80 и т. д.), должно быть не менее 25 кВ для аппаратов напряжением до 15 кВ и не ниже 30 кВ для аппаратов напряжением до 35 кВ включительно.

Сокращенный химический анализ масла охватывает определение температуры вспышки, электрической прочности, кислотного числа, реакции водной вытяжки

или количественное определение водорастворимых кислот, качественное определение содержания взвешенного угля и механических примесей. Пробы масла отбирают в совершенно сухую бутылку с притертой стеклянной пробкой. Летом пробу берут в сухую погоду, а зимой в морозную. Пробу масла берут, открывая спускной вентиль в нижней части трансформатора, дают стечь небольшому количеству масла, чтобы смыть грязь у выходного отверстия вентиля, и только после этого набирают в бутылку примерно 0,75 л масла для испытания на пробу и 1,5 л для сокращенного химического анализа. При транспортировании пробку бутылки заливают парафином.

Перед испытаниями бутылку с маслом прогревают до температуры помещения, чтобы избежать конденсации паров воды в масле и уменьшения пробивного напряжения.

Воду из масла удаляют, нагревая его различными способами: током короткого замыкания, потерями в собственном баке, токами нулевой последовательности. В некоторых случаях для очистки масла достаточно его отстоять в соответствующей емкости в помещении с относительно сухим и чистым воздухом. Но наибольшее распространение получила сушка масла при помощи центрифугирования при температуре 40... 50 °С. При этом масло очищается не только от воды, но и от тяжелых механических примесей. Легкие механические примеси, а также и воду из масла удаляют при помощи фильтрпрессов. В фильтрпрессе масло при температуре 40... 50°С под давлением 0,3... 0,5 МПа прогоняют через фильтровальную бумагу, которая впитывает влагу и задерживает механические примеси — волокна, шлам, сажу и т. д.

Фильтровальную бумагу при очистке меняют через 1.4 ч. Ее можно промывать, сушить и вновь использовать.

Фильтрпресс обычно включают после центрифуги, добиваясь почти предельной очистки масла от примесей. Центрифугирование и фильтрация очищают масло, но не восстанавливают его утраченных свойств. Для удаления из масла продуктов окисления и для восстановления его прежних качеств прибегают к регенерации.

Регенерацию масел осуществляют при помощи адсорбентов — веществ, способных поверхностью своих частиц поглощать продукты старения масла и влагу (явление адсорбции). В качестве адсорбентов используют природные отбеливающие глины, земли, опоки, аморфные или активированные угли, оксиды алюминия, силикагели (измельченная кремниевая кислота) и цеолит.

Регенерацию проводят контактными или перколяционными способами. В первом случае обычно применяют менее активные адсорбенты — отбеливающие глины. Адсорбент в размолотом прокаленном виде добавляют в подогретое до 80... 90 °С масло, перемешивают, отстаивают, после чего масло отправляют на фильтрацию. Во втором случае масло пропускают через адсорбент, а затем фильтруют.

В последнее время регенерацию масла осуществляют непосредственно в трансформаторе в период его эксплуатации, для чего трансформаторы оборудуют специальными термосифонными фильтрами, поглотительными патронами и воздухоосушителями, заполняемыми обычно силикагелем. В процессе эксплуатации масло, проходя через силикагель, восстанавливает свои свойства.

#### ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА

Трансформаторов для повышения надежности электроснабжения современного сельскохозяйственного производства на сельских подстанциях стремятся установ-

ливать по два трансформатора, которые чаще всего работают параллельно (рис. 6.3). Число работающих трансформаторов влияет на стоимость потерь энергии в них (необходимо учесть и надежность их работы под напряжением). В каждом конкретном случае путем технико-экономических расчетов определяют наиболее приемлемый вариант включения трансформаторов. Это позволяет снизить суммарные потери электроэнергии и обеспечить минимум ущерба при отказе в работе одного из трансформаторов.

для включения трансформаторов на параллельную работу необходимо, чтобы они имели: одинаковые группы соединения обмоток; равенство номинальных первичных и вторичных напряжений, что практически сводится к равенству коэффициентов трансформации (с допуском 0,5... 1 %); равенство напряжений короткого замыкания (с допуском до 10 %); отношение мощностей трансформаторов 1: 3 (при больших отклонениях затрудняется фазировка).

Для определения правильного подключения зажимов выполняют фазировку, для чего в схеме на рисунке 6.4 необходимо включить выключатели  $SQ_1, SQ_2$  и  $SQ_3$ , при выключенных  $SQ_4$  и  $SQ_5$  (см. рис. 6.3) и измерить напряжения  $a_4 a'_4, b_4 b'_4$  и  $c_4 c'_4$  на зажимах (см. рис. 6.4). Эти напряжения должны быть равны нулю; в противном случае необходима последовательная перестановка зажимов  $a_4, b_4$  и  $c_4$  (при одинаковых группах соединения обмоток).

Оперативный персонал (или работники электролаборатории под его наблюдением) проводит фазировку по распоряжению группы по электробезопасности. На этой работе должно быть занято не менее двух лиц, имеющих III и IV степени квалификации. Без участия оперативного персонала фазировку проводят по наряду.

Перед началом работы надевают головной убор, плотно застегивают одежду и надевают диэлектрические перчатки и очки. Стоять следует устойчиво на изолированном основании и не касаться стен или заземленных частей.

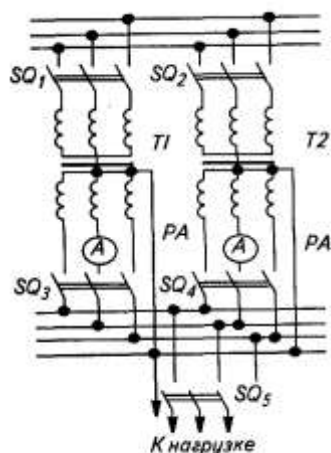


Рис. 6.3. Принципиальная схема параллельной работы двух трансформаторов:  $T1$  и  $T2$  — трансформаторы;  $SQ_1...SQ_5$  — выключатели

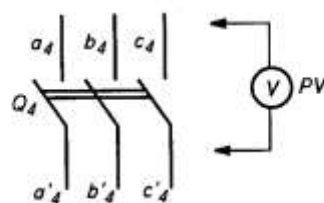


Рис. 6.4. Схема определения правильности соединения выводов обмоток трансформатора при их параллельной работе (фазировка)

Перед фазировкой проверяют напряжение на всех шести зажимах от обоих источников питания: при напряжении до 220 В — токоискателем, при напряжении выше 220 В — указателем напряжения с дополнительным резистором.

При фазировке щупом указателя напряжения прикасаются к токопроводящему проводу какой-либо фазы, а щупом другой трубки с дополнительным резистором — к той же фазе другого источника. При совпадении одноименных фаз лампы светиться не будут, так как отсутствует разность потенциалов. Если фазы перепутаны, то указатель покажет наличие напряжения. Тогда фазировку исправляют только после

полного снятия с электроустановки напряжения и выполнения других необходимых мер безопасности.

Указатель напряжения, используемый при фазировке, должен быть рассчитан на двойное рабочее напряжение фазуемых цепей или иметь соответствующий дополнительный резистор.

### ЭКОНОМИЧНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Для повышения надежности электроснабжения ответственных потребителей на сельских подстанциях устанавливают несколько трансформаторов, которые чаще всего работают на общие шины при неравномерном графике нагрузки.

Число одновременно работающих трансформаторов влияет на экономичность их использования и стоимость потерь энергии в них. Очевидно, что по мере снижения нагрузки часть трансформаторов можно отключить и тем самым сократить потери энергии.

### ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ИСПЫТАНИЯХ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Осмотр силовых трансформаторов выполняют непосредственно с земли или со стационарных лестниц с поручнями. На трансформаторах, находящихся в работе или резерве, доступ к смотровым площадкам должен быть закрыт предупреждающими плакатами «Не влезай! Убьет».

Отбор газа из газового реле работающего трансформатора следует выполнять после разгрузки и отключения трансформатора.

Работы, связанные с выемкой активной части из бака трансформатора или поднятием колокола, выполняют по специально разработанному для местных условий проекту производства работ.

К проведению работ внутри баков трансформатора допускают только специально подготовленных рабочих и специалистов, хорошо знающих устройство трансформатора. Спецдежда работающих должна быть чистой и удобной, не иметь металлических застежек, защищать тело от перегрева и загрязнения маслом. В качестве обуви необходимо использовать резиновые сапоги.

Освещение при выполнении работ внутри трансформатора обеспечивается переносными светильниками напряжением не более 12 В с защитной сеткой и только заводского исполнения или аккумуляторными фонарями. При этом разделительный трансформатор для переносного светильника устанавливают вне бака трансформатора.

Работы по регенерации трансформаторного масла, его осушке, очистке, дегазации проводят в специальной защитной одежде и специальной обуви.

В процессе слива и залива трансформаторного масла в силовые трансформаторы напряжением 110 кВ и выше вводы трансформаторов заземляют во избежание появления на них электростатического заряда.

На мачтовых трансформаторных подстанциях, переключательных пунктах и других устройствах, не имеющих ограждений, приводы разъединителей, выключателей нагрузки, шкафы напряжением выше 1000 В и щиты напряжением до 1000 В должны быть заперты на замок. Стационарные лестницы на площадке обслуживания должны быть заблокированы с разъединителями и заперты на замок.

### **3.2.Методика выполнения работы.**

9. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
10. Изучить теоретические сведения.
11. Выполнить фазировку трансформаторов.
12. Оформить отчет.

### **Содержание отчёта**

7. Тема и цель занятия.
8. Условия включения трансформаторов на параллельную работу.
9. Условия включения трансформатора без сушки.
10. Перечислите операции, которые выполняют перед включением трансформаторов.
11. Правила безопасности при испытаниях силовых трансформаторов.

### **Контрольные вопросы**

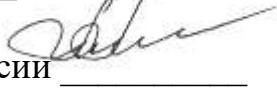
- 1.Каковы периодичность и объем текущих ремонтов трансформаторов?
- 2.Какова последовательность разборки и сборки трансформаторов?
- 3.Как определить степень износа изоляции трансформатора?
- 4.Перечислите основные операции ремонта обмоток.
- 5.Какие операции входят в объем контрольных испытания трансформатора?
- 6.Какие операции входят в объем капитального ремонта трансформатора?
- 7.Назовите основные меры по технике безопасности при ремонте трансформаторов.

### **Литература**

9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, 2006
10. Правила устройства электроустановок, 2006
11. Таран В.П., Андриец В.К., Синельников А.В. Справочник по эксплуатации электроустановок.-М.: Колос, 1984
12. Казимир П.П., Керпелева И.Е., Пруждников Н.И.Эксплуатация электроустановок и электробезопасность в сельском хозяйстве. - Л. :Колос, 1980
13. Янукович Г. И., Януковия Д. Г., Ермолаев В.С. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования. - Мн. : Ураджай, 2000
14. Федорчук А.И., Филянович Л. П., Милаш Е.А. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. - М.: Ураджай, 2001
15. Вернер В.В. Электромонтёр-ремонтник. -М.: Высшая школа, 1987

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА  
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»

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

## Практическая работа № 24

**Тема. Монтаж трансформаторных подстанций**

**Цель:** Сформировать умения по выполнению монтажа и проведению технического обслуживания электрооборудования электрических станций, подстанций.

**Время выполнения:** 12 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** канат, ветошь, приспособление для смазки, проволока для бандажей, канатная мазь, методические рекомендации, учебная литература.

**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. 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. Внеурочная подготовка**

- 1.7 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [6], с.4-27.
- 1.8 Подготовить бланк отчета.

### **2. Работа на занятии**

- 2.1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
- 2.19. Изучить теоретические сведения.
- 2.20. Выполнить упражнения по монтажу вводно-распределительных щитов, силовых сборок.
- 2.21. Сдать инструмент, материалы.
- 2.22. Убрать рабочее место.
- 2.23. Оформить отчет.

### 3. Методические указания.

#### 3.1 Теоретические сведения.

## МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

### Подготовительные работы по монтажу подстанций

Подготовка монтажа подстанций (ПС) и распределительных устройств (РУ) включает ряд технических и организационных мероприятий, к числу которых относятся: составление ППР или привязка типового проекта; приемка помещения подстанции от строительной организации для производства монтажа; приемка от заказчика подлежащих монтажу электрооборудования, аппаратов, приборов и кабельной продукции; подготовка и сборка в мастерских монтажных заготовок узлов и блоков ошиновки, заземления, электропроводок, трубных заготовок щитов и щитков, а также изготовление нестандартных крепежных и опорных конструкций и деталей; комплектация в контейнеры необходимых для монтажа материалов, изделий и конструкций для транспортировки на подстанцию.

Подготовку монтажа ПС и РУ начинают с проверки рабочих чертежей проекта на соответствие требованиям индустриального монтажа и передовой технологии работ: наличие строительных заданий на каналы, ниши, отверстия для шин и аппаратов проходного типа, монтажные проемы и закладные приспособления для такелажных работ, а также устройство заземлителей. Проверяют также наличие чертежей или эскизов на монтажные узлы и блоки (ошиновки, заземления, освещения и др.).

При приемке помещения ПС от строительной организации проверяют соответствие строительной части проекту и СНиП, ее готовность к монтажу электрооборудования, наличие закладных деталей для крепления электрооборудования и производства такелажных работ, ширину проходов, расстояние от подлежащего установке оборудования до стен и ограждений, а также другие параметры, регламентированные ПУЭ.

Монтаж ПС выполняют в две стадии.

На *первой стадии* выполняют все подготовительные монтажные работы: в мастерских, вне зоны монтажа — комплектование электроконструкций, узлов и блоков, их укрупненную сборку; непосредственно на объекте — установку опорных конструкций, закладных деталей для монтажа щитков, отдельно стоящих панелей, аппаратов; монтаж внутренней сети заземления и подготовку трассы для общего освещения; установку кабельных конструкций в камерах и отрезков труб для ввода и вывода кабелей.

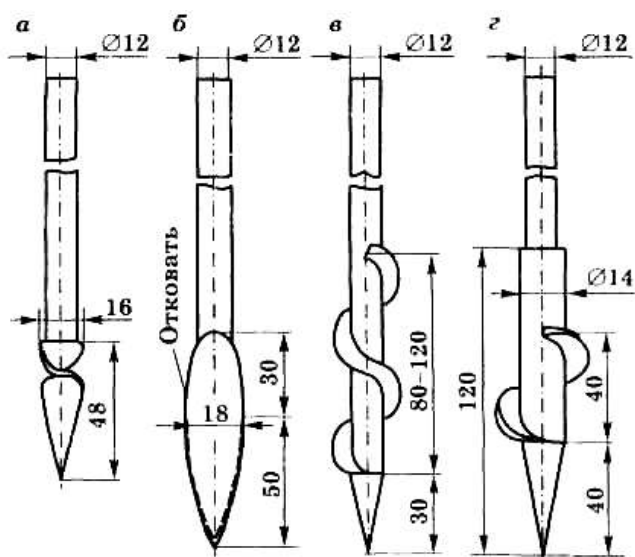
*Вторая стадия* проводится после окончания отделочных работ и приемки помещения под монтаж и включает установку комплектных распределительных устройств, щитов, пультов и силового трансформатора; монтаж блока ошиновки трансформатора; прокладку силовых и контрольных кабелей, сети освещения по подготовительным трассам, разделку и подсоединение кабелей и проводов.

### Монтаж заземляющих устройств

*Защитное заземление* — это преднамеренное соединение с землей металлических частей электроустановки, не находящихся под напряжением (рукояток приводов разъединителей, 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 отбракованных 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).



**Рис. 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. 1, а) представляет собой заостренную на конце и изогнутую по винтовой линии стальную полосу шириной 16 мм. В монтажной практике применяются и другие типы наконечников для электродов (рис.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.

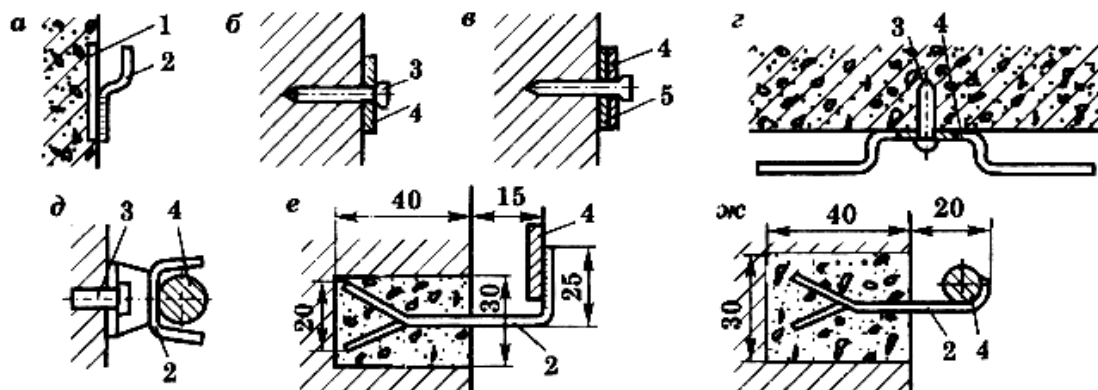
Все соединения в цепях заземлителей выполняют сваркой внахлестку; места сварки покрывают битумом во избежание коррозии. Траншею роют обычно шириной 0,5 и глубиной 0,7 м. Устройство внешнего заземляющего контура и прокладку внутренней заземляющей сети производят по рабочим чертежам проекта электроустановки.

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.

Заземляющие магистральные проводники прокладывают по стенам на расстоянии 0,5—0,10 м от поверхностей на высоте 0,4—0,6 м от уровня пола. Расстояние между

точками крепления 0,6—1,0 м. В сухих помещениях и при отсутствии химически активной среды допускается прокладка заземляющих проводников вплотную к стене.

Заземляющие полосы к стенам крепят дюбелями, которые пристреливают строительным пистолетом либо непосредственно к стене, либо через промежуточные детали (рис. 2).



- а* — держателем, приваренным к закладной детали;  
*б* — дюбелем непосредственно к стене;  
*в* — через прокладку;  
*г* — через прокладку с изгибом заземляющей полосы для обеспечения расстояния от стены;  
*д* — держателем с обжимаемой обоймой;  
*е* и *ж* — держателями, вмазанными в стены;  
 1 — закладная деталь;  
 2 — держатель;  
 3 — дюбель-гвоздь;  
 4 — проводник заземления (полосовая или круглая сталь);  
 5 — подкладка

**Рис.2. Крепление стальных проводников заземления:**

Широко применяют также закладные детали, к которым приваривают полосы заземления. Пистолетом типа ПЦ можно пристреливать детали из листовой или полосовой стали толщиной до 6 мм в основания из бетона (марки до 400), кирпича и др.

В сырых, особо сырых помещениях и в помещениях с едкими испарениями (с агрессивной средой) заземляющие проводники приваривают к опорам, закрепленным дюбелями-гвоздями. Для создания зазора между заземляющим проводником и основанием в таких помещениях используют штампованный держатель из полосовой стали шириной 25—30 и толщиной 4 мм, а также кронштейн для прокладки круглых заземляющих проводников диаметром 12—19 мм.

Длина нахлестки при сварке должна быть равна двойной ширине полосы для прямоугольных полос или шести диаметрам для круглой стали. К трубопроводам заземляющие проводники присоединяют хомутами. При наличии на трубах задвижек или болтовых фланцевых соединений выполняют обходные перемычки.

Части электроустановок, подлежащие заземлению, присоединяют к заземляющим магистралям отдельными ответвлениями. Стальные заземляющие проводники присоединяют к металлоконструкциям сваркой, к оборудованию — под заземляющий болт или, где возможно, сваркой. Заземляющие проводники присоединяют к металлическим оболочкам кабелей медными проводниками с креплением проволочным бандажом и пайкой. Вокруг подстанции обычно делают общий заземляющий контур, к которому приварива-

ют заземляющие проводники внутренней части подстанции. Отдельные элементы электрооборудования присоединяют к заземляющим проводникам 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.

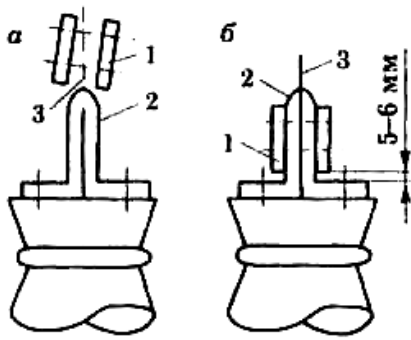
Предохранители на 6—10 кВ заземляют путем присоединения заземляющего проводника к фланцам опорных изоляторов, раме или металлической конструкции, на которой они установлены. Реакторы при горизонтальном расположении фаз заземляют путем присоединения заземляющих проводов к заземляющим болтам изоляторов.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

### Монтаж коммутационных аппаратов

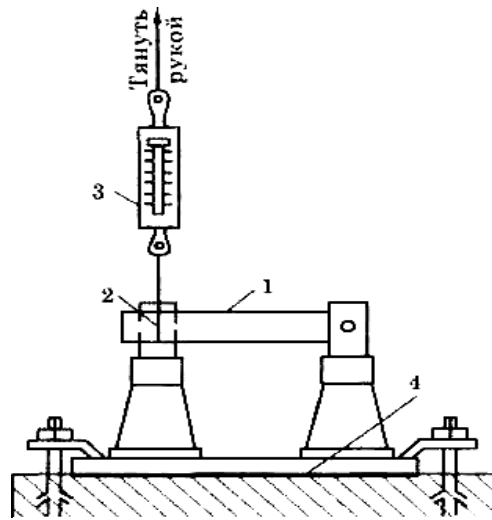
**Монтаж разъединителей.** Разъединители предназначены для отключения и включения под напряжением участков электрической цепи или отдельных аппаратов при отсутствии нагрузочных токов. Представляют собой коммутационный аппарат с видимым местом разъединения в воздухе. Видимый разрыв цепи при отключенных разъединителях наглядно подтверждает возможность безопасного приближения к отсоединенным частям электроустановки. При условиях, определенных ПУЭ и ПТЭ, допускается включение и отключение разъединителями зарядных токов воздушных и кабельных линий, тока холостого хода трансформаторов и токов небольших нагрузок.

Ревизию разъединителей с приводами и устранение обнаруженных дефектов, как правило, производят в мастерской. Там же комплектуют опорные конструкции, крепежные детали и материалы, которые вместе с разъединителем и приводом транспортируют к месту установки. Разъединитель и привод устанавливают таким образом, чтобы осевые линии, выверенные по отвесу и уровню, не отклонялись более чем на  $\pm 2$  мм.

Завершающей операцией при монтаже разъединителей является их регулировка. При этом проверяют и регулируют центровку ножей и их положение относительно неподвижных контактов (рис.3); угол поворота ножей при отключении; синхронность включения ножей трехполюсных разъединителей; плотность прилегания контактов; давление контактных пластин на ножи разъединителя; работу привода и сигнальных контактов. Контролируют также действие ограничительных устройств привода и измеряют усилие вытягивания ножа из неподвижного контакта (рис. 4).



**Рис. 3. Проверка положения ножей разъединителей по отношению к неподвижным контактам:**  
*а* — неправильное, *б* — правильное:  
 1 — нож; 2 — неподвижный контакт;  
 3 — ось симметрии



**Рис. 4. Измерение усилия вытягивания ножей разъединителя:** 1 — нож; 2 — приспособление; 3 — динамометр; 4 — основание

**Монтаж выключателей нагрузки.** Выключатели нагрузки или разъединители мощности предназначены для отключения токов нагрузки в электроустановках небольшой мощности, рассчитанных в нормальном режиме на напряжение 6—10 кВ.

Выключатель нагрузки

ВНП-17 отличается от выключателя ВНП-16 наличием устройства для автоматического отключения при перегорании вставок предохранителя любой фазы.

Установка выключателя нагрузки допускается только в вертикальном положении на стене или специальной конструкции. Раму выключателя подвешивают на двух болтах, выверяют по уровню и отвесу, определяют толщину необходимых прокладок и места их установки. Затем приступают к попеременной затяжке болтов, одновременно контролируя правильность попадания ножей в горловины дугогасительных камер. После окончательной затяжки крепежных болтов следует еще раз убедиться в правильном вхождении ножей в камеры.

Все сочленения с приводом выполняют так же, как и при монтаже разъединителей. После установки на место выключателя и закрепления рамы проверяют отсутствие перекосов и нарушения центровки ножей и обеспечения последовательности включения и отключения главных и дугогасительных контактов. Регулировку полного вхождения в гасительные камеры производят путем изменения длины тяги. Опробование выключателя нагрузки производят путем 25 включений и отключений, после которых не должно наблюдаться нарушения регулировки работы выключателя с приводом.

**Монтаж масляных выключателей.** Подстанции и распределительные устройства на напряжение до 10 кВ промышленных предприятий комплектуются малообъемными (горшковыми) выключателями типов ВМГ-10, ВМП-10 и др., имеющими малые габариты и массу. Контакты таких выключателей облицованы дугостойкой металлокерамикой, что значительно увеличивает срок их службы. Дугогасительные устройства легкодоступны для осмотра и ревизии, после осмотра не требуют повторной регулировки. Выводы допускают непосредственное присоединение алюминиевых шин. Выключатель ВМП-10 поставляют в отрегулированном состоянии, без масла. Его установка сводится к укреплению рамы болтами на основание, проверке вертикальности

аппарата, соединения выключателя с приводом и токоведущих частей с шинами РУ. При ревизии после монтажа и в эксплуатации выключатель осматривают, проверяют состояние его внутренних частей. Для этого с каждого полюса снимают нижнюю крышку с неподвижным контактом, распорный цилиндр и, проверив состояние внутренних частей, вновь устанавливают снятые детали. Нижняя крышка должна плотно прилегать к фланцу. Выключатель заливают чистым и сухим трансформаторным маслом до уровня по маслоуказателю; при этом проверяют наличие и количество масла в буфере. Затем проверяют регулировочные данные выключателя: ход подвижных контактов (240—245 мм), одновременность их замыкания и размыкания.

Монтаж приводов к выключателям. Для управления выключателями применяют следующие приводы: электромагнитный ПЭ-11 и пружинный ПП-67 — для ВМГ-10; электромагнитный ПЭ-1 и пружинный ППМ-10 — для ВМП-10.

Приводы для перечисленных масляных выключателей поступают на монтаж в собранном и отрегулированном виде. Монтаж малообъемных выключателей и приводов производят в мастерских, где их подвергают ревизии и предварительной регулировке. Одновременно в мастерских по рабочим чертежам комплектуют и изготавливают опорные и крепежные конструкции и соединительные детали, необходимые для установки и сопряжения выключателей с приводами. Готовые аппараты в комплекте с деталями доставляют на монтажную площадку для установки. На месте монтажа привод крепят, соединяют с выключателем и проверяют их совместное действие.

Монтаж опорных и проходных изоляторов. Опорные и проходные изоляторы предназначены для электрической изоляции токоведущих частей друг от друга и от земли, а также для крепления шин к стенам, конструкциям и т.п.

По способу установки и назначению изоляторы делятся на под станционные и аппаратные, опорные, проходные и подвесные (последние называют также линейными). Кроме того, изоляторы изготавливают для внутренней и наружной установки.

До начала монтажа тщательно осматривают изоляторы, проверяют прочность армирования, состояние фарфора, отсутствие отбитых краев и сколов; поверхность изолятора очищают, а в проходных изоляторах, кроме того, зачищают и смазывают техническим вазелином поверхность токоведущего стержня или шины.

Опорные изоляторы сначала устанавливают в крайних точках линии шин. Между ними натягивают шнур (или проволоку), а затем по шнуру устанавливают и выравнивают по высоте все изоляторы, подкладывая в случае необходимости под их основания толь или картон, а при установке на металлических конструкциях — листовую сталь. Прокладки не должны выступать за фланцы изоляторов, которые в свою очередь не должны быть «утоплены» в перегородках или стенах.

**Монтаж шин.** Для ошиновки закрытых распределительных устройств применяют плоские шины из алюминия и его сплавов. При токе до 200 А используют также плоскую, круглую или трубчатую сталь.

Технологические операции при выполнении ошиновки закрытых РУ и ПС включают правку, резку, гнутье и монтаж контактных соединений. При отсутствии комплектных камер заводского изготовления работы по ошиновке для РУ цеховых ПС (обработка контактных поверхностей, сварка соединений, сверление для болтовых соединений и гнутье) выполняют в мастерских по эскизам, составленным по предварительным замерам.

Изгибание шин производят по эскизам и шаблонам, изготовленным из стальной проволоки диаметром 3—15 мм, при замерах на месте. Виды изгибов шин приведены на рис. 5.5.

Алюминиевые и медные шины на изоляторах устанавливают и крепят различными способами в зависимости от количества шин в каждой фазе (рис. 5.6). Для установок, работающих на большие токи, обычно применяют многополосные шины, блоки шин и шинопроводы, заранее изготовленные в мастерских.

В однополосных шинах, укрепляемых на головках изоляторов, делают овальные вырезы для компенсации изменения длины шины при нагревании ее током. При креплении многополосных шин между верхней планкой шинодержателя и пакетом шин оставляют зазор 1,5—2 мм. Изменения шин вследствие нагрева напрямую зависят от их длины, поэтому на длинных участках ошиновки (более 20—30 м) устанавливают *компенсаторы*. В середине такого участка на одном шинодержателе выполняют жесткое крепление, на остальных шины крепят свободно с указанным зазором.

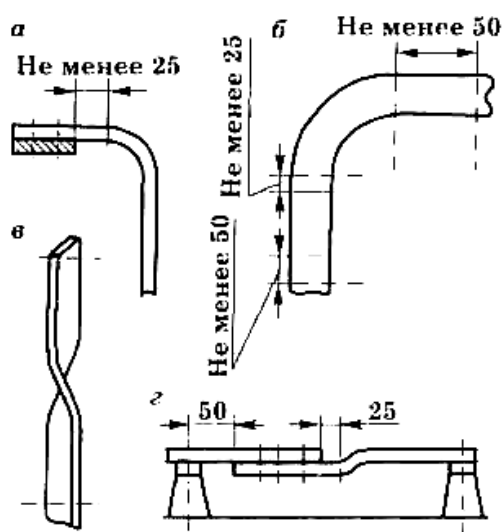
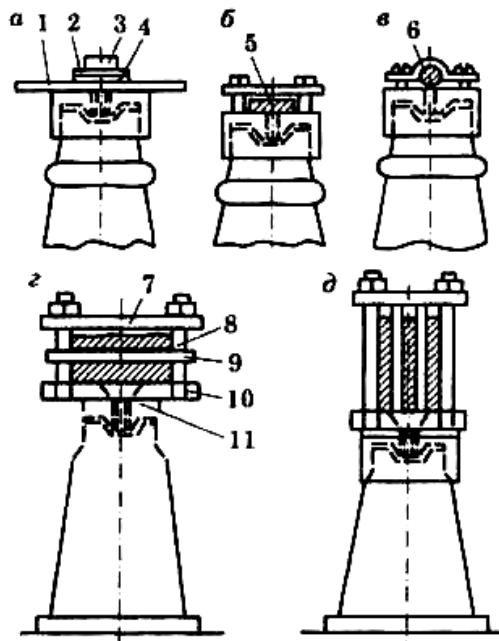


Рис. 5.5. Виды изгибов шин:  
*a* — на плоскость; *б* — на ребро;  
*в* — «штопором»; *г* — «уткой»

*Компенсаторы* состоят из набранных в пакет тонких (0,1—0,25 мм) медных или алюминиевых (соответственно материалу шин) лент, суммарное сечение которых равно сечению шины. Ленты по концам, сваренные в общий монолит, как правило, приваривают встык в месте разреза шин.

**Контактные** соединения жестких шин при монтаже современных ПС и РУ выполняют преимущественно электросваркой, иногда используют болты и сжимы. Для соединения гибких шин и присоединения их к аппаратам применяют болтовые и прессуемые зажимы. Болтовые соединения жестких шин внахлестку с помощью сквозных болтов или сжимных накладок (плит) используют только в случае присоединения к аппаратам или в местах, где необходим разъем шин. В остальных случаях, как правило, применяют сварку. Контакт плоских алюминиевых шин с медными стержневыми выводами аппаратов, рассчитанных на токи **600 А** и более, осуществляют специальными медно-алюминиевыми переходными пластинами. (Медноалюминиевая пластина состоит из отрезков медной и алюминиевой шин, сваренных встык на сварочной машине.)



- а*** — однополосных — плоским болтом;  
***б*** — однополосных — плоскими болтами и планкой;  
***в*** — круглых (на головке изолятора) — скобой;  
***г*** — многополосных плоских — плашмя в шинодержателях;  
***д*** — многополосных плоских — на ребро в шинодержателях;  
**1** — шина;  
**2, 4** — соответственно пружинящая и нормальная стальная шайбы;  
**3** — болт;  
**5** — планка;  
**6** — скоба;  
**7** — верхняя планка из стали или немагнитного материала;  
**8** — шпилька;  
**9** — вкладыш;  
**10** — нижняя планка;  
**11** — прокладка из электрокартона

Рис. 6. Способы крепления шин

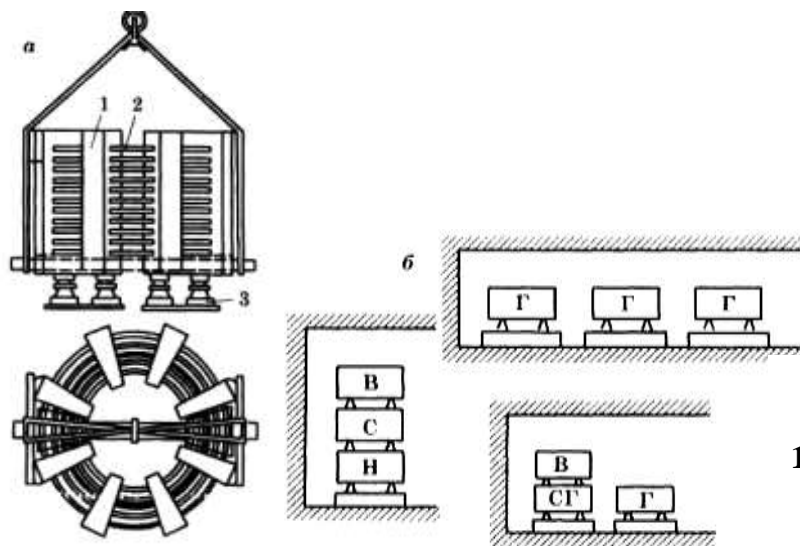
## Монтаж токоограничивающих и грозозащитных аппаратов

**Монтаж предохранителей высокого напряжения.** Предохранители высокого напряжения служат для защиты электроустановок небольшой мощности от токов КЗ и перегрузок. Они применяются для защиты силовых цепей (исполнение ПК — предохранитель с кварцевым заполнением), цепей измерительных трансформаторов напряжения (исполнение ПКТ).

Предохранители монтируют на цоколе из швеллера или угловой стали и стальной раме. Цоколь предохранителя или стальную раму устанавливают вертикально по разметке на болтах и выверяют по уровню и отвесу по основным осям. Гайки затягивают равномерно, наблюдая, чтобы оси изоляторов одной фазы строго совпадали по вертикали с продольной осью патрона и контактных губок с допуском  $\pm 0,5$  мм.

Перед монтажом предохранителя проверяют состояние фарфоровых изоляторов, трубок, стальных пружинящих скоб, контактных губок и ограничительных торцовых пластин; маркировку изоляторов и патронов; исправность указателя срабатывания; сохранность плавкой вставки и ее соответствие номинальному току патрона и предохранителя; наличие надежного контакта между губками и патронами предохранителя.

**Монтаж реакторов.** Реакторы, предназначены для ограничения токов КЗ в электроустановках и сохранения уровня напряжения в сети. Конструктивно реактор состоит из медной (тип РБ) или алюминиевой (тип РБА) обмотки, бетонных колонок и опорных фарфоровых изоляторов. Монтаж реактора заключается в ревизии, установке и сушке (при необходимости). На место монтажа реактор доставляют в заводской упаковке. Перед установкой его освобождают от упаковки, очищают от пыли и стружек и подвергают тщательному осмотру для выявления дефектов, препятствующих нормальной работе реактора.



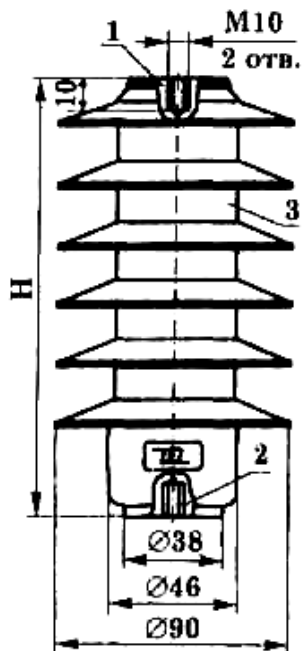
**Рис. 7.** Общий вид бетонного реактора РБА (а) и его фаз (б):  
1 - бетонная колонка; 2 - катушка;  
3 - изолятор

Три фазы реактора устанавливают вертикально или горизонтально, или ступенчато (рис. 7). Фазы реактора обозначают следующим образом: В — верхняя, С — средняя, Н — нижняя, Г — горизонтальная и СГ — средняя горизонтальная. Направление обмоток фаз С или СГ предусматривается обратным направлением обмоток остальных двух фаз комплекта реактора, что уравнивает электродинамическое усилие при КЗ в фазах В и Н. После установки реактор заземляют и подвергают испытаниям в соответствии с ПУЭ. Сопротивление изоляции обмоток не нормируется, но оно должно быть не менее 70% заводских данных.

**Монтаж разрядников.** Разрядники предназначены для защиты изоляции электроустановки и электрооборудования от коммутационных и атмосферных перенапряжений.

На ПС напряжением 6—10 кВ применяются преимущественно вентильные разрядники типа РВП (разрядник вентильный подстанционный). После тщательного осмотра разрядники устанавливают на опорные конструкции, выверяют по уровню и отвесу с подкладкой в необходимых случаях под цоколь отрезков из листовой стали и закрепляют на опорах с помощью хомута болтами.

**Ограничители перенапряжений (ОПН)** типа ОПН-КР/ТЕБ-6(10) (КР — тип ограничителя; ТЕБ — наименование серии; 6(10) — номинальное напряжение 6 или 10 кВ) предназначены для защиты электрооборудования станций, воздушных линий и кабельных сетей напряжением 6—10 кВ переменного тока промышленной частоты от атмосферных и коммутационных перенапряжений (рис. 8).



**Рис. 8. Нелинейный ограничитель перенапряжений ОНП-КР/TEL-6(10) кВ:**  
 1, 2 — контактные выводы соответственно потенциалный и для заземления;  
 3 — корпус

Это новый тип ограничителей перенапряжений в серии защитных аппаратов, изготавливаемых предприятием «Таврида электрик», который соответствует требованиям международного стандарта МЭК 99—4 и ГОСТ 16357—83. Ограничители типа ОНП-КР/TEL-6(10) представляют собой разрядники без искровых промежутков с активной частью из металлооксидных нелинейных резисторов, изготавливаемых по керамической технологии из окиси цинка с небольшими добавками окислов других металлов.

Высоконелинейная вольт-амперная характеристика резисторов обеспечивает их длительное использование под действием рабочего напряжения, обеспечивая при этом глубокий уровень защиты от перенапряжений.

Резисторы спрессовываются в оболочку из полимерных материалов, которая обеспечивает заданную механическую прочность и изоляционные характеристики. Полимерный корпус гарантирует надежную защиту резисторов от внешних воздействий на протяжении всего срока службы.

### **3.2.Методика выполнения работы.**

13. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
14. Изучить теоретические сведения.
15. Выполнить монтаж вводного-распределительного устройства.
16. Оформить отчет.

### **Содержание отчёта**

12. Тема и цель занятия.
- 13.Краткие сведения о щитках и распределительных коробках.
- 14.Монтаж щитов и пультов.
- 15.Основные неисправности. Порядок их устранения в вводно-распределительных щитах, силовых сборках.
- 16.Вывод.

## Контрольные вопросы


1. Что называется вводно-распределительным устройством, и где они применяются?
2. Какие вы знаете закрытые распределительные шкафы и из чего они состоят?
3. Какие работы проводятся перед монтажом вводно-распределительных щитов, силовых сборок?
4. Каким образом монтируют вводно-распределительные щиты, силовые сборки?
5. Каким образом и для чего производятся испытания коммутационных аппаратов?

## Литература

1. Атабеков В.Б. Монтаж электрических сетей и силового электрооборудования- М: Высшая школа, 1985г.стр4-27
2. Кудрявцев И.Ф. Электрооборудование и автоматизация с\х агрегатов и установок - М.: Агропромиздат, 1988г стр 91- 93 102-107
3. Бурда А.Г. Обучение в электромонтажных мастерских: Учеб пособие для техникумов. -М.: Радио и связь, 1988

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА**  
**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»

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

## **Практическая работа № 25**

**Тема. Монтаж трансформаторных подстанций**

**Цель:** Сформировать умения по выполнению монтажа и проведению технического обслуживания электрооборудования электрических станций, подстанций.

**Время выполнения:** 12 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** канат, ветошь, приспособление для смазки, проволока для бандажей, канатная мазь, методические рекомендации, учебная литература.

**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. 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. Внеурочная подготовка**

- 1.9 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [6], с.4-27.
- 1.10 Подготовить бланк отчета.

### **2. Работа на занятии**

- 2.1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
- 2.24. Изучить теоретические сведения.
- 2.25. Выполнить упражнения по монтажу вводно-распределительных щитов, силовых сборок.
- 2.26. Сдать инструмент, материалы.
- 2.27. Убрать рабочее место.
- 2.28. Оформить отчет.

### 3. Методические указания.

#### 3.1 Теоретические сведения.

## МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

### Монтаж силовых трансформаторов

Монтаж силовых трансформаторов предусматривает: погрузку, транспортировку и выгрузку; ревизию и сушку; сборку и установку; пробное включение под напряжением. В комплексе операций по монтажу трансформаторов значительное место по трудоемкости занимают такелажные работы. Доставку трансформаторов к месту монтажа осуществляют преимущественно автомобильным транспортом соответствующей грузоподъемности, тракторами на специальных транспортных приспособлениях или тягачами на автотрейлерах.

**Приемка и хранение трансформаторов.** После выгрузки проверяют, состояние трансформатора и осуществляют его подготовку к монтажу или к длительному хранению, если монтаж переносится на более поздний срок. Приемку трансформатора производят после внешнего осмотра, при этом проверяют отсутствие вмятин и повреждений бака, радиаторов, расширителя, выхлопной трубы и других деталей, герметичность уплотнений, целостность сварных швов, отсутствие трещин и отбитых краев у вводов, комплектность деталей по накладной и демонстрационной спецификации завода-изготовителя, наличие пломб на всех кранах для масла.

В трансформаторы, транспортируемые частично демонтированными, с баком, заполненным маслом, после испытания на герметичность и установки расширителя доливают сухое чистое масло не позднее чем через шесть месяцев после отправки с завода.

**Ревизия трансформаторов.** Ревизию силовых трансформаторов производят для выявления и устранения неисправностей и повреждений. В соответствии с ГОСТом трансформаторы подлежат введению в эксплуатацию без осмотра их активной части при соблюдении требований к их транспортированию и хранению, изложенных в «Инструкции по транспортированию, хранению, монтажу и вводу в эксплуатацию трансформаторов на напряжение до 35 кВ без ревизии их активных частей». При нарушении требований этой инструкции или при обнаружении неисправностей осуществляют подъем активной части трансформаторов для ревизии деталей, находящихся внутри бака.

Внутренний осмотр трансформатора проводят в закрытом помещении. При этом масло сливают в сухой и чистый бак, выемную часть поднимают и устанавливают на настил из досок, проверяют запрессовку обмоток, прочность болтовых креплений сердечника и остальных частей; затягивают ослабленные гайки и шпильки; тщательно осматривают целостность демпферов отводов в местах их присоединения к выводам и изоляции.

Мегомметром напряжением 1 кВ проверяют сопротивление изоляции обмоток по отношению друг к другу и к сердечнику, изоляцию шпилек магнитопровода и наличие заземления сердечника. Выемную часть, бак и радиаторы промывают сухим трансформаторным маслом, после чего собирают трансформатор, уплотняют места соединений, заливают масло и на месте проводят необходимые испытания.

**Контроль состояния изоляции трансформаторов.** Условия включения трансформаторов без сушки и необходимость сушки их активной части регламентируются в заводских и в указанной выше инструкциях, которыми и следует строго руководствоваться. Трансформаторы с увлажненными обмотками включать под рабочее напряжение не допускается.

Степень увлажнения обмоток трансформатора определяют по *коэффициенту абсорбции*, т.е. соотношению сопротивлений изоляции обмоток в зависимости от длительности приложения напряжения. Сопротивление изоляции обмоток измеряют мегомметром напряжением 2,5 кВ с верхним пределом измерения не ниже 10 000 МОм через 15 и 60 с после приложения напряжения и определяют коэффициент абсорбции, равный отношению  $R_{60}/R_{15}$ . При измерении соединяются

все вводы обмоток одного напряжения. Перед началом каждого измерения испытуемую обмотку заземляют *не менее чем на 2 мин.* Минимально допустимые значения  $R_{60}$  обмоток трансформаторов в масле на напряжение до 35 кВ мощностью менее 10 000 кВ\*А составляют:

Температура обмоток, °С	...	10	20	30	40	50	60	70
Сопротивление изоляции, МОм	...	450	300	200	130	90	60	40

Коэффициент абсорбции при хорошем состоянии изоляции трансформаторов мощностью менее 10 000 кВ\*А, напряжением до 35 кВ (включительно) при температуре обмоток 10—30 °С составляет *не менее 1,3.*

Состояние электрической изоляции характеризуется также показателем *тангенса угла диэлектрических потерь* ( $\text{tg}\beta$ ) в изоляции. Значение  $\text{tg}\beta$  существенно повышается при увлажнении диэлектрика, потому этот показатель широко используется при оценке состояния изоляции вновь вводимых в эксплуатацию масляных трансформаторов. Значения  $\text{tg}\beta$  нормированы и приведены в справочниках.

Значения  $\text{tg}\beta$  измеряют мостом типа Р5026 или Р5026М. К мостам этих марок прилагаются образцовые конденсаторы Р5023.

Кроме коэффициента абсорбции и показателя  $\text{tg}\beta$ , измеряют емкости при частотах 2 и 50 Гц ( $C_2/C_{50}$ ). Этот метод носит название «*емкость — частота*» и основан на том, что при увлажненных обмотках трансформатора  $C_2/C_{50} \approx 2$ , а при неувлажненных обмотках  $C_2/C_{50} \approx 1$ . Обмотки трансформатора в масле при напряжении до 35 кВ (включительно) мощностью менее 10 000 кВ\*А имеют следующие наибольшие допустимые значения  $C_2/C_{50}$ : 1,1 (при температуре обмотки 10 °С); 1,2 (при температуре обмотки 20 °С); 1,3 (при температуре обмотки 30 °С).

Значение  $C_2/C_{50}$  измеряют приборами контроля влажности ПКВ-7 и ЕВ-3. Правильные показания прибора ПКВ-7 обеспечиваются в том случае, когда сопротивление изоляции обмоток составляет не менее 15 МОм (при температуре 10—30 °С). Поэтому перед использованием прибора проверяют абсолютную величину сопротивления изоляции обмоток трансформатора. Величину  $C_2/C_{50}$  измеряют между каждой обмоткой и корпусом. Остальные обмотки при этом заземляют.

Монтаж и сборка мощных силовых трансформаторов для закрытых и открытых установок состоят из нескольких основных операций. Сначала устанавливают радиа-

торы, маслonaполненные вводы, переключающее устройство, расширитель, газовое реле, реле уровня масла, предохранительную (выхлопную) трубу, воздухоосушитель, термометры, термометрический сигнализатор и термосифонный фильтр.

**Сборка радиаторов.** В съемных радиаторах (до установки их на трансформатор) проверяют, полностью ли закрыты радиаторные краны на баке; испытывают плотность сварных швов и промывают радиаторы сухим трансформаторным маслом. Радиаторы испытывают маслом, нагретым до 50—60 °С (повышенное давление 50 кПа создают ручным насосом), или сжатым воздухом (от компрессора). Испытания проводят в вертикальном или горизонтальном положении радиатора в течение 30 мин. Заводские дефекты сварки, выявленные в результате испытания, устраняют газосваркой. После испытания радиаторы промывают чистым маслом, применяя для этого центрифугу или фильтр-пресс. Окончив монтаж всех радиаторов, проверяют работу кранов и заполняют радиаторы маслом.

**Монтаж переключающего устройства.** Трансформаторы с регулировкой напряжения под нагрузкой поставляют в комплекте с переключающим устройством. Работу данного устройства после монтажа проверяют, проворачивая механизм от начального до предельного положения вручную, а затем включая электродвигатель.

**Монтаж расширителя и газового реле.** Предварительно проверенный и испытанный на герметичность расширитель перед монтажом промывают сухим и чистым трансформаторным маслом. На крышке трансформатора устанавливают два кронштейна, на которых временно закрепляют расширитель. Окончательно расширитель устанавливают после присоединения к нему патрубка с газовым реле, очистки его внутренней поверхности от ржавчины до металлического блеска и покрытия лаком.

Проверенное в лаборатории газовое реле монтируют на маслопроводе на клингеритовых (или пробковых) прокладках, покрытых бакелитовым лаком. Смотровое окно газового реле располагают в удобном для обозрения месте. Верхний фланец газового реле устанавливают горизонтально (проверкой ватерпасом); маслопровод, соединяющий бак трансформатора с расширителем, устанавливают с подъемом 1,5—2% от трансформатора в сторону расширителя для того, чтобы обеспечить лучшее прохождение газов в реле.

**Монтаж реле уровня масла выхлопной трубы.** Реле уровня масла монтируют на фланце дна расширителя на уплотняющей прокладке. После установки маслоуказателя и реле уровня масла расширитель испытывают на герметичность путем заполнения его сухим трансформаторным маслом, выдерживая в течение 3 ч.

**Установка воздухоочистительного фильтра.** Воздухоочистительный фильтр предназначен для очистки (от влаги и промышленных загрязнений) воздуха, поступающего в расширитель трансформатора при колебаниях уровня масла при изменении температуры. Воздухоочиститель представляет собой цилиндр, заполненный силикагелем. Монтаж и включение воздухоочистительного фильтра осуществляется в следующем порядке: разборка, очистка и просушка фильтра; заполнение патрона верхней части цилиндра индикаторным силикагелем и установка стекла в смотровом окне; засыпка в цилиндр обычного силикагеля (пропитанного раствором хлористого кальция) с таким расчетом, чтобы до крышки оставалось примерно 15—25 мм; приведение в рабочее состояние гидравлического затвора и заливка его чистым сухим маслом до отметки номинального уровня; подсоединение воздухоочистителя к дыхательной трубке расширителя.

**Установка термометров и термометрических сигнализаторов.** Ртутные и ртутно-контактные термометры и термометрические сигнализаторы монтируют после проверки их в лаборатории.

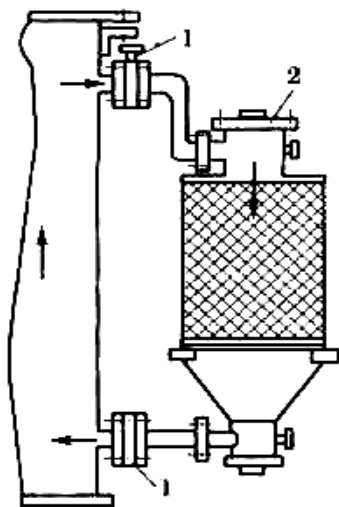
Термометрический сигнализатор устанавливают на специальной пластине, на резиновой прокладке, приваренной к стенке бака. При монтаже приборов на гильзах промежутки заполняют трансформаторным маслом, гильзы уплотняют.

**Монтаж термосифонного фильтра.** Термосифонный фильтр применяют для поддержания изоляционных свойств масла и продления срока его службы. Фильтр представляет собой цилиндрический аппарат, заполненный активным материалом — адсорбентом (крупный силикагель или активная окись алюминия сорта А-1), поглощающим продукты старения масла.

Монтаж термосифонного фильтра осуществляют в последующем порядке: разбирают фильтр и фильтрующее устройство; очищают фильтр и соединительные патрубки от загрязнений; промывают их чистым сухим трансформаторным маслом и собирают; снимают заглушки с радиаторных кранов и устанавливают фильтр на баке трансформатора аналогично установке радиаторов; в фильтр засыпают чистый сухой адсорбент, затем промывают его маслом (для фильтров вместительностью до 50 кг промывка необязательна) и заполняют расширитель маслом значительно выше отметок номинального уровня.

Перед заполнением маслом из фильтра удаляют воздух, для этого на крышке фильтра имеется специальный патрубок (воздушник); масло подают через нижний патрубок фильтра. После того как из фильтра выйдет весь воздух, открывают верхний кран

фильтра и сливают излишки масла. После прохождения через фильтр некоторого количества масла, берут пробу на отсутствие механических примесей. При их отсутствии прекращают подачу масла и приступают к монтажу фильтра на трансформаторе. Термосифонный фильтр подключают к трансформатору только с чистым сухим маслом, термосифон устанавливают с внешней стороны бака в вертикальном положении (рис. 9).



**Рис. 5.9. Термосифонный фильтр:**

1 — радиаторные краны;  
2 — загрузочный кран

### **Монтаж трансформаторов тока и напряжения**

**Трансформаторы тока** предназначены для питания токовых обмоток (последовательно включенных катушек) измерительных приборов и реле.

В принимаемых для монтажа трансформаторах тока в первую очередь осматривают фарфоровую изоляцию, токоведущий стержень или шины. При этом предъявляются те же требования, что и к фарфоровой изоляции и армированию опорных изоляторов. Кроме того, проверяют отсутствие повреждений кожуха, фланца и колодок вторичных выводов, а также наличие обозначений выводов и паспортной таблички.

Кроме внешнего осмотра все трансформаторы тока перед монтажом проверяют на отсутствие обрыва вторичной обмотки, правильность маркировки выводов и других данных по ПУЭ, а также состояние изоляции обеих обмоток и исправность стального сердечника.

Вводы трансформаторов тока монтируют таким образом, чтобы шины со стороны питания подходили к зажимам с пометкой  $L_1$ , а отходящие шины — к зажимам с пометкой  $L_2$ . В противном случае маркировка вторичных обмоток  $I_1$  и  $I_2$  нарушается и их концы перемаркировывают. После закрепления вторичные обмотки и кожухи трансформаторов тока соединяют с заземлением. Выводы вторичных обмоток, если к ним не присоединяют измерительные приборы и реле, должны быть закорочены.

**Трансформаторы напряжения** предназначены для понижения измеряемого напряжения с 400 до 100 В, необходимого для питания измерительных приборов, цепей автоматики, сигнализации и релейной защиты от замыканий на землю. Трансформаторы изготавливают двух видов: сухие — с естественным воздушным охлаждением и масляные — с масляным заполнением.

Перед монтажом в трансформаторах напряжения проверяют уровень масла, исправность маслоуказателя и наличие паспортной таблички, отсутствие повреждений бака, течи масла между баком и крышкой или из-под фланцев выводов.

При электрических испытаниях трансформаторов напряжения измеряют сопротивление изоляции обмоток; определяют полярность выводов максимального и минимального напряжения и проверяют коэффициент трансформации.

У маслonaполненных трансформаторов напряжения перед монтажом берут для испытания пробу масла в объеме, предусмотренном ПУЭ.

Монтируя трехфазные трансформаторы напряжения, учитывают общий порядок чередования фаз, принятый в РУ. У однофазных трансформаторов вывод, имеющий маркировку «Х», заземляют. При установке трех однофазных трансформаторов выводы «Х» соединяют общей шиной и заземляют. В случае установки двух трансформаторов напряжения, соединенных в открытый треугольник, рабочую фазу со стороны НН заземляют только в том случае, если это предусмотрено проектом. Корпус каждого трансформатора присоединяют к заземляющему устройству отдельной шиной.

### **3.2.Методика выполнения работы.**

17. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
18. Изучить теоретические сведения.
19. Выполнить монтаж вводного-распределительного устройства.
20. Оформить отчет.

### **Содержание отчёта**

17. Тема и цель занятия.
18. Краткие сведения о щитках и распределительных коробках.
19. Монтаж щитов и пультов.
20. Основные неисправности. Порядок их устранения в вводно-распределительных щитах, силовых сборках.
21. Вывод.

### **Контрольные вопросы**

7. Что называется вводно-распределительным устройством, и где они применяются?
8. Какие вы знаете закрытые распределительные шкафы и из чего они состоят?
9. Какие работы проводятся перед монтажом вводно-распределительных щитов, силовых сборок?
10. Каким образом монтируют вводно-распределительные щиты, силовые сборки?
11. Каким образом и для чего производятся испытания коммутационных аппаратов?

### **Литература**

1. Атабеков В.Б. Монтаж электрических сетей и силового электрооборудования- М: Высшая школа, 1985г.стр4-27
2. Кудрявцев И.Ф. Электрооборудование и автоматизация с\х агрегатов и установок - М.: Агропромиздат, 1988г стр 91- 93 102-107
3. Бурда А.Г. Обучение в электромонтажных мастерских: Учеб пособие для техникумов. -М.: Радио и связь, 1988

**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»

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

## **Практическая работа №26**

**Тема. Выключатели масляные – ремонт с изготовлением и заменой контактов**

**Цель:** изучить масляные выключатели, произвести ремонт с изготовлением контактов. Научится регулированию на одновременное включение трех фаз и проверкой плоскости контактов

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** ручной монтажный инструмент, стенд масляный выключатель, провода различных марок и сечений, электромонтажный инструмент, методические рекомендации, учебная литература.

**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. 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 масляных выключателях.

2.2. Записать краткие теоретические сведения об регулировании на одновременное включение трех фаз.

2.3. Выбрать масляный выключатель.

2.4. Расшифровать марки масляных выключателей.

2.5. Разметить места установки масляных выключателей.

2.6. Установить масляный выключатель.

2.7. Показать выполненную работу.

2.8. Убрать рабочее место.

2.9. Оформить отчёт.

### **3. Методические указания.**

3.1 Теоретические сведения.

Масляный выключатель предназначен для включения и отключения силовых электрических цепей в рабочем режиме (под нагрузкой), перегрузках, а также в случаях коротких замыканий на линии.

Масляные выключатели могут включаться и отключаться как вручную, так и в автоматическом режиме под управлением аппаратов защиты и управления.

Главным элементом масляного выключателя является контактная система, погруженная в трансформаторное масло, в которой происходит гашение электрической дуги, образующейся при разрыве цепи высокого напряжения.

Исследования показали, что в момент расхождения контактов между ними образуется электрическая дуга, которая держится несколько периодов. По мере увеличения расстояния между контактами дуга гаснет, а протекание тока в цепи прекращается. Физическая сущность данного явления заключается в следующем. При исчезновении тока магнитная энергия, запасенная в выключаемой цепи, превращается в электростатическую. Это можно выразить формулой баланса энергии:

Где  $L$  – индуктивность, а  $C$  – емкость коммутируемой цепи.

Отсюда можно выразить:

Отношение  $\sqrt{\frac{L}{C}}$  называют волновым сопротивлением, оно составляет для воздушных линий 400 – 500 Ом, а для кабельных линий 30 – 50 Ом.

Если отключение происходит в момент прохождения тока через максимум, то напряжение в цепи может повыситься во много раз по сравнению с номинальным. Особенно это опасно для изоляции электроустановки в случае отключения токов короткого замыкания. Но если процесс отключения происходит в момент прохождения тока через ноль, то величина напряжения оказывается небольшой и не поддерживает процесс горения электрической дуги. Именно в этот момент масляный выключатель и должен обеспечить окончательный разрыв электрической дуги.

Процесс выключения тока в масле происходит при интенсивном образовании в области дуги паров масла, так как температура во время процесса отключения может достигать порядка 6000 °С.

При достижении определенного расстояния между размыкающимися контактами, в момент прохождения тока через нулевое значение, напряжение снижается и оказывается недостаточным для пробоя газового промежутка между контактами, электрическая дуга разрывается и процесс отключения заканчивается. Также быстрому гашению электрической дуги способствует высокое давление газов, выделяющихся вследствие частичного разложения масла в области образования дуги.

Если величина тока не зависит от конструкции масляного выключателя, то напряжение на дуге и время ее разрыва зависит не только от параметров электрической цепи, но и от конструкции выключателя.

Таким образом, гашение электрической дуги в масляных выключателях основано на быстром расхождении контактов и интенсивном охлаждении электрической дуги.

Кроме того, в некоторых конструкциях выключателей применяют расщепление электрической дуги на ряд параллельных дуг меньшего сечения и разделение электрической дуги на ряд коротких дуг.

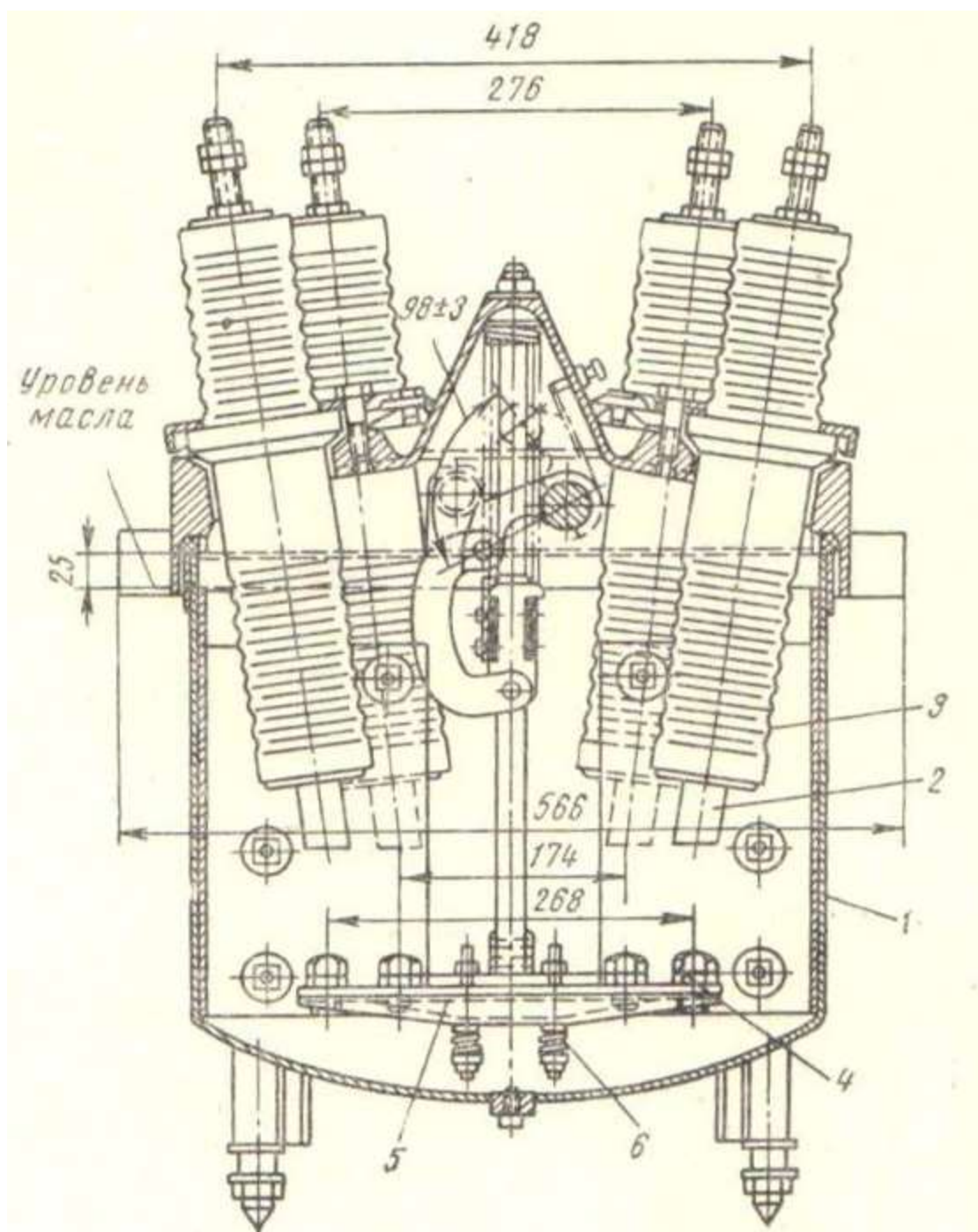
Быстрое расхождение контактов масляного выключателя достигается путем применения специальных пружин.

Усиленное охлаждение электрической дуги достигается за счет высокой теплопроводности газов, образующихся при разложении масла, а также газового дутья, направленного вдоль или поперек дуги в зависимости от типа и конструкции масляного выключателя.

Высоковольтные выключатели подразделяют на масляные и воздушные. Масляные выключатели бывают баковые с большим объемом масла и горшковые с малым объемом масла. В баковых выключателях контакты всех трех фаз погружены в один закрытый бак, заполненный минеральным маслом.

В горшковых выключателях на каждой фазе имеется отдельный стальной цилиндр, заполненный маслом, в котором происходит разрыв контактов и гашение электрической дуги.

На рисунке ниже показано устройство многообъемного масляного выключателя типа ВМБ-10 на 10 кВ и 600 А, состоящего из следующих деталей:

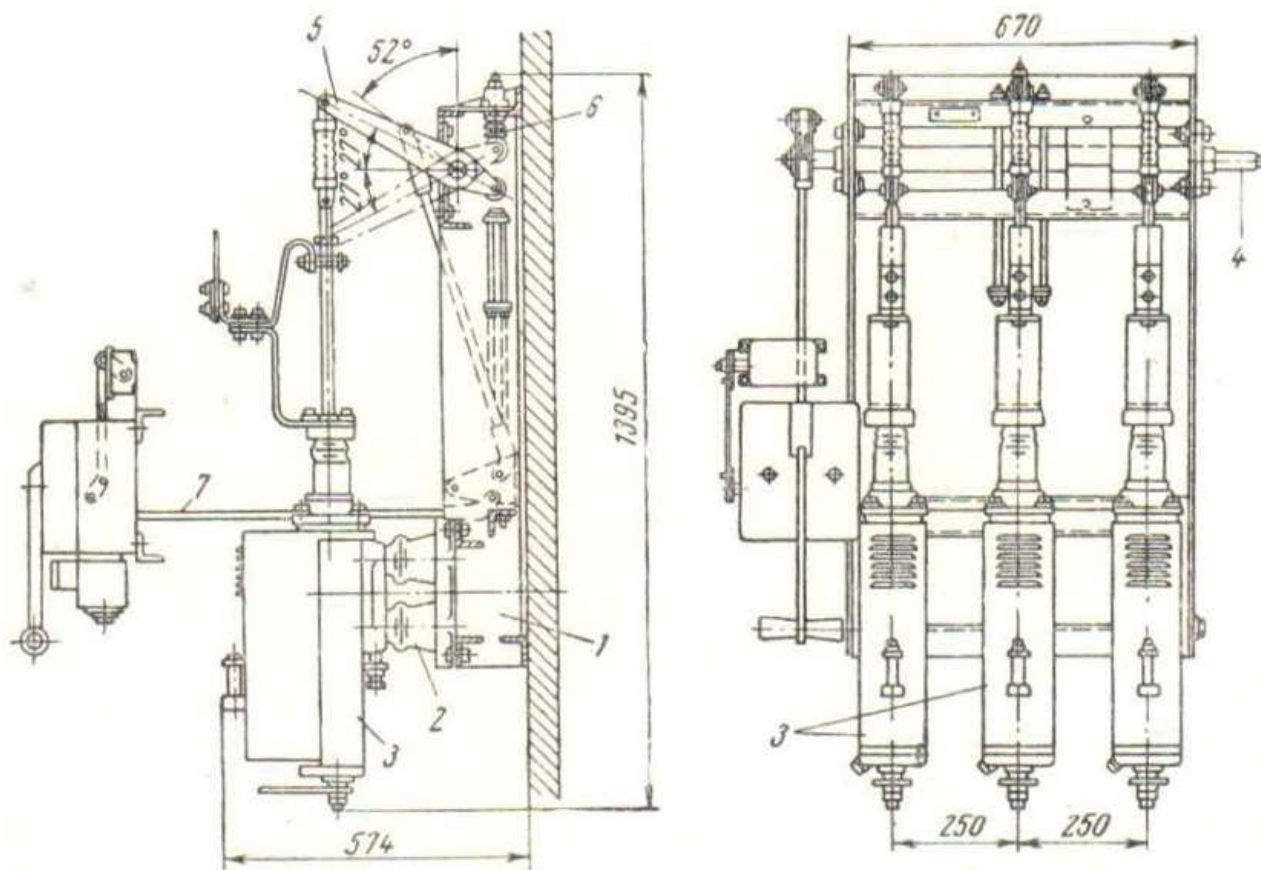


Масляный выключатель ВМБ-10

Круглый бак со сферическим дном 1. Бак внутри изолируется электрокартоном. Перегородки между фазами также выполняются из картона. Неподвижные медные контакты 2 выполнены в виде массивных колодок, к которым присоединены концы

токоведущих стержней проходных изоляторов 3. Сферические подвижные контакты 4 привернуты к медной шине, прикрепленной к стальной траверсе 5. Надежный контакт при включении создается при помощи стальных пружин 6. Бак заполняется трансформаторным маслом.

Довольно распространенным в сетях 6 – 10 кВ малообъемным масляным выключателем горшкового типа является ВМГ-133, показанного на рисунке ниже:



Масляный выключатель ВМГ-133

Этот выключатель выполняется на номинальный ток до 1000 А и характерен, как и все другие малообъемные выключатели, весьма незначительным объемом масла (примерно 10 кг против 180 кг, заполняющих, например, бак масляного выключателя ВМ-22, который снят с производства, но кое-где его все же можно встретить). Это делает их непожаро- и невзрывоопасными и позволяет их устанавливать в открытых камерах распределительных устройств высокого напряжения.

Масляный выключатель ВМГ-133 имеет следующее устройство: на сварной раме 1 укреплено шесть опорных изоляторов 2 (по два изолятора на фазу). На изоляторах подвешены три стальных бачка 3, в которых размещается контактная система.

Контактная система состоит из розеточного неподвижного контакта, находящегося на дне цилиндра, токоведущего подвижного контакта стержня, контактной колодки в месте выхода токоведущего стержня и гибкой токоведущей связи для соединения с выводами. Розеточный контакт состоит из шести сегментов, сжимаемых к центру пружинами, что обеспечивает надежный контакт с токоведущими стержнями.

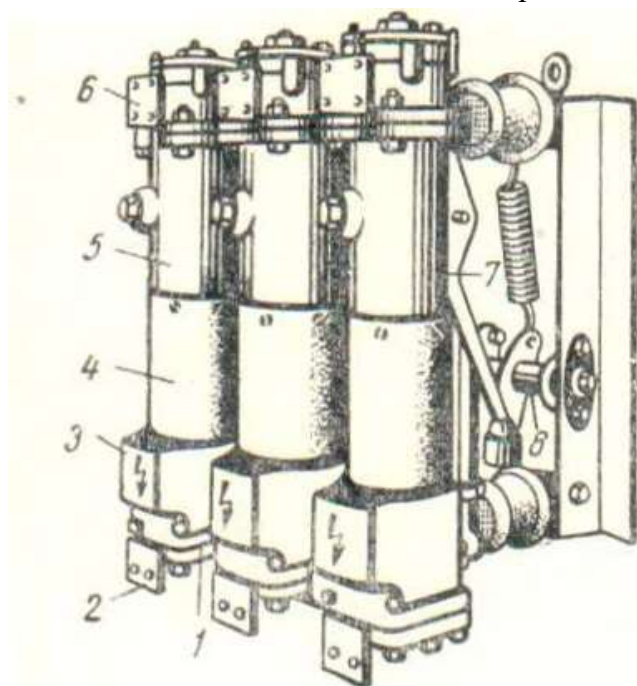
На двух чугунных подшипниках в верхней части расположен вал 4 с приваренными к нему рычагами 5 для привода. При включении выключателя вал поворачивается на угол  $54^{\circ}$ . К коротким плечам крайних рычагов вала прикреплены отключающие пружины 6, работающие на сжатие при отключении. С механизмом выключателя привод соединен валом 7.

Внутри стальных цилиндров выключателя помещаются бакелитовые изоляционные цилиндры. Дуга гасится в выключателе ВМГ-133 в специальной дугогасительной камере, находящейся в цилиндре в месте разрыва контактов. Камера изготавливается из гетинакса или фибры.

Дугогасительные камеры набираются из изоляционных перегородок, образующих три поперечные дутьевых щели, соединенные отдельными выходами с верхней частью цилиндра. При отключении под нагрузкой, под действием электрической дуги часть масла испаряется, при этом давление в нижней части цилиндра быстро растет, пары масла устремляются в дутьевые щели и создают поперечное дутье, способствующее быстрой деионизации и гашению дуги.

В рассматриваемом выключателе масло уже не служит для изоляции токоведущих частей между фазами и от земли, а предназначено лишь для гашения электрической дуги и изоляции промежутка между разомкнутыми контактами данной фазы.

К той же группе, что и описанный ВМГ-133, относится и выключатель ВМП-10 (рисунок ниже), имеющий меньшие габариты и вес:



Масляный выключатель ВМП-10:

1 — крышка; 2 и 6 — зажимы; 3 — фланец; 4 — бак; 5 — корпус; 7 — изолирующая тяга; 8 — вал

Небольшой обзор устройства и принципа действия ВМП-10:

Вес масла в нем составляет 4,5 кг. Выключатели ВМП-10 устанавливаются в комплектных ячейках типа КСО, а ВМП-10К – в малогабаритных комплексных распределительных устройствах с выкатными тележками типа КРУ.

Выключатель ВМП-10К имеет меньшую ширину, чем ВМП-10, что достигается сближением полюсов и установкой между ними изоляционных перегородок.

При использовании малообъемных выключателей значительно снижается стоимость распределительного устройства, повышается возможность индустриализации монтажа за счет применения комплектных ячеек с установленными в них горшковыми выключателями и прочим высоковольтным оборудованием.

Основные технические данные некоторых выключателей приведены в таблице ниже:

### 3.2.Методика выполнения работы.

3.1. Ознакомьтесь с темой и целью занятия.

- 3.2. Изучите виды и устройство масляных выключателей.
- 3.3. Выполнить монтаж масляных выключателей.
- 3.4. Выполнить индивидуальное задание.
- 3.5. Составить отчет о проделанной работе.

### **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1. Тема и цель работы.
2. Зарисовать и записать схемы включения масляных выключателей.
3. Зарисовать и записать устройство масляных выключателей.
4. Записать виды и марки масляных выключателей.
5. Зарисовать конструкцию розеточного контакта масляного выключателя.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назовите назначение масляного выключателя.
2. Назовите виды масляных выключателей.
3. Как подключаются масляные выключатели.
4. Как производится регулировка контактов на одновременное включение трёх фаз.
5. Как производится замена контактов.

### **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

В.А. Блинцов

**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»

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

## **Практическая работа № 27**

**Тема:** Щиты распределительные высоковольтные - монтаж с установкой арматуры.

**Цель:** Изучить общие требования по выбору арматуры, изделий для крепления распределительных высоковольтных щитов напряжением 6 - 10 кВ.

Освоить технологию разметки осей крепления высоковольтных распределительных щитов. Ревизия аппаратуры.

Приобрести умения и навыки по выполнению заземления конструкций.

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** электромонтажный инструмент, методические рекомендации, учебная литература, высоковольтные распределительные устройства напряжением 6-10 кВ.

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

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**

- 1.11 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [1], с.541 - 581; [2], с.183-190; : [3], с.205; .
- 1.12 Подготовить бланк отчета.

**2. Работа в мастерской**

- 2.1. Получить допуск к работе у преподавателя, предоставить на проверку заготовку отчета.
- 2.2. Изучить общие требования по выбору арматуры, изделий для крепления распределительных высоковольтных щитов напряжением 6 - 10 кВ.
- 2.3. Ознакомиться с инструментами и материалами для разметки осей крепления высоковольтных распределительных щитов. Ревизия аппаратуры.
- 2.4. Составить технологическую карту по выполнению заземления конструкций трансформаторной подстанции (таблица 1).

Таблица 1. Технологическая карта по выполнению заземления конструкций трансформаторной подстанции.

Операция	Способ выполнения

- 2.5. Составить заявку на материалы и инструмент для разметки осей крепления высоковольтных распределительных щитов (таблица 2).

Таблица 2. Заявка на материалы и инструмент.

Наименование оборудования и инструмента	Тип	Ед. измерения	Кол-во

2.6. Вычертить эскизы по выполнению заземления конструкций распределительных устройств.

2.7. Выполнить индивидуальное задание

2.8. Убрать рабочее место.

2.9. Оформить отчет.

### 3. Методические указания.

#### 3.1 Теоретические сведения.

#### Распределительные устройства

Распределительными устройствами (РУ) называют электрические установки, обеспечивающие прием и распределение электроэнергии, и содержащие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы, сборные и соединительные вспомогательное оборудование.

Различают открытые (ОРУ) и закрытые (ЗРУ) распределительные устройства. ОРУ располагают вне зданий на открытой территории. ЗРУ помещают внутри зданий. Открытые РУ обычно применяют при напряжениях 35 кВ и выше, так как строительство зданий при таких напряжениях обходится очень дорого. Закрытые РУ экономически целесообразны при напряжениях 3—20 кВ. При тяжелых климатических условиях, при высоком уровне загрязнения атмосферы, а также при отсутствии достаточных площадей под открытые РУ приходится выполнять их закрытыми и при напряжении 35—110 кВ. По заводской готовности распределительные устройства разделяются на сборные и комплектные.

Сборные распределительные устройства комплектуют непосредственно в процессе подготовки монтажа. Оборудование и аппараты монтируют индивидуально.

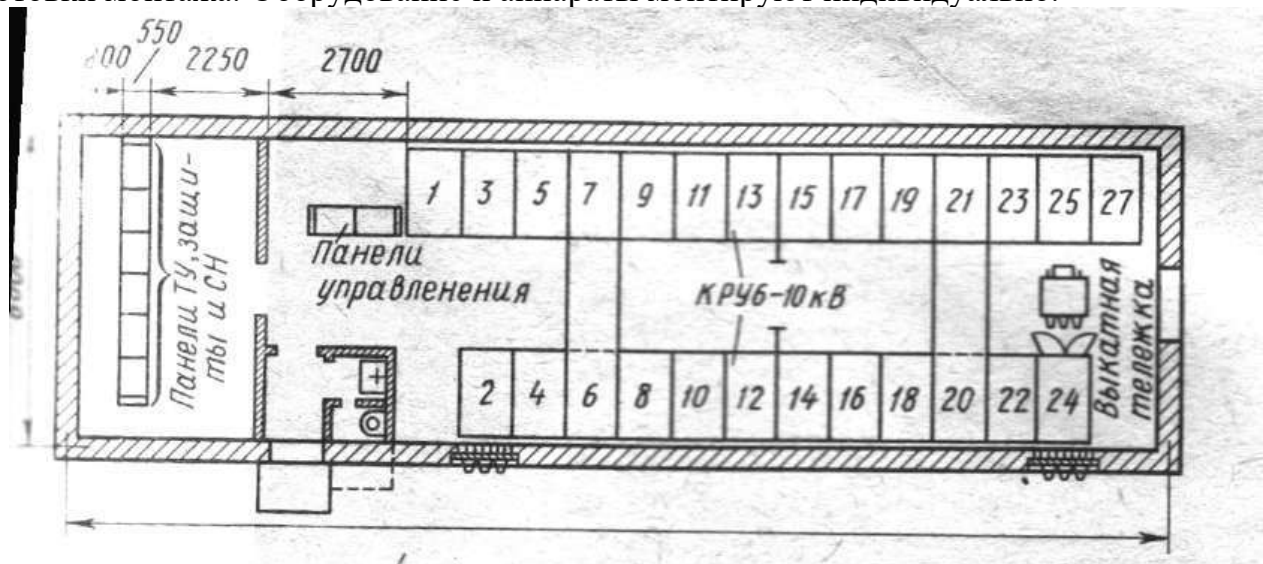


Рис. 1. План закрытого РУ 6—10 кВ

Эти особенности сборных РУ обуславливают большую трудоемкость и высокую стоимость монтажа. Комплектные распределительные устройства (КРУ) поставляются полностью смонтированными и отрегулированными в металлических шкафах, ячейках, блоках. Монтаж КРУ в основном сводится к сборочным работам. Индустриальные условия производства КРУ обеспечивают им следующие преимущества в сравнении со сборными: полную комплектность поставки и высокую степень готовности; сокращенные объемы и сроки монтажных работ; снижение стоимости монтажа; высокий уровень ремонтпригодности; удобство и быстроту расширения или реконструкции.

Закрытые комплектные распределительные устройства промышленных предприятий (рис. 1) выполняются преимущественно в простейших одноэтажных зданиях зального типа.

Открытые комплектные распределительные устройства монтируют на сборных железобетонных и стальных опорных конструкциях. При напряжениях 35—110 кВ в качестве ОРУ находят широкое применение открытые блоки высоковольтной аппаратуры, входящие в состав блочных комплектных трансформаторных подстанций (КТПБ).

### **Общие требования по выбору арматуры, изделий для крепления распределительных высоковольтных щитов напряжением 6 - 10 кВ.**

Комплектные распределительные устройства для внутренней установки (КРУ) выпускают двух типов: выкатного и стационарного.

Выкатные КРУ имеют выкатную тележку. На тележке монтируют наиболее часто повреждаемую или требующую регулировок аппаратуру (выключатели, трансформаторы напряжения, разрядники и т. п.). Выкатное исполнение при наличии резерва тележек обеспечивает быструю ликвидацию последствий, аварий и облегчает ремонт и эксплуатацию КРУ.

Выкатные КРУ состоят из двух основных частей (рис. 2): корпуса и выкатной тележки. Деление внутреннего объема камер на отсеки ограничивает развитие аварии обычно пределами только одного отсека. Выкатная тележка КРУ с выключателем ВМП-10К показана на рис. 3. Механизм 7 доводки и фиксации обеспечивает усилие, необходимо<sup>^</sup> для включения разъединителей в конце вкатывания тележки.

Безопасность камеры при выкаченной тележке создается шторочным механизмом 11 (см. рис. 2). Он автоматически закрывает отверстия в перегородке для подвижных контактов разъединителя. При вкатывании тележки в рабочее положение шторки открывают отверстия также автоматически. Относительно корпуса тележка имеет два фиксированных положения: рабочее и контрольное. В контрольном положении производятся работы по наладке. Для ремонтов тележки полностью выкатываются за пределы камеры.

Ошибочные операции персонала в КРУ предотвращаются автоматическими блокировками. В конструкции КРУ предусмотрены блокировки от: 1) вкатывания тележки в рабочее положение при включенном выключателе; 2) выкатывания тележки из рабочего положения при включенном выключателе; 3) вкатывания тележки в рабочее положение при включенном заземлителе; 4) включения заземлителя в рабочем положении тележки; 5) включения выключателя в промежуточных нефиксированных положениях тележки.

Первые две блокировки предотвращают включение и отключение рабочего тока контактами разъединителя, на что они не рассчитаны. Следующие две блокировки исключают короткое замыкание. Последняя блокировка обеспечивает безопасность персонала.

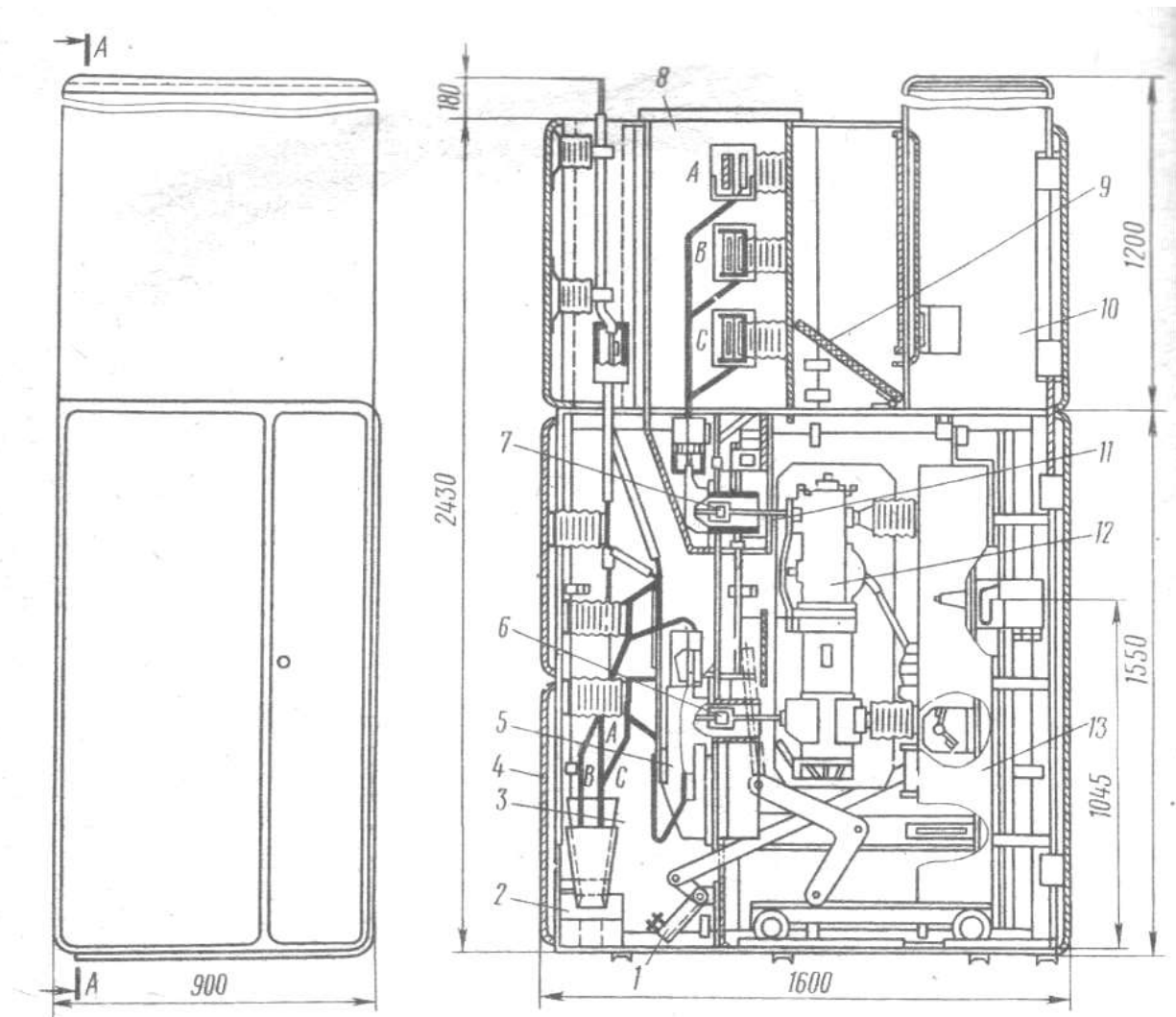


Рис. 2. Устройство шкафа КРУ выкатного типа:

1—заземлитель, 2—кабельная заделка, 3—трансформаторный (линейный) отсек, 4—съемная крышка, 5—трансформатор тока, 6—штепсельный разъединитель (нижний), 7—штепсельный разъединитель (верхний), 8—отсек сборных шин, 9—перегородка, 10—релейный шкаф, 11—штопорный механизм, 12—выключатель, 13—выкатная тележка.

Камеры КРУ с электромагнитным выключателем типа ВЭМ-6 имеют существенные преимущества перед другими. Эти преимущества определяются достоинствами самого электромагнитного выключателя.

Стационарные КРУ серий КСО-366 и КСО-272 имеют примерно одинаковое устройство. Корпус их камеры представляет собой сварной каркас из гнутых стальных профилей, облицованный стальными панелями. Внутри камеры стационарно смонтирована аппаратура РУ. Выкатных тележек стационарные КРУ не имеют.

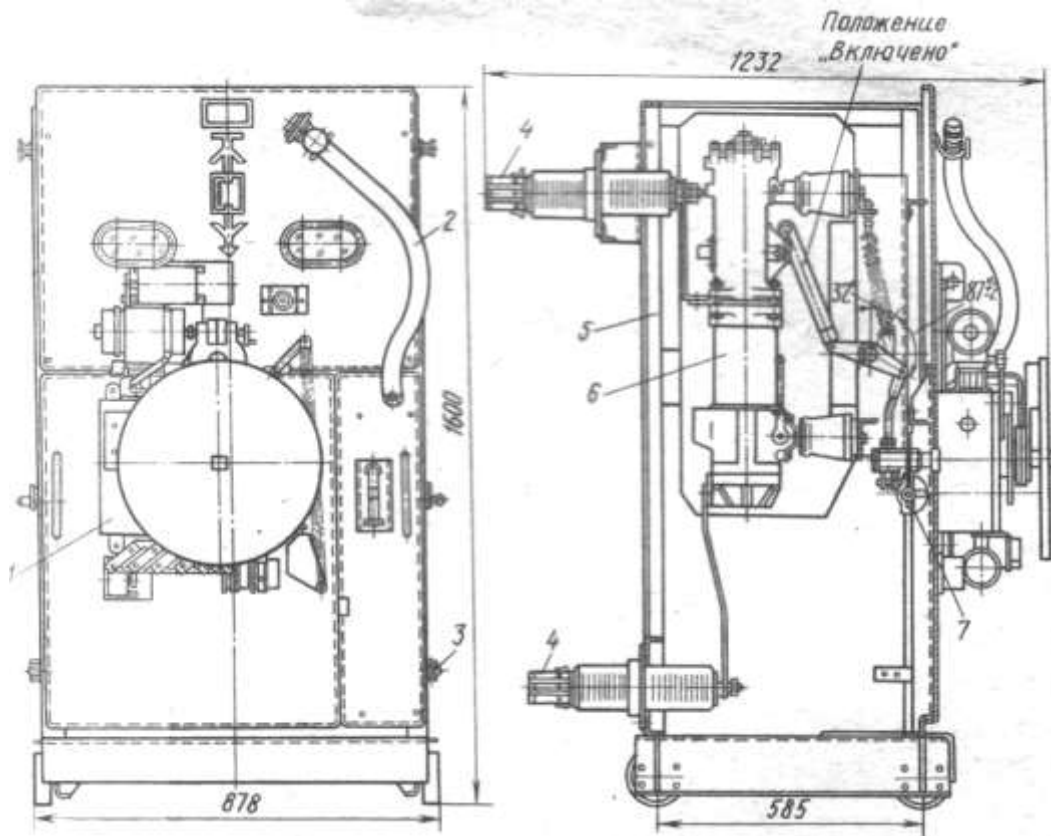


Рис. 3. Выкатная тележка КРУ с выключателем ВМП-10К: 1— пружинный привод ПП-67 к масляному выключателю, 2—гибкий шланг вторичной коммутации со штепсельным разъемом, 3—контакт защитного заземления, 4—втычной контакт, 5—металлоконструкция тележки, 6—масляный выключатель, 7—вал доводки тележки..

Камеры КСО-366 предназначены для РУ, выполняемых по упрощенным схемам. Они комплектуются разъединителями и выключателями нагрузки при номинальных токах до 600 А (рис. 4). Камера внутри не разделяется на отсеки, но в комплект поставки КРУ входит инвентарная перегородка. Эта перегородка устанавливается в отключенных для ремонта камерах для ограждения частей, оставшихся под напряжением. Камеры КСО-366 имеют уменьшенные в сравнении с КСО-272 габариты (высоту, глубину).

Камеры КСО-272 (рис. 5) рассчитаны на номинальные токи до 1000 А. В качестве основного коммутационного аппарата применен масляный выключатель типа ВМГ-10 с приводом ПЭ-11. Вместо этого привода могут применяться приводы ГШ-67 или ППВ-10.

Комплектные распределительные устройства для наружной установки (КРУН) размещают в металлических шкафах усиленной конструкции, снабженных уплотнениями, предотвращающими проникновение в них атмосферной влаги и пыли. Внутри шкафов смонтированы отключающие аппараты, устройства контроля, управления, защиты и автоматики.

КРУН изготавливают трех типов: 1) выкатные, 2) стационарные. 3) объемные (с однорядным и двухрядным расположением ячеек).

КРУН выкатного типа разделяются на отсеки и скомпонованы они так же, как и соответствующие КРУ внутренней установки. Для вентиляции в корпусе имеются жалюзи. Потолок шкафа снабжен теплоизоляционной панелью, защищающей находящееся в шкафу электрооборудование от нагрева солнечных лучей.

Выкатные тележки КРУН имеют конструкцию, показанную на рис. 3. Выкатные КРУН выпускают нормального и малого габаритов.

КРУН стационарного типа не имеют выкатных тележек, снабженных штепсельными разъединителями. Это вызывает необходимость применения отдельных разъединителей с

приводами. Шкафы разделяются перегородками на отсеки (рис. 6). В этих КРУН в качестве основных аппаратов применяют масляные выключатели ВМГ-10, разъединители РВ-10 и предохранители ПК-10. Шкафы с выключателями оборудованы механической блокировкой от неправильных действий выключателем и разъединителем.

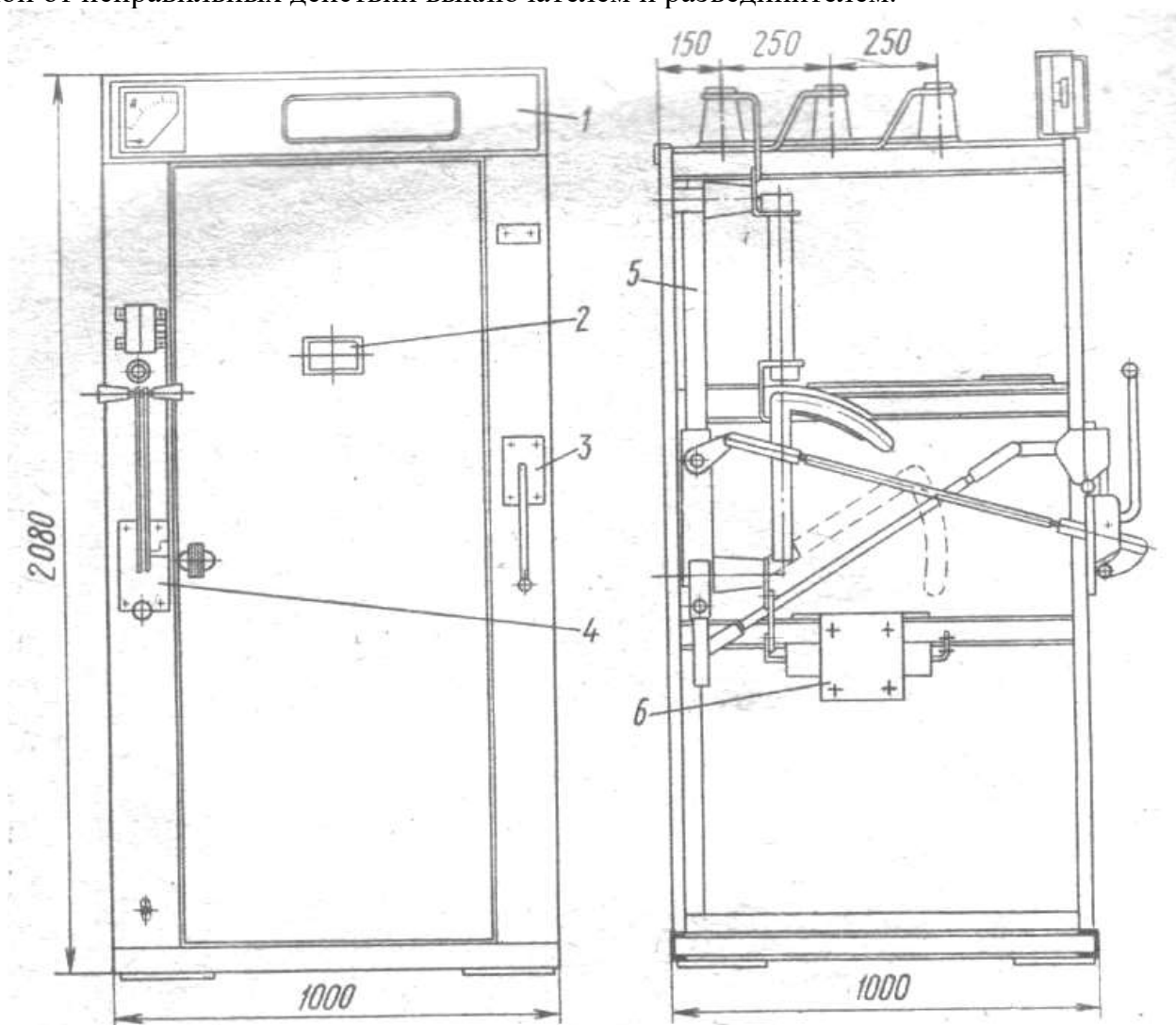


Рисунок 4 – Камера типа КСО-366: 1—короб вторичных цепей и зажимов, 2—смотровое окно, 3—привод ПР-2 заземляющих ножей, 4—привод ПР-17, 5—выключатель нагрузки ВМПЗ-16, 6—трансформатор тока.

КРУН объёмного типа изготавливают нормального и малого габаритов с однорядным и двухрядным расположением ячеек. Эти КРУН располагают в собственном помещении из стальных листовых панелей. Заднюю стену помещения однорядного КРУН составляют задние панели собранных вместе ячеек (рис. 7).

Ячейки имеют козырьки 5. Козырьки в сборе составляют половину крыши КРУН. Остальная часть помещения собирается из стандартных панелей передней стенки коридора, крыши коридора и торцовых стенок коридора с дверьми. На свободной стенке коридора управления размещают релейные шкафы 7 и блоки питания 9. Полная ширина коридора управления около 1900 мм. Длина коридора определяется количеством ячеек.

При двухрядном расположении ячеек продольные стены помещения образуются задними стенками ячеек. Торцовые стенки и крыша коридора имеют уменьшенные размеры. Коридор шириной около 2000 мм образуется между фасадами ячеек.

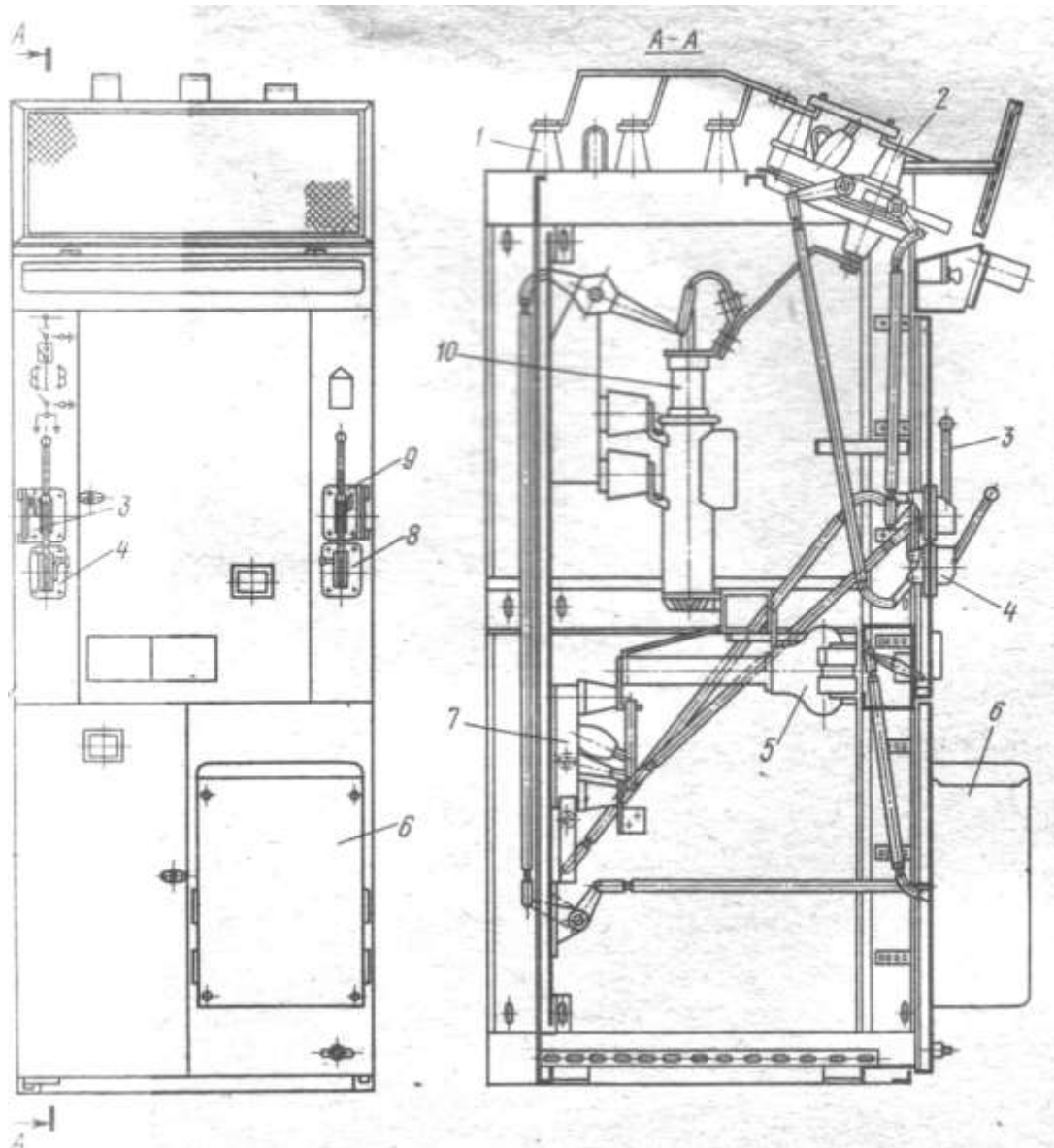


Рис. 5. Камера серии КСО-272 с выключателем ВМГ-10: 1— сборные шины, 2—шинный разъединитель, 3—привод заземляющих ножей шинного разъединителя. 4—привод шинного разъединителя, 5—трансформатор тока, 6—пружинный привод ПП-67, 7—линейный разъединитель, 8—привод линейного разъединителя, 9—привод заземляющих ножей линейного разъединителя, 10—выключатель ВМГ-10.

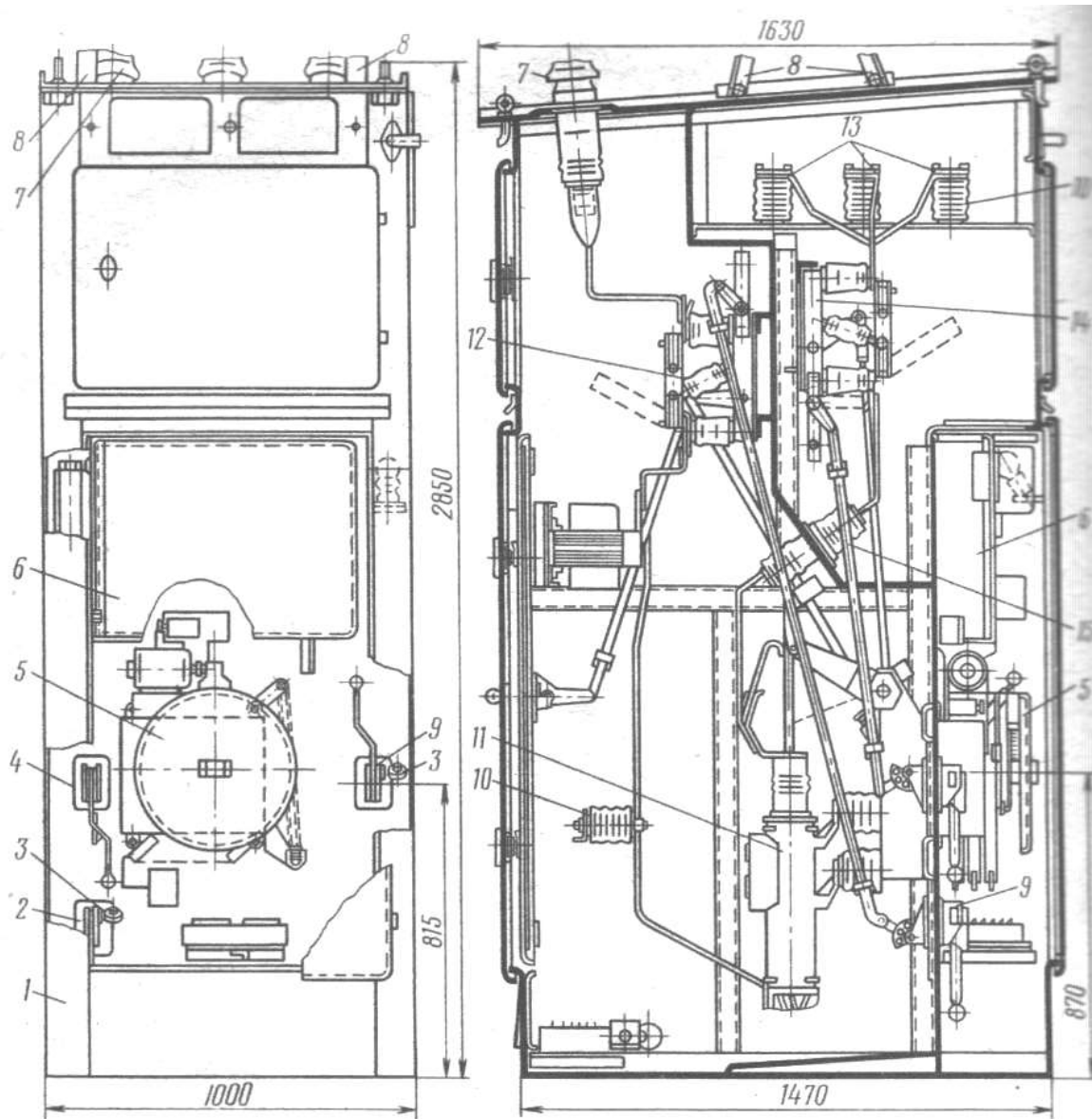


Рис. 6. Шкаф КРУН стационарного типа серии КРН-III-10:

1—корпус шкафа, 2—привод заземляющего ножа линейного разъединителя, 3—замок блокировки, 4—привод заземляющего ножа шинного разъединителя, 5—пружинный привод ПП-67, 6—релейный шкаф, 7—линейный изолятор, 8—кронштейн для воздушной линии, 9—привод ПР-10-П шинного и линейного разъединителей, 10—опорный изолятор, 11—выключатель ВМГ-10, 12—линейный разъединитель РВЗ-10-600, 13—сборные шины, 14—шинный разъединитель РВЗ-10-600, 15—проходной изолятор.

Малогабаритные объемные КРУН выполняются только с двухрядной компоновкой ячеек. Малогабаритность КРУН обеспечена малыми размерами основного аппарата—выключателя ВМГ-10 и повышенной плотностью монтажа оборудования. Эти КРУН поставляются заводом-изготовителем крупными блоками (до 10 ячеек на общей раме).

Вводы в КРУН любого типа выполняются в трех вариантах: 1) токопроводом; 2) кабелем через приставку; 3) воздушной линией с помощью мачты.

КРУН всех типов применяют как в качестве отдельных распределительных устройств, так и в составе комплектных трансформаторных подстанций со стороны 6 (10) кВ.

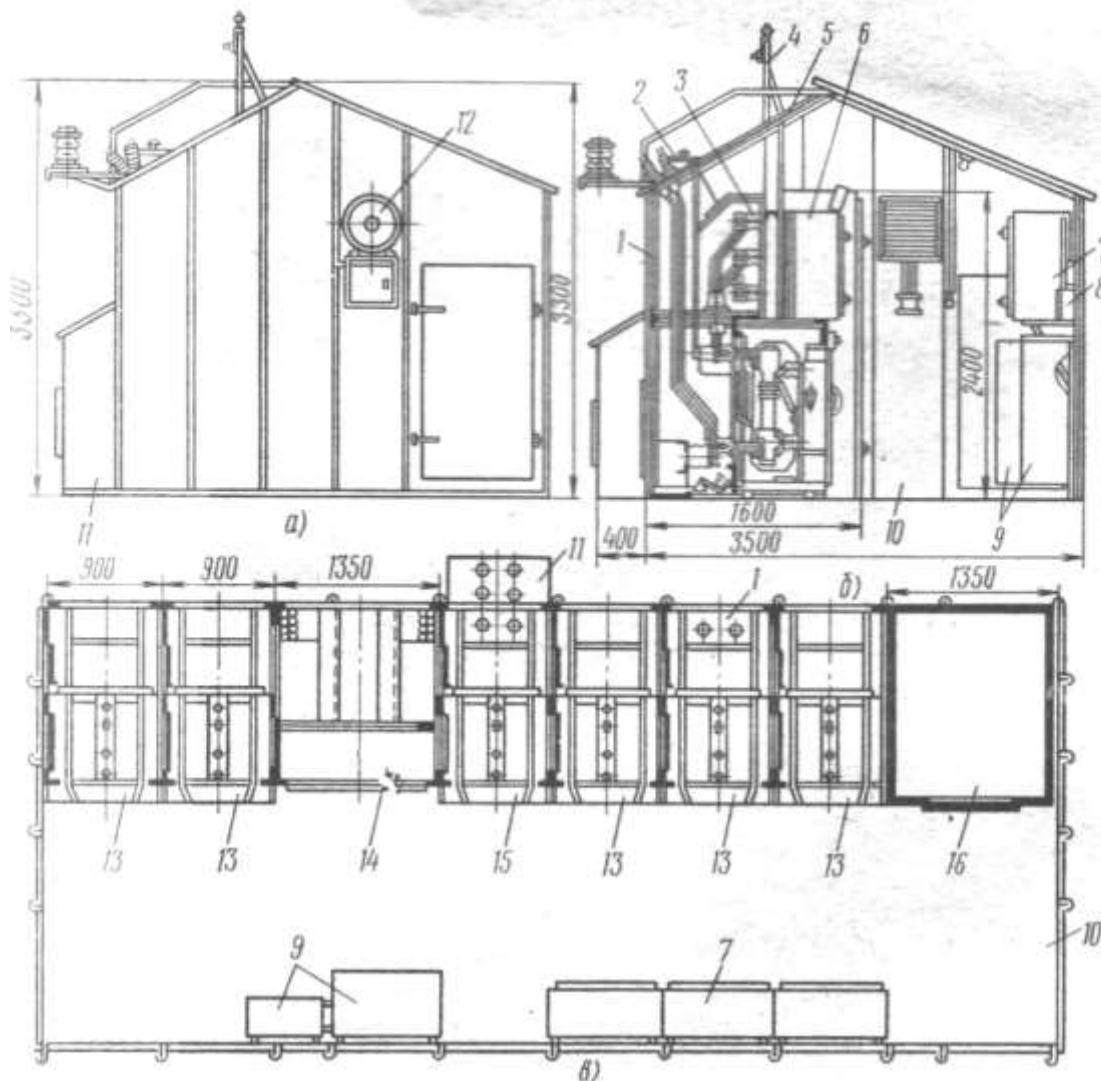


Рис. 7. КРУН объемного типа серии К-37:

*а*—вид сбоку, *б*—разрез по ячейке с выключателем, *в*—план; 1—шкаф, 2—шинный ввод токопроводом, 3—изолятор ОФР-Ю, 4—мачта, 5—козырек, 6—релейный шкаф, 7—навесной релейный шкаф, 8—лотки для соединений между шкафами, 9—блок питания, 10—коридор управления, 11—кабельная приставка, 12—вытяжной вентилятор, 13—камеры КРУН с различными аппаратами, 14—шкаф собственных нужд, 15—шкаф кабельной линии, 16—шкаф для устройств высокочастотной связи.

### Монтаж комплектных распределительных устройств напряжением выше 1 кВ

В объем работ по монтажу комплектных распределительных устройств напряжением выше 1 кВ входят доставка их на объект, распаковка и проверка исправности и комплектности, установка на закладные фундаментные рамы, выверка их положения, крепление к основанию и между собой, монтаж сборных шин, подключение кабелей, ревизия и регулировка отдельных аппаратов.

Особенностью этого монтажа являются регулировки вкатывания и выкатывания тележек, подъема и опускания шторок и проверка блокировок разъединителей с выключателями и дверцами.

До начала монтажа принимают помещение и оборудование КРУ под монтаж и выполняют заготовительные работы в МЭЭ. Комплектные распределительные устройства устанавливают в помещениях где полностью закончены основные и отделочные строительные работы. Размеры монтажных проемов для камер КСО2-72 должны составлять 1300x3100 мм, а для камер КСО—3-66 – 1300x2300 мм. Закладные основания монтируют по уровню и в соответ-

ствии с чертежом проекта. Уклон основания не должен превышать 1мм на 1м длины и 5 мм по всей длине. Несущие поверхности из двух отрихтованных полосок угловой стали должны располагаться в одной строго горизонтальной плоскости на уровне чистого пола.

По окончании монтажа каждую камеру КСО приваривают к фундаментной раме во всех углах, а камеру КРУ — к раме опорными швеллерами (не менее чем в двух точках каждый).

После затягивания болтов проверяют по шнуру прямолинейность установки корпуса по верху и при необходимости регулируют их положение стальными подкладками. Вкатыванием тележки проверяют правильность установки шкафов КРУ, т.е. совпадение их подвижных и неподвижных частей, а также четкое фиксирование положения тележки роликами.

Корпус КРУ считается установленным правильно и может быть окончательно закреплен при выполнении следующих условий:

- корпус и тележка не качаются;
- нижняя рама корпуса располагается горизонтально;
- подвижные и неподвижные части разъединяющих контактов первичных и вторичных цепей совпадают;
- ролики механизмов доводки четко фиксируют положение тележки;
- контрольные отверстия смежных корпусов совпадают;
- зазор между смежными стенками не превышает 1 мм;
- закрытые двери шкафов расположены в одной вертикальной плоскости.

Особо проверяют работу шторок, которые должны подниматься и опускаться без перекосов и заеданий, а также действие ческой блокировки.

Окончательно выверенные шкафы и камеры жестко прикрепляют электросварным швом длиной 60...70 мм к направляющим в четырех углах, благодаря чему обеспечивается заземление корпуса.

В шкафах снимают листы шинного отсека, освобождают от временного крепления ответительные шины, удаляют верхние части шинодержателей и на шинодержатели укладывают сборные шины с учетом их цвета фаз. Ответительные шины прикрепляют к сборным болтами или сжигам, затем сборные шины и ответительные шины закрепляют на шинодержателях. Участки сборных шин в пределах одного щита сваривают, а между щитами соединяют болтами или сжигами.

На панелях камер КСО и в релейных шкафах камер КРУ монтируют измерительные приборы, реле, аппараты защиты, сигнализации и управления. Прокладывают, разделяют и подключают силовые и контрольные кабели. Выполняют заземления вторичных обмоток трансформаторов тока, неиспользуемые вторичные обмотки закорачивают перемычками непосредственно на их выводах.

Проверяют уровни масла в маслонаполненных аппаратах и, если требуется, производят его доливку.

В соответствии с заводской инструкцией контролируют работу контактов, кинематику приводов и других элементов оборудования. При необходимости производят их дорегулировку.

## **Ревизия электроаппаратов.**

При подготовке к монтажу на стендах мастерских электромонтажных заготовок (МЭЗ) производят ревизию электроаппаратов. Аппараты полностью расконсервируют, очищают и протирают от пыли. Труднодоступные места продувают сжатым воздухом.

Изоляционные детали электроаппаратов, в особенности работающих при напряжении свыше 1 кВ, тщательно осматривают. При обнаружении разрушений, сколов и повреждений поверхности их устраняют. Сильно поврежденные детали заменяют новыми.

С помощью мегомметра измеряют сопротивление изоляции токопроводящих частей аппарата относительно металлического корпуса и между собой. Сопротивление изоляции должно соответствовать нормам ПУЭ. При обнаружении увлажнения изоляции сверх допустимого предела аппараты подвергают сушке.

### **Меры безопасности при монтаже распределительных устройств.**

Территория открытого РУ должна быть ограждена и кабельные каналы закрыты плитами или щитами. На открытых каналах должны быть сделаны переходы с перилами высотой 1 м.

Перемещать, поднимать и устанавливать щиты, камеры и блоки щитов и камер следует только после принятия предупреждающих их опрокидывание. Для этого должны быть предварительно установлены расчалки, подвески и т. п. При подъеме аппаратов нельзя крепить стропы, тросы и канаты за изоляторы, монтажные детали или отверстия в лапах.

Перед установкой электрооборудования следует убедиться в прочности закрепления опорных конструкций. Поднимать и перемещать выключатели, автоматические выключатели, электромагнитные приводы и другие аппараты, имеющие возвратные пружины или механизм свободного расцепления, разрешается только в положении «Отключено», а аппараты рубящего типа (например, разъединители) — только в положении «Включено».

При подъеме и установке привода выключателя или разъединителя следует держать его за корпус, а не за маховик или рукоятку.

Перед транспортированием к месту установки выключателей следует проверить, в каком положении он доставлен с предприятия-изготовителя. Если он доставлен в положении «Включено», то следует убедиться в наличии на механизме свободного расцепления временного запорного устройства, исключающего возможность самопроизвольного отключения выключателя.

При регулировке длины тяг приводов выключателей и разъединителей необходимо при вывертывании тяги следить за тем, чтобы конец тяги выходил из резьбового соединения не менее чем на две нитки резьбы. При регулировке хода траверсы и контактов выключателя не следует держать руки под траверсой включенного выключателя во избежание удара при случайном отключении.

Натягивать или спускать возвратные пружины выключателей, а также пружины механизмов свободного расцепления приводов следует только при помощи соответствующих приспособлений. Для проверки контактов выключателей на одновременность включения, а также для освещения внутри баков выключателей разрешается применять напряжение не выше 12 В. При регулировке приводов выключателей и разъединителей следует принимать меры, предупреждающие непредвиденное включение их или выключение.

На все время монтажа аппарата необходимо снять предохранители его цепи управления. Перед установкой предохранителей для опробования необходимо убедиться, что люди удалены от аппарата и приняты меры против доступа к нему.

Перед подачей оперативного тока для дистанционного опробования приводов на них должны быть вывешены предупредительные плакаты.

Работы по проверке аппаратуры, находящейся хотя бы раз под рабочим напряжением, должны выполняться только с соблюдением правил «Работы в действующих электроустановках» .

При монтаже РУ необходимо следить за тем, чтобы нигде не было соприкосновения токоведущих частей аппаратов и шин монтируемого РУ с проводами временных электропроводок и электросварочными проводами. Крепление временных электропроводов и сварочных проводов к токоведущим частям не допускается.

Выводы силовых и измерительных трансформаторов должны быть закорочены на все время монтажных работ.

Запрещается крепление временных проводок и сварочных проводов к токоведущим частям аппаратов и к шинам ОРУ. Необходимо также строго следить за тем, чтобы не было допущено соприкосновения временных электропроводок и сварочных проводов с указанными элементами ОРУ. Ошиновку ОРУ следует монтировать до установки оборудования.

Все работы на ОРУ, а также на вводах ВЛ в ЗРУ и на их линейных разъединителях, установленных в ЗРУ, при наступлении грозы должны немедленно прекращаться.

Заполнение и промывку маслом маслonaполненных аппаратов, а также слив масла из них допускается производить на расстоянии не ближе 10 м от огневых приборов и места производства огневых работ. Стеклой тарой при выполнении этих работ пользоваться запрещается.

Выправлять провода, стальную проволоку (катанку) и металлическую ленту при помощи лебедок и других приспособлений следует на огороженных площадках, расположенных в отдалении от находящихся под напряжением ОРУ и ВЛ. С приставных и подвижных лестниц запрещается сверлить сквозные отверстия в стенах и междуэтажных перекрытиях, а также натягивать горизонтально расположенные провода сечением более 4 мм<sup>2</sup>. Запрещается ходить по смонтированным коробам, лоткам, трубным блокам и т. п.

Перед установкой аппаратов, щитков, ящиков, шкафов и другого оборудования должна быть проверена прочность закрепления конструкций, на которых их устанавливают. Вручную разрешается поднимать и поддерживать монтируемые аппараты, конструкции, элементы трубных проводок с массой не более 10 кг. При массе более 20 кг установка должна производиться не менее чем двумя рабочими. После подъема аппараты, конструкции, блоки, узлы и т. п. должны быть немедленно закреплены на основаниях.

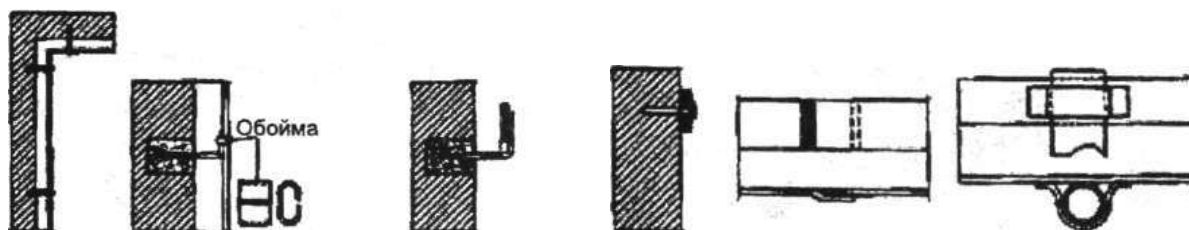
Запрещается проверять пальцами совмещение отверстий собираемых конструкций и устанавливаемого оборудования.

### Монтаж внутренней заземляющей магистрали

Перед засыпкой траншей к наружному контуру заземления приваривают стальные полосы или круглые стержни, которые затем вводят внутрь здания, где находится оборудование, подлежащее заземлению. Вводов, соединяющих заземлители с внутренней заземляющей сетью, должно быть не менее двух, и выполняются они стальными проводниками тех же размеров и сечений, что и соединение заземлителей между собой. Как правило, вводы заземляющих проводников в здание прокладывают в несгораемых неметаллических трубах, выступающих по обе стороны стены примерно на 10 мм.

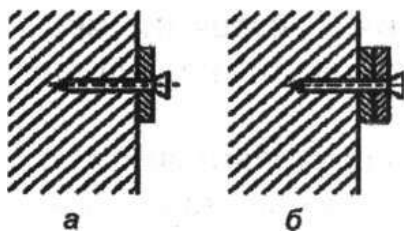
Внутренняя заземляющая сеть выполняется открытой прокладкой внутри помещения по строительным поверхностям голых стальных проводников с прямоугольным или круглым сечениями. На рис. 8 показаны примеры прокладки, крепления и соединения проводников защитного заземления.

Открыто прокладываемые голые заземляющие проводники располагаются вертикально, горизонтально или параллельно наклонным конструкциям зданий.



**Рисунок 8** - Варианты прокладки (а) и крепления плоских и круглых шин обоями (б), электро- электро- сваркой и встраиваемыми дюбелями и приваркой к ду.

Проводники должны



водники с прямоугольным сечением устанавливаются большой плоскостью к поверхности основания. На линейных участках прокладки проводники не имеют заметных на глаз неровностей и изгибов. Заземляющие проводники, прокладываемые по бетону или кирпичу в сухих помещениях, не содержащих едких паров и газов, укрепляются непосредственно на стенах, а в помещениях сырых, особо сырых, с едкими парами и газами — на опорах на расстоянии не менее 10 мм от поверхностей стен. В каналах заземляющие проводники располагаются на расстоянии не менее 50 мм от нижней поверхности съемного перекрытия. Расстояние между опорами для крепления заземляющих проводников на прямых участках составляет 600—1000 мм.

Заземляющие проводники в местах перекрещивания их с кабелями и трубопроводами, а также в других местах, где возможны механические повреждения, защищают трубами или иными способами.

Заземляющие проводники в помещениях должны быть доступны для осмотра, поэтому они (за исключением стальных труб скрытой электропроводки, оболочек кабелей и т. п.) прокладываются открыто.

Проход через стены выполняется в открытых проемах, в несгораемых неметаллических трубах, а через перекрытия — в отрезках таких же труб, выступающих над полом на 30—50 мм. Заземляющие проводники должны проводиться свободно, за исключением взрывоопасных установок, где отверстия труб и проемов заделываются легкопробивными негорящими материалами.

Перед прокладкой стальные шины выправляются, очищаются и окрашиваются со всех сторон. Места соединения после сварки стыков покрываются асфальтовым лаком или масляной краской. В сухих помещениях можно использовать нитроэмали, а в помещениях с сырыми и едкими парами нужно применять краски, стойкие к химически активной среде.

В помещениях и наружных установках с неагрессивной средой в местах, доступных для осмотра и ремонта, допускается использование болтовых соединений заземляющих и нулевых защитных проводников при условии, что будут приняты меры против их ослабления и коррозии контактных поверхностей.

Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники должны иметь отличительную окраску: на зеленом фоне полосы желтого цвета шириной 15 мм на расстоянии 150 мм друг от друга. Заземляющие проводники прокладываются горизонтально или вертикально; под углом их можно прокладывать только параллельно наклонным конструкциям здания.

Проводники с прямоугольным сечением крепятся широкой плоскостью к кирпичной или бетонной стене (рис. 9) с помощью строительного монтажного пистолета или пиротехнической оправки. К деревянным стенам заземляющие проводники прикрепляют шурупами. Опоры для крепления заземляющих проводников должны устанавливаться с соблюдением следующих расстояний: между опорами на прямых участках — 600—1000 мм, от вершин углов на поворотах — 100 мм, от уровня пола помещения — 400—600 мм.

Рис. 9. Крепление заземляющих проводников дюбелями непосредственно к стене (а) и с подкладкой (б)

В сырых, особо сырых и помещениях с едкими парами крепить заземляющие проводники непосредственно к стенам не разрешается, они привариваются к опорам, закрепленным дюбелями (рис. 10) или вмазанным в стену.

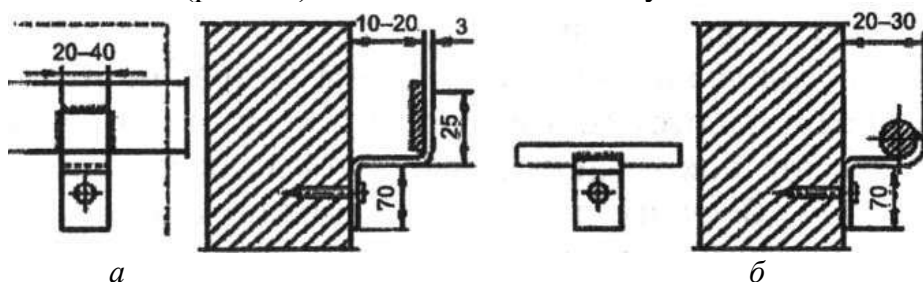


Рис. 10. Крепление плоских (а) и круглых (б) проводников заземления с помощью опор.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Тема и цель лабораторной работы.
2. Таблицы 1,2.
3. Необходимые рисунки.
4. Выводы о проделанной работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие преимущества имеет комплектное электрооборудование в сравнение с некомплектным?
2. Каковы основные конструктивные различия выкатных и стационарных комплектных распределительных устройств для внутренней установки?
3. Как устроены комплектные распределительные устройства для наружной установки выкатного, стационарного и объемного типов?
4. Что представляет собой КРУ и КРУН?
5. Как подразделяются КРУ по способу установки аппаратов ?
6. Какие виды блокировок в КРУ вы знаете?
7. Какими критериями определяется правильность монтажа КРУ?
8. Поясните конструкцию камеры КСОЗ-66.
9. Какие элементы монтируются в шкафах КРУ и камерах КСО?
10. Назовите меры безопасности при монтаже и установке аппаратуры КРУ.

## Литература

1. Технология электромонтажных работ: Учебное пособие для нач. проф. образования / В.М. Нестеренко, А.М. Мысьянов. – М.: «Академия», 2004. – 592 с.
2. Ю.В. Корнилов Слесарь-электромонтажник – М.: Высшая школа, 1981. – 224 с.
3. Белоцерковцев В.В. и др. Механизация электромонтажных работ.(Справочник электромонтажника) – М.:Энергия, 1977, - 271 с.
4. Правила устройств электроустановок (ПУЭ-6) .- ЗАО «Ксения», 2001


5. 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**  
**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»

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

## **Практическая работа № 28**

**Тема.** Пусковая, защитная и регулирующая аппаратура

**Цель:** Выработать умения разборки и сборки Пускозащитной аппаратуры, диагностики и устранения мелких неисправностей, регулировки аппаратов.

**Время выполнения:** 12 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Магнитные пускатели, кнопочный пост, предохранители, комплекты плавких вставок, тепловые реле, УВТЗ, ФУЗ, автоматические выключатели, методические рекомендации, учебная литература.

**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. 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

- 1.13 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [11], с.59-72, [20], с.56-70
- 1.14 Подготовить бланк отчета.

### 2. Работа в мастерской

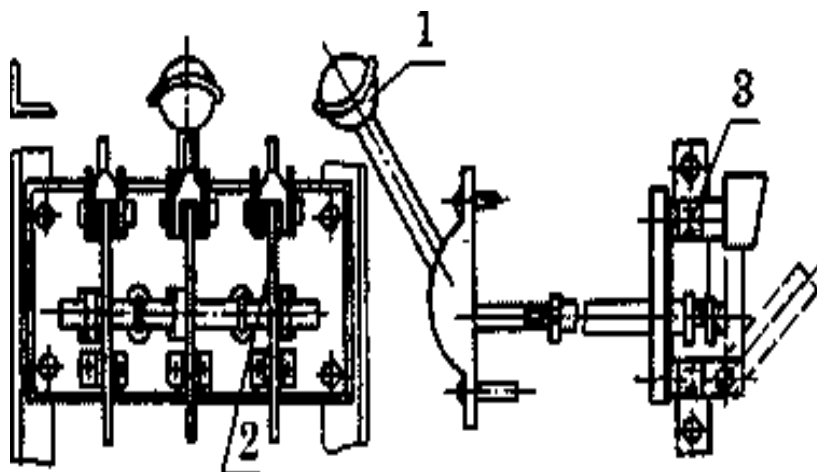
- 2.1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
- 2.29. Изучить теоретические сведения.
- 2.30. По образцам и литературе изучить устройство рубильников, переключателей, кнопок и постов управления.
- 2.31. По образцам и литературе изучить устройство автоматических выключателей магнитных пускателей, предохранителей.
- 2.32. Выполнить настройку уставок тепловых регуляторов автоматических выключателей.
- 2.33. Провести выбор вставов предохранителей на стенде ФИП.
- 2.34. По образцам и литературе изучить устройство тепловых реле.
- 2.35. По образцам и литературе изучить устройство защитно-отключающих устройств ФУЗов, РУД и УВТЗ.
- 2.36. По заданию руководителя практики собрать схему защитно-отключающих устройств ФУЗов.
- 2.37. Убрать рабочее место.
- 2.38. Оформить отчет.

### 3. Методические указания.

#### 3.1 Теоретические сведения.

##### **Рубильники**

Рубильник является самым простым и дешевым аппаратом ручного управления. Он предназначен для нечастого включения электрических цепей без нагрузки и электроприемников небольшой мощности. Основными элементами рубильников являются подвижные ножи, которые одним концом шарнирно закреплены в нижних шарнирных стойках и при включении другим концом входят в верхние контактные стойки (губки), замыкая электрическую цепь (рис.4).



1 – рукоятка привода; 2 — подвижные контакты.

Рис. 4 - Рубильник с рычажным центральным приводом

В отличие от рубильников рубящие переключатели имеют дополнительную одну контактную стойку. Для производства коммутационных переключений рубильники и рубящие переключатели снабжают рукояткой или рычажным приводом.

Рубильники и рубящие переключатели различают по роду привода (с центральной и боковой рукояткой), с центральным и боковым рычажным приводом), по числу полюсов (одно-, двух- и трехполюсные), по защищенности (открытые и защищенные металлическим кожухом), по роду монтажа (с передним и задним присоединением проводов).

Рубильники обозначают буквами: Р — с центральной рукояткой, РБ — с боковой рукояткой, РПЦ — с центральным рычажным приводом, РПБ — с боковым приводом. Переключатели обозначают буквой П аналогично: П, ПБ, ППЦ, ППБ.

Первая цифра после букв указывает число полюсов (1, 2, 3), вторая — номинальный ток рубильника или переключателя (1 — 100 А; 2 — 250 А; 4 — 400 А; 6 — 600 А). Рубильники с центральным приводом, трехполюсный, второй величины (250 А) обозначают РПЦ-32.

Рубильники и переключатели крепят на изоляционных панелях и устанавливают в шкафах и ящиках.

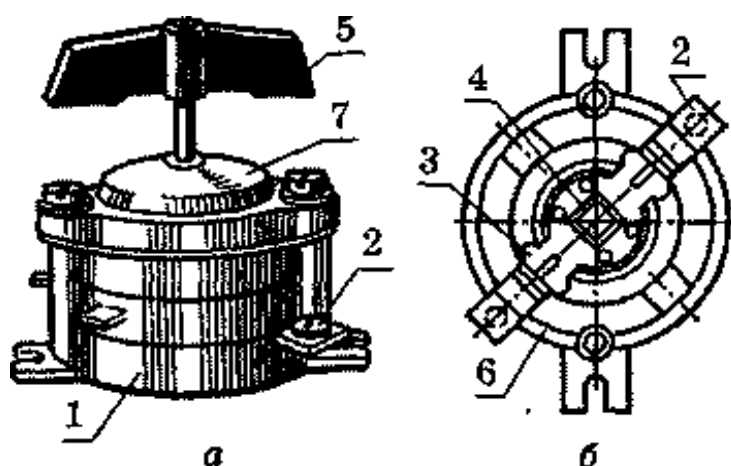
##### **Пакетные выключатели и переключатели.**

Пакетные выключатели и переключатели, как и рубильники, предназначены для нечастых включений в сетях постоянного тока напряжением до 220 В, а также в сетях переменного тока напряжением не больше 380 В. Они компактны, имеют высокую

разрывную способность, надежно работают при тряске и вибрациях. Применяются для управления мелкими асинхронными двигателями, переключения вольтметров на различные фазные и линейные напряжения, переключения обмоток электродвигателя со звезды на треугольник. В открытом и защищенном исполнениях устанавливаются в сухих не пыльных помещениях, не опасных в отношении пожара или взрыва, на щитах, в закрытых ящиках, нишах и т.п.

В открытом и защищенном исполнениях устанавливаются в сухих не пыльных помещениях, не опасных в отношении пожара или взрыва, на щитах, в закрытых ящиках, нишах и т.п.

Пакетный выключатель состоит из двух основных узлов: переключающего механизма и контактной системы (рис. 5), состоящей из отдельных изоляционных секций, в пазах которых находится два неподвижных контакта с внешними контактными винтами для подключения проводов. Секции устанавливаются одна над другой. На изолирующем валике квадратного сечения укреплены подвижные пружинящие контакты с фибровыми дугогасительными шайбами. Пакетный выключатель собирают на скобе и стягивают двумя шпильками вместе с переключающим механизмом, который помещается в его крышке. Переключающий механизм снабжен пружинным устройством, которое обеспечивает мгновенный разрыв контактов независимо от скорости поворота рукоятки.



а — общий вид; б — полюс (вид сверху); 1 — изоляционные секции (пакеты); 2 — неподвижные контакты; 3 — подвижные контакты; 4 — четырехгранный валик; 5 — рукоятка; 6 — фибровые шайбы; 7 — крышка

Рис. 5 - Пакетный выключатель

Пакетные выключатели обозначаются буквами ПВ, а переключатели — ПП. Первая цифра после букв указывает на число полюсов, вторая (после дефиса) — отключаемый ток в амперах при напряжении 220 В.

### Кнопочные посты и кнопки управления

Кнопочные посты и кнопки управления применяются главным образом для ручного дистанционного управления электромагнитными аппаратами (контакторами, магнитными пускателями, реле и т.д.) в электрических цепях управления переменного тока напряжением до 500 В и постоянного напряжением до 220 В.

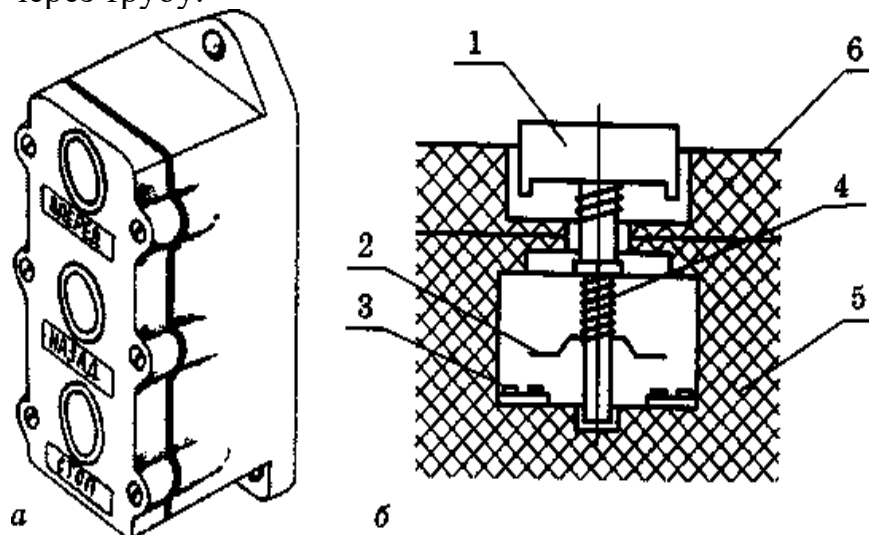
2 **Посты управления кнопочные серии ПКЕ** подразделяются на 36 типов, отличающихся назначением, родом защиты от воздействия окружающей среды, материалом корпусных деталей и количеством органов управления.

Посты управления типа ПКЕ (рис.6), предназначенные для встройки в защищенную нишу, состоят из пластмассовой панели, на которой с наружной стороны уста-

новлены табличка и толкатель с пружиной, а с внутренней стороны — переходный фланец с двухцепным кнопочным элементом, имеющим изолированные друг от друга контактные цепи. Кнопочный элемент выполнен в пластмассовом корпусе, на котором укреплены четыре скобы, являющиеся одновременно неподвижными контактами и зажимами для подсоединения монтажных проводов. Внутри корпуса установлены две траверсы с контактными мостиками, удерживаемыми в траверсе пружиной, создающей одновременно для замыкающих контактов необходимое контактное нажатие. КПосты ПКЕ 112-2 и ПКЕ 112-3 отличаются от поста ПКЕ 112-1 количеством кнопочных элементов и толкателей (соответственно габаритами и установочными размерами).

Посты управления типа ПКЕ 122, предназначенные для встройки в водонепроницаемую нишу, отличаются от соответствующих постов ПКЕ 112 наличием прокладки и специального эластичного протектора. Эластичная прокладка, установленная с внутренней крышки, предотвращает попадание в нишу пыли, воды и масла, а эластичный протектор, установленный между крышкой и переходным фланцем, защищает контакты кнопочного элемента от попадания пыли, воды и масла.

Посты управления подвесные типа ПКЕ 212 и ПКЕ 222, предназначенные для пристройки к любой ровной поверхности, отличаются соответственно от постов ПКЕ 112 и ПКЕ 122 наличием пластмассового кожуха с резьбовым отверстием для ввода монтажных проводов через трубу.



а — общий вид; б — схематическое изображение; 1 — кнопка; 2 — подвижный контакт; 3 — неподвижный контакт; 4 — пружина; 5 — корпус; 6 — крышка.

Рис. 6 - Кнопочная станция

**Кнопочные посты управления серий КУ 121, КУ 122 и КУ 123** по виду оболочек имеют следующие исполнения:

Открыто утопленное (серия КУ 121), для установки на лицевой стороне панели или пульта управления. Присоединительные провода к кнопке подводятся с задней стороны панели.

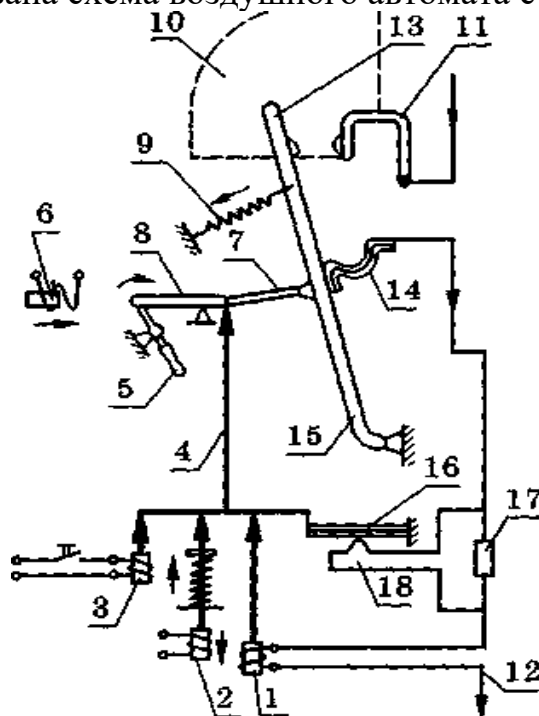
Защищенное (в кожухе, серия КУ 122), которое предохраняет от случайного прикосновения к частям, находящимся под напряжением, и защищает кнопочный элемент от механических повреждений и от попадания внутрь поста твердых посторонних предметов. Для подвода присоединительных проводов в основании стального штампованного кожуха имеется специальное отверстие.

Водозащищенное (серия КУ 123), где внешняя оболочка, выполненная из антикоррозионного сплава алюминия (силумина), не имеет открытых отверстий. Все разъемные сопряжения оболочки (корпус и крышка) имеют резиновое уплотнение. Подвод присоединительного кабеля осуществляется через сальники.

Кнопочные посты управления серий КУ 121, КУ 122, КУ 123 комплектуются из отдельных кнопочных элементов типа КУ 100 и могут быть выполнены одно-, двух- и трехкнопочными, по числу встроенных кнопочных элементов, каждый из которых имеет один замыкающий и один размыкающий контакты мостикового типа, электрически не связанные между собой. Контакты размыкаются при нажатии рукой оператора непосредственно на штифт кнопочного элемента контактные мостики возвращаются в исходное положение пружиной по прекращении воздействия на штифт или рычаг.

**Автоматические воздушные выключатели** (автоматы) — защитно-коммутационные аппараты, предназначенные для отключения электрических цепей напряжением до 1 кВ при аварийных (короткое замыкание) и ненормальных (перегрузка, исчезновение или снижение напряжения) режимах, а также для нечастых переключений при нормальных режимах работы (включения и отключения токов нагрузки).

На рисунке - 7 показана схема воздушного автомата с основными элементами.



На рисунке - 7 показана схема воздушного автомата с основными элементами.

1.максимальный расцепитель;2.— минимальный расцепитель; 3— независимый расцепитель; 4 — механическая связь с расцепителем; 5 — рукоятка ручного включения; 6 — электромагнитный привод; 7, 8 — рычаги механизма свободного расцепления; 9 — отключающая пружина; 10 — дугогасительная камера; 11 — шинки, контакт; 12 — защищаемая цепь; 13 — контакт; 14 — гибкая связь; 15 — контактный рычаг; 16 — тепловой расцепитель; 17 — добавочное сопротивление; 18 — нагреватель.

Автоматы должны длительно выдерживать ток нагрузки во включенном положении и обеспечивать автоматическое многократное отключение токов короткого замыкания. Гашение дуги в автоматах происходит в воздухе. При включении автомата вручную поворачивают рукоятку 5 по часовой стрелке. При этом усилие через рычаги 7 и 8 механизма свободного расцепления передается контактному рычагу 15, который,

перемещаясь, взводит отключающую пружину 9 и замыкает контакты 13. Когда автомат включен, система ломающихся рычагов 7 и 8 находится в «мертвом» положении, так как центр 0% лежит ниже прямой, соединяющей другие концы рычагов 7 и 8, а опора не позволяет им перемещаться вниз. При этом совместно с рычагом ручного включения они прочно удерживают рычаг 15 в положении с замкнутыми контактами.

При автоматическом или дистанционном отключении выключателя под действием любого из расцепителей 1, 2, 3, 16 на шарнирную связь Оз (через тягу 4) «сломаются» рычаги 7 и 8 и благодаря усилию пружины 9 повернется рычаг 15, в результате чего контакты 13 разомкнутся. Отключение произойдет, несмотря на то, что рукоятка 5 будет находиться в положении «включено». Это обеспечивает, в частности, автоматическое отключение при включении выключателя на режим короткого замыкания.

Широко применяются тепловые (биметаллические) расцепители, предназначенные для отключения автоматов при перегрузках. Основным элементом теплового расцепителя — биметаллическая пластина 16, состоящая из двух металлических пластин с разными коэффициентами линейного расширения, жестко скрепленных между собой сваркой или горячим прокатом. При нагревании биметаллическая пластина 16, один конец которой закреплен, изгибается и воздействует другим концом через тягу 4 на механизм свободного расцепления. Нагревает пластину 16 нагреватель 18, присоединенный к сети через шунт 17, или теплота, выделяемая током нагрузки, протекающим по пластине.

Для улучшения условий и ускорения гашения дуги используют дугогасительные камеры. Камеры со стальными пластинами, расположенными перпендикулярно дуге, обеспечивают деление длинной дуги на короткие. Втягивание дуги в стальную решетку происходит под действием магнитного поля, возбуждаемого током самой дуги. При больших отключаемых токах применяют продольно-щелевые и лабиринто-щелевые камеры, где использовано гашение дуги в узкой щели. Для лучшего втягивания дуги в камеру автоматы снабжают специальными электромагнитами, осуществляющими магнитное дутье.

Применение трехфазных автоматов вместо плавких предохранителей позволяет исключить возможность неполнофазных режимов работы, так как при любых видах коротких замыканий отключаются все три фазы. При этом не требуется замена каких-либо элементов (как, например, плавкой вставки у предохранителя) после отключения тока короткого замыкания и обеспечивается более надежная и четкая защита, особенно от токов перегрузки.

Наибольшее распространение в сельских сетях напряжением 380/220В нашли автоматы серий А3000 (А3700), АЕ20, АП50Б и ВА.

### **Электромагнитные пускатели**

Электромагнитные пускатели предназначены для дистанционного и автоматического управления трехфазными асинхронными двигателями с номинальным током до 200А (100 кВт). Их применяют также для дистанционного управления трехфазными электронагревательными, осветительными и облучательными установками.

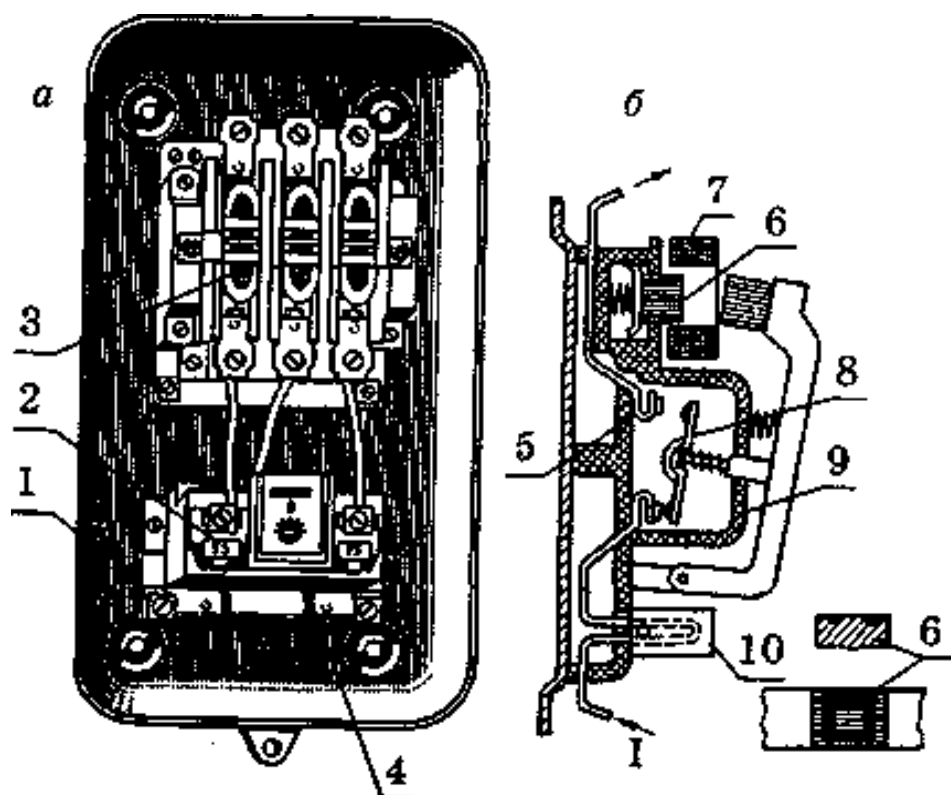
Основные части электромагнитного пускателя — электромагнит переменного тока с прямоходовым якорем, контакты мостикового типа, замыкающие и размыкающие блок-контакты. Для управления пускателями применяют двух- или трехкнопочные посты.

Электромагнитный привод пускателя имеет Ш - образный сердечник и якорь (рис.8). На крайних полюсах сердечника установлены короткозамкнутые витки.

Намагничивающая катушка 7 расположена на средней укороченной части сердечника и несколько выступает над ним, что создает дополнительную силу тяги электромагнита. Катушка фиксируется выступами верхней части корпуса.

Якорь связан с пластмассовой траверсой, на которой установлены подвижные главные контакты 3 мостикового типа и нажимные пружины, обеспечивающие нажатие контактов. Неподвижные контакты 5 установлены в пластмассовом корпусе контактора. В крышках контакторов большой мощности размещаются дугогасительные камеры. При отключении катушки якорь с траверсой перемещается в исходное положение под действием возвратных пружин.

Для пуска трехфазных электродвигателей на два направления вращения изготавливают реверсивные пускатели, которые состоят из двух нереверсивных, номинальные токи от 10 до 200А семи размеров, различными по исполнению в зависимости от степени защиты, категории размещения и т.п. Все эти особенности закодированы в буквенно-цифровом обозначении пускателя, состоящем из букв, характеризующих серию, и шести цифр. Примерно такой же код у пускателей единой серии ПМА. Электромагнитные пускатели выбирают с учетом степени защиты и климатического исполнения, по номинальному току контактов главной цепи и номинальному напряжению. Все пускатели можно устанавливать в сети напряжением 380 В.



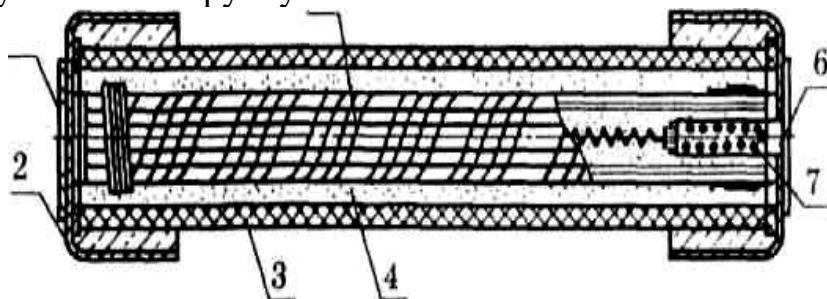
а - типа ПМЕ (верхняя часть кожуха и дугогасительная камера сняты); б — типа ПА;

1 — кожух; 2 — тепловое реле; 3 — главные контакты; 4 — механизм уставки реле; 5 — неподвижный контакт; 6 — неподвижный сердечник с короткозамкнутым витком; 7 - катушка; 8 - подвижные контакты; 9 — изоляционная камера для контактов; 10 — тепловое реле.

Рис. 8 - Магнитные пускатели:

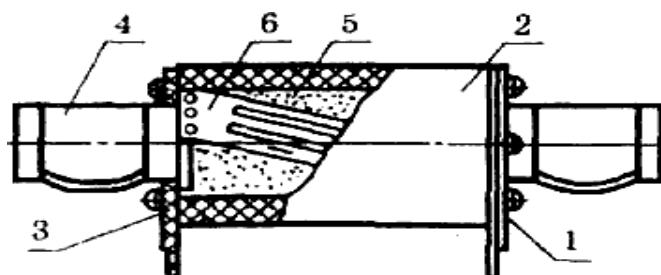
По условиям электробезопасности электроустановки разделяются на электроустановки напряжением до 1000 В включительно и электроустановки напряжением свыше 1000 В.

**Предохранители с плавкой вставкой** — простейшие защитно-коммутационные аппараты (рис.2, 3), предназначенные для автоматического однократного отключения электрических цепей при коротких замыканиях (к.з.) или длительных перегрузках. Работа предохранителя основана на тепловом действии тока. Он включается последовательно с защищаемой цепью и состоит из следующих основных элементов: корпуса, металлической плавкой вставки, контактного и дугогасительного устройств (дугогасительной среды). Отключение цепи предохранителем происходит вследствие расплавления плавкой вставки, которая представляет собой искусственно ослабленный участок цепи. Она нагревается протекающим через нее током защищаемой цепи и расплавляется, когда сила тока превышает определенное значение. После отключения цепи плавкую вставку заменяют вручную.



1 - крышка; 2 - латунный колпачок; 3 - фарфоровая трубка; 4 - кварцевый песок; 5 - плавкие вставки; 6 - указатель срабатывания; 7 – пружина

Рис.2 - Патроны предохранителей типа ПКТ



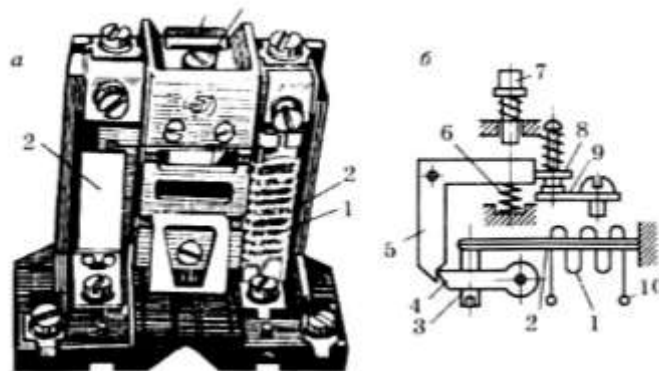
1-крышка; 2-фарфоровый корпус; 3-диски; 4-контактный нож;5-заполнитель; (кварцевый песок); 6-плавкая вставка

Рис. 3 -Предохранитель типа ПН-2

Для предохранителей характерны простота устройства и низкая стоимость, быстрое отключение цепи при к.з., а для некоторых типов также способность ограничивать ток к.з. Благодаря этим свойствам плавкие предохранители получили широкое применение, особенно в установках на напряжение ниже 1 кВ. Однако они имеют и существенные недостатки, ограничивающие их применение: большой разброс характеристик, что затрудняет согласование последовательно включенных аппаратов, возможность возникновения неполнофазных режимов вследствие перегорания плавкой вставки в одной фазе при одно- или двухфазных к.з., нечеткая работа при перегрузках, возможность обеспечить избирательность действия только в радиальных сетях с односторонним питанием.

Для защиты электродвигателей от перегрузок в магнитные пускатели соответствующих типов встраивают тепловые реле (рис.4) сверх ТРИ, ТРП, РТТ и РТЛ. Двухполюсные тепловые реле ТРИ; встраивают в магнитные пускатели ПМЕ, П6 и ПАЕ третьего габарита, имеют температурную компенсацию и поэтому мало чувствительны к колебаниям температуры окружающего воздуха. Оба типа тепловых реле имеют температурную компенсацию, поэтому мало чувствительны к изменениям температуры

окружающей среды. Все типы реле имеют одинаковую конструкцию и различаются нагревателями, размерами корпусов и силовых зажимов.



а — общий вид; б — схема теплового реле; 1 — нагреватель; 2 — биметаллическая пластинка; 3 — регулировочный пинт; 4 — защелка; 5 — рычаг; 6 — пружина; 7 — кнопка возврата; 8 — подвижный контакт; 9 — неподвижный контакт; 10 — вывод нагревателя

Рис.4 - Тепловое реле ТРИ

### Универсальная встроенная температурная защита (УВТЗ).

Часть электродвигателей сельскохозяйственной модификации серии 4А выпускают со встроенными в обмотки датчиками температуры. В качестве датчиков используют позисторы-терморезисторы, проводимость которых при температуре 105 °С (позистор СТ14-15) или 130 °С (позистор СТ14-1А) скачкообразно уменьшается. В лобовые части каждой фазной обмотки, которые обычно имеют наибольшую температуру, встраивают три последовательно соединенных позистора. Разработано несколько модификаций устройств защиты УВТЗ: УЗ-1А, УВТЗ-1, УВТЗ-1М и др.

УВТЗ-1М (рис.5) состоит из трех позисторов **Рп**, подсоединяемых к зажимам и 6 управляющего устройства.

Управляющее устройство смонтировано в пластмассовом корпусе и имеет 6 выходных зажимов. Устройство содержит узел питания, усилитель и выходное реле **КВ**. Узел питания подключается к напряжению — 220 В через зажимы 1 и 4. Он состоит из диодного моста **VD1...VD4**, ограничивающих резисторов **R1,R2,R3** и стабилитронов **VD5** и **VD6**. Усилитель выполнен на транзисторах **VT1...VT4** и тиристоре **VS**.

Схема УВТЗ-1М работает следующим образом. Если температура обмотки электродвигателя ниже предельно допустимого значения, то сопротивление позисторов мало и напряжение, поступающее на базу транзистора **VT4**, будет больше значения порога срабатывания усилительного каскада **VT3 VT4**, определяемого делителями **R6, R7, R8**. В этом случае транзистор **VT4** открыт, транзистор **VT1** и тиристор **VS** — закрыты, а реле **КВ** обесточено. При увеличении температуры обмоток электродвигателя до критической, а значит, и сопротивления позисторов потенциал, поступающий на базу транзистора **VT4**, уменьшается. Тогда транзистор **VT4** закрывается, а транзистор **VT1** открывается. Выходное реле **КВ** через тиристор **VS** получает питание и своими размыкающими контактами размыкает цепь катушки электромагнитного пускателя, который отключает электродвигатель от сети. УВТЗ-1М осуществляет также самоконтроль — отключает электродвигатель при возникновении неисправности датчиков-позисторов. Универсальность описанного реле состоит в том, что оно может быть применено для электродвигателя любой мощности, т.к. оно реагирует не на силу тока в обмотках, а на их температуру.

Недостатки таких устройств заключаются в том, что необходимо иметь двигатели со встроенными датчиками, подводить к электродвигателю от пульта два дополнительных провода. Реле недостаточно быстро отключает незапустившийся или заклиненный двигатель, а также при его работе в неполнофазном режиме питания.

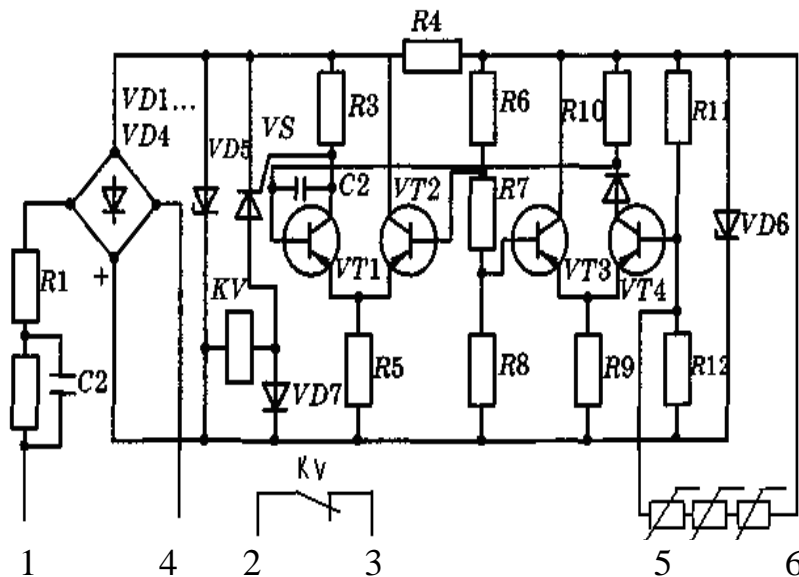


Рис. 5 - Принципиальная электрическая схема универсальной встроенной температурной защиты УВТЗ-1М

### Фазочувствительные устройства защиты электродвигателей ФУ 3-М и ФУ 3-У

На рис. 6 показана схема усовершенствованной защиты типа ФУ3-У. В устройстве объединены фазовый, токовый и температурный принципы выявления аварийных режимов. ФУ3-У содержит фазовращательные трансформаторы тока TV1, TV2, TV3, фазовый кольцевой детектор VD1...VD4 и R1...R4, исполнительное реле KV, управляемый выпрямитель с температурной коррекцией VS1 и R5...R9, зарядно-разрядную цепь R10, VD7, R11, R12, накопительный конденсатор C1, пороговые элементы VT, VD6, R13, C2, VD5 и R14, тиристор VS2.

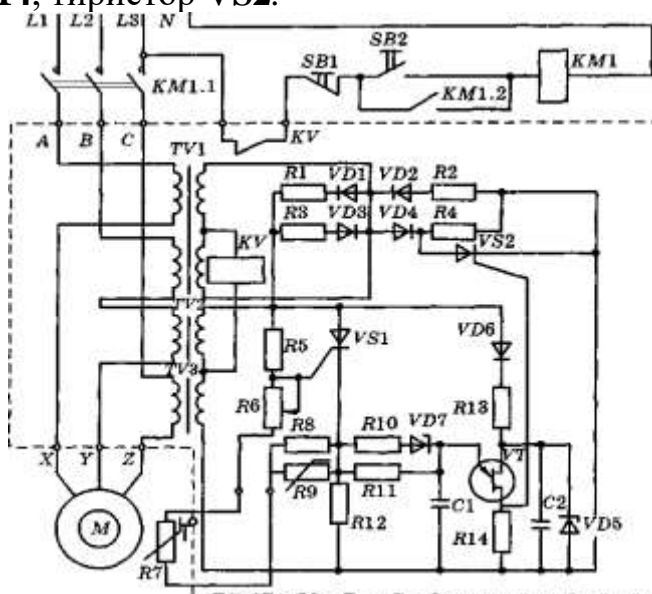


Рисунок. 6 - Универсальное устройство защиты ФУ3-У: -электрическая схема устройства и его подключения;

Схема работает следующим образом. При работе электродвигателя в недопустимом режиме (на двух фазах) угол сдвига фаз между напряжениями вторичных обмоток трансформаторов **TV1**, **TV2** становится равным 0 или 185°, вследствие чего ток в реле **KV** резко возрастает, реле срабатывает и своим размыкающим контактом отключает электромагнитный пускатель управления электродвигателем.

Устройство ЗОУП-25 монтируется совместно с электромагнитным пускателем ПМЕ-211 в одном защитном корпусе. В него встроены трансформатор токов нулевой последовательности, усилительный блок с выходным реле, размыкающие контакты которого включены в цепь катушки пускателя. ЗОУП-25 предназначен для токоприемников до 25 А при питании их от трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью и срабатывает при токе утечки 10 мА за 0,05 с. Кнопки управления и проверки расположены на крышке корпуса. ЗОУП отличается от РУД не только мощностью, но и тем, что в окно его дифференциального трансформатора пропускается 3 провода, а в РУД — 4 провода. РУД удобнее для защиты четырех проводных ответвленных линий.

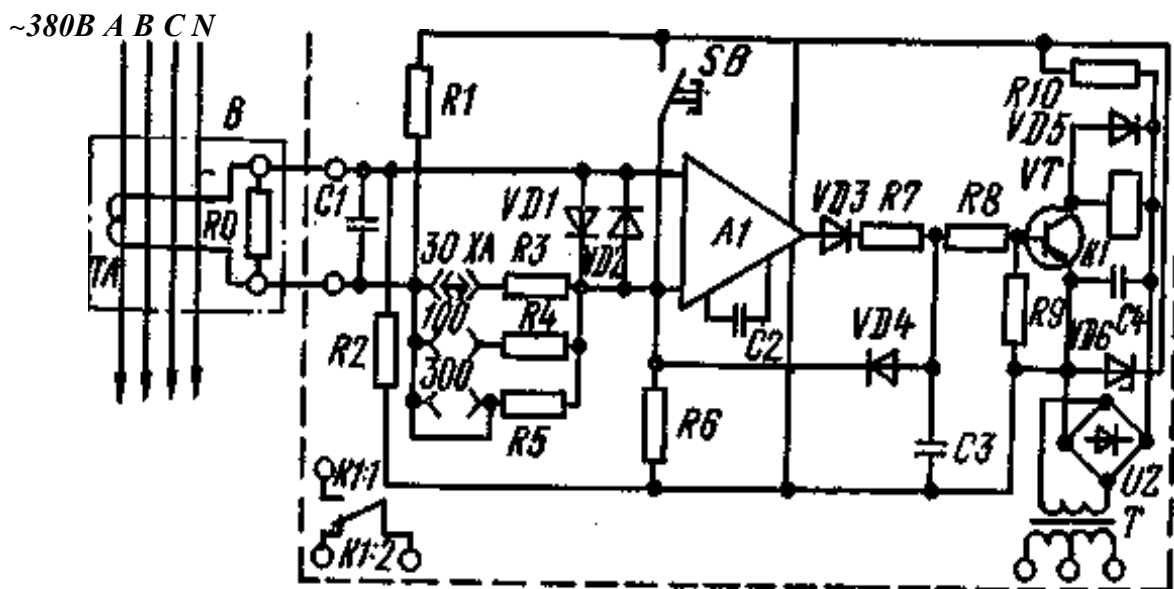


Рисунок.7 - Схема реле утечки РУД-05УЗ

Для силовых электроприемников с номинальным током до 25 А имеется и трехфазное дифференциальное реле утечки (для четырехпроводных сетей 380/220 В) типа РУД-05 УЗ (рис. 7), которое может иметь токи срабатывания 30; 100 и 300 мА. Конструктивно оно состоит из датчика В и полупроводникового блока. Провода питания к защищаемому электроприемнику или группе приемников пропускаются через окно датчика и тороидальный трансформатор утечки ТА, для которого они служат первичной обмоткой. Если отсутствует недопустимая утечка через изоляцию защищаемого объекта, то через резисторы R1, R3, R6 протекает ток от выпрямителя UZ, который питается через трансформатор Т линейным напряжением сети. На резисторе R3 формируется напряжение смещения, которое через вторичную обмотку трансформатора ТА подводится к входам операционного усилителя А1. При этом напряжение на выходе А1 относительно отрицательного полюса выпрямителя UZ приблизительно равно нулю, емкость C3, входящая в сглаживающий фильтр R7,C3, разряжена, транзистор VT, на котором собран выходной усилитель, закрыт, а выходное электромагнитное реле K1 обесточено. При появлении тока утечки, большего, чем вставка, на резисторе R6 датчика В появляется напряжение, превышающее смещение, и начинается зарядка конденсатора C3. Ко-

гда напряжение на нем превысит напряжение на резисторе R6, открывается диод VD4 и начинается действие положительной обратной связи на A1. При этом напряжение на входе A1 резко возрастает, транзистор VT открывается, а выходное реле K1 срабатывает и своими контактами K1:1 или K1:2 отключает автомат (или магнитный пускатель). Возврат реле в исходное положение обеспечивается благодаря снятию с трансформатора TV напряжения питания при отключении автомата. Кнопку SB «Контроль» любого УЗО полагается нажимать при каждом включении электроприемника в работу, но не реже 1 раза в 3 месяца. Исправное УЗО должно сработать.

Защита электродвигателей от перегрузки должна устанавливаться в случаях, когда возможна перегрузка механизма по технологическим причинам, а также когда при особо тяжелых условиях пуска или самозапуска необходимо ограничить длительность пуска при пониженном напряжении. Защита должна выполняться с выдержкой времени и может быть осуществлена тепловым реле или другими устройствами. Защита от перегрузки должна действовать на отключение, на сигнал или на разгрузку механизма, если разгрузка возможна. Применение защиты от перегрузки не требуется для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы. Защита минимального напряжения должна устанавливаться в следующих случаях:

- для электродвигателей постоянного тока, которые не допускают непосредственного включения в сеть;

- для электродвигателей механизмов, самозапуск которых после останова недопустим по условиям технологического процесса или по условиям безопасности;

Для ответственных электродвигателей, для которых необходим самозапуск, если их включение производится при помощи контакторов и пускателей с удерживающей обмоткой, должны применяться в цепи управления механические или электрические устройства выдержки времени, обеспечивающие включение электродвигателя при восстановлении напряжения в течение заданного времени. Для таких электродвигателей, если это допустимо по условиям технологического процесса и условиям безопасности, можно также вместо кнопок управления применять выключатели, с тем чтобы цепь удерживающей обмотки оставалась замкнутой помимо вспомогательных контактов пускателя и этим обеспечивалось автоматическое обратное включение при восстановлении напряжения независимо от времени перерыва питания.

Техническое обслуживание средств и систем управления, защиты и автоматики включает в себя повседневное обслуживание, профилактические осмотры, проверку контрольно-измерительных приборов и аппаратуры, ремонт их и наладку. При этом нужно иметь в виду, что наряду с профилактическим обслуживанием, ремонтом и наладкой контрольно-измерительные приборы требуют проверки как после ремонта, так и в установленные сроки.

Много общих операций выполняют при испытаниях, наладке и обслуживании магнитных пускателей, контакторов постоянного и переменного тока, реле. Эти аппараты прежде всего осматривают, проверяют соответствие аппарата проекту, состояние главных и блокировочных контактов и их пружин, подшипников и гибких соединений, деталей магнитной системы, дугогасительных камер, крепежных болтов, гаек, шайб. Катушку следует считать пригодной, если ее сопротивление отличается от номинального не более чем на  $-10...+15\%$ . Аппараты подвергают механической регулировке, которая заключается в проверке нажатий контактов, их растворов и провалов, в затяжке болтов, гаек и винтов. Поврежденные детали обычно заменяют новыми.

Техническое обслуживание различных устройств неодинаково по объему. Обслуживание простейшего элемента различных схем — диодов начинается с проверки, причем такую проверку осуществляют перед монтажом и после ремонта при наладке, поскольку в каждой партии даже новых диодов могут оказаться дефектные, с перегоревшими  $p$  —  $n$  переходами, внутренними обрывами, коротким замыканием, непостоянным (плывущим) обратным сопротивлением.

Все приборы и аппараты устанавливают строго вертикально, за исключением тех, которые по условию нормальной работы должны находиться в горизонтальном или наклонном положении (здесь должна быть соблюдена строгая горизонтальность установки или прибор должен быть укреплен точно под требуемым углом наклона).

Магнитные пускатели, контакторы, пусковые ящики и другие аппараты устанавливают в комплекте с кнопками управления. Магнитный пускатель вместе с кнопочной станцией, а часто и целая группа, магнитных пускателей, устанавливаемых в одном месте, одновременно с опорной конструкцией представляют собой монтажные узлы и блоки, изготавливаемые централизованно в мастерских. Такие готовые узлы устанавливают на заготовленные заранее крепежные устройства. Магнитные пускатели и контакторы устанавливают в строго вертикальном положении; нормальная высота их установки от пола 1500— 1700 мм. Металлические конструкции, на которых крепят пусковые устройства, а также металлические кожухи магнитных пускателей, кнопок управления и контакторов надежно заземляют, подключая к ним ответвления от заземляющей шины или любого другого заземляющего проводника.

Ручное управление пусковыми устройствами, имеющими открытые токоведущие части, является операцией, могущей при несоблюдении правил техники безопасности представлять опасность для обслуживающего персонала, поэтому указанную операцию выполняют в диэлектрических перчатках, а перед пусковыми устройствами кладут изолирующие прокладки.

В процессе эксплуатации может возникнуть необходимость в том, чтобы открыть ящик пускового устройства, находящийся под напряжением. При напряжении электродвигателя выше 1000 В и установке его пускового устройства в цехе открывать ящик разрешается лишь лицу, имеющему необходимую для таких работ квалификацию. Если необходимо выполнять какие-либо работы внутри ящика, предварительно с ремонтируемого устройства снимают напряжение.

В процессе эксплуатации электроустановок, находящихся на предприятиях, регулярно производятся работы по ремонту действующего электрооборудования, профилактические испытания электромашин также наладка и проверка аппаратуры управления электроприводами и др. При выполнении таких работ в электроустановках электротехнический персонал может проводить небольшие по объему операции по предупреждению аварий и неполадок на электрооборудовании присоединение или отсоединение кабеля к электродвигателю, подтягивание ослабленных контактов. Такие работы должны выполняться при соблюдении мероприятий, обеспечивающих безопасность

При выполнении работ электромонтер должен быть в головном уборе, а его одежда должна быть с рукавами, застегнутыми у кистей металлических метров.

Оперативному персоналу, закрепленному за данной установкой, без наряда разрешается выполнять работы, не требующие снятия напряжения (уборку помещений до ограждений, чистку и обтирку корпусов электрооборудования, находящегося под напряжением, а также работы со снятием напряжения, ремонт отдельных коммутаци-

онных аппаратов, установленных вне щитов и сборок, отдельных электроприемников, магнитных станций и блоков управления). Эти работы может выполнять один из специалистов оперативного персонала с квалификационной группой не ниже III в порядке текущей эксплуатации единолично без записи в журнале.

Подводку питания к испытательной схеме, а также всю коммутацию схемы выполняют изолированными проводами с изоляцией, соответствующей применяемому напряжению. Рабочее место должно быть ограждено и достаточно освещено, а в местах, где имеется опасность попадания под напряжение, должны висеть плакаты: «Стоять», «Опасно для жизни», «Под напряжением, не прикасаться», «Работать здесь» и др. На рабочем месте наладчика категорически запрещается допускать посторонних лиц. При производстве наладочных работ в действующих или находящихся под напряжением электроустановках руководитель группы наладчиков должен оформить допуск к работе, получив от эксплуатирующей организации соответствующий наряд, и совместно с лицом, допущенным к работе, проверить наличие условий, обеспечивающих безопасное ведение работ. В местах, где имеется или может появиться напряжение, должен быть назначен от эксплуатационного персонала наблюдающий.

### **3.2.Методика выполнения работы.**

21. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
22. Изучить теоретические сведения.
23. Выполнить монтаж ФУЗ-5М.
24. Выполнить монтаж рубильников и автоматических выключателей.
25. Оформить отчет.

### **Содержание отчёта**

1. Тема и цель работы.
2. Описать устройство маркировку, технологию монтажа рубильников и автоматических выключателей.
3. Описать устройство маркировку, технологию монтажа пакетных выключателей, переключателей, кнопочных постов и станций.
4. Принципиальные электрические схемы защитно-отключающих устройств ФУЗ, РУД и УВТЗ
5. Назначение, устройство, принцип действия и маркировку автоматических выключателей.
6. Назначение, устройство, принцип действия и маркировку предохранителей.
7. Назначение, устройство, принцип действия и маркировку тепловых реле.
8. Назначение, устройство, принцип действия и маркировку защитно-отключающих устройств ФУЗов, РУД и УВТЗ.

### **4. Контрольные вопросы.**

1. Классификация рубильников.
2. Назначение автоматических выключателей.
3. Как устроен магнитный пускатель.
4. Что такое конечный выключатель.
5. Как расшифровать буквы в названии пакетных выключателей.
6. Назовите, от чего защищает плавкий предохранитель.


7. Для каких цепей предназначены автоматические воздушные выключатели.
8. Почему автоматический воздушный выключатель получил название «воздушный».
9. Для чего в магнитных пускателях нужны тепловые реле.
10. Что такое нулевая защита электродвигателя.
11. Что представляет собой встроенная температурная защита электродвигателя.
12. Что такое фазочувствительная защита.
13. то такое конечный выключатель.

## **5. Список используемых 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. Правило устройств электроустановок.- ЗАО «Ксения», 2001
5. Правило технической эксплуатации электроустановок потребителей. - ЗАО «Ксения», 2001
6. Ботян А.М. Монтаж электрооборудования в сельском хозяйственном производстве. – М.: Уражай, 1980
7. Пястолов А.А. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. – М.: Колос, 1981
8. Листов П.Н. Применение электрической энергии в сельскохозяйственном производстве. Справочник. – Колос, 1974
9. Прищеп Л.Г. – Учебник сельского электрика. – М.: Колос, 1981
10. Данилов И.А, Лотоцкий К.В. – Электрические машины. – М.: Колос, 1972
11. Зюзин А.Ф и др. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 1980
12. Сокол Т.С. Охрана труда. – М.: Дизайн ПРО, 2000
13. Федарчук А.В и др. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. – М.: Уражай, 2001
14. Луковников А.В. Охрана труда. – М.: ВО Агропром издат, 1991

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА**  
**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»

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

## **Практическая работа № 29**

**Тема.** Пусковая, защитная и регулирующая аппаратура

**Цель:** Выработать умения разборки и сборки Пускозащитной аппаратуры, диагностики и устранения мелких неисправностей, регулировки аппаратов.

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Магнитные пускатели, кнопочный пост, предохранители, комплекты плавких вставок, тепловые реле, УВТЗ, ФУЗ, автоматические выключатели, методические рекомендации, учебная литература.

**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. 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

- 1.15 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [11], с.59-72, [20], с.56-70
- 1.16 Подготовить бланк отчета.

### 2. Работа в мастерской

- 2.1. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
- 2.39. Изучить теоретические сведения.
- 2.40. По образцам и литературе изучить устройство защитно-отключающих устройств ФУЗов, РУД и УВТЗ.
- 2.41. По заданию руководителя практики собрать схему защитно-отключающих устройств (ЗОУп), ФУЗов.
- 2.42. Убрать рабочее место.
- 2.43. Оформить отчет.

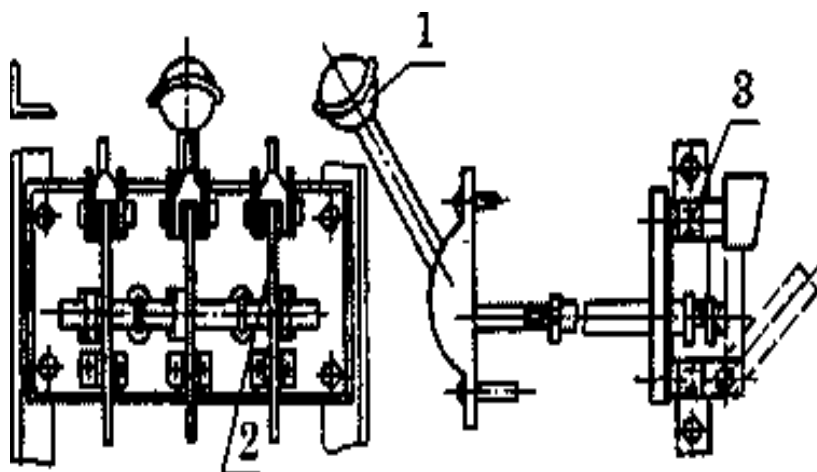
### 3. Методические указания.

- 3.1 Теоретические сведения.

### ***Рубильники***

Рубильник является самым простым и дешевым аппаратом ручного управления. Он предназначен для нечастого включения электрических цепей без нагрузки и электроприемников небольшой мощности. Основными элементами рубильников являются

подвижные ножи, которые одним концом шарнирно закреплены в нижних шарнирных стойках и при включении другим концом входят в верхние контактные стойки (губки), замыкая электрическую цепь (рис.4).



1 – рукоятка привода; 2 — подвижные контакты.

Рис. 4 - Рубильник с рычажным центральным приводом

В отличие от рубильников рубящие переключатели имеют дополнительную одну контактную стойку. Для производства коммутационных переключений рубильники и рубящие переключатели снабжают рукояткой или рычажным приводом.

Рубильники и рубящие переключатели различают по роду привода (с центральной и боковой рукояткой), с центральным и боковым рычажным приводом), по числу полюсов (одно-, двух- и трехполюсные), по защищенности (открытые и защищенные металлическим кожухом), по роду монтажа (с передним и задним присоединением проводов).

Рубильники обозначают буквами: Р — с центральной рукояткой, РБ — с боковой рукояткой, РПЦ — с центральным рычажным приводом, РПБ — с боковым приводом. Переключатели обозначают буквой П аналогично: П, ПБ, ППЦ, ППБ.

Первая цифра после букв указывает число полюсов (1, 2, 3), вторая — номинальный ток рубильника или переключателя (1 — 100 А; 2 — 250 А; 4 — 400 А; 6 — 600 А). Рубильники с центральным приводом, трехполюсный, второй величины (250 А) обозначают РПЦ-32.

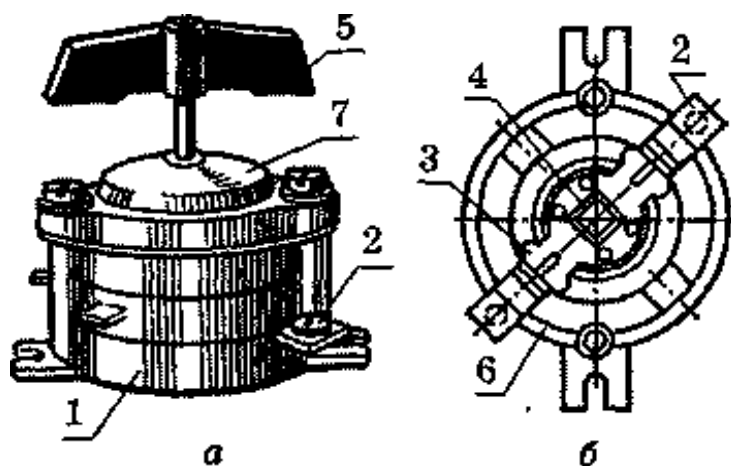
Рубильники и переключатели крепят на изоляционных панелях и устанавливают в шкафах и ящиках.

### **Пакетные выключатели и переключатели.**

Пакетные выключатели и переключатели, как и рубильники, предназначены для нечастых включений в сетях постоянного тока напряжением до 220 В, а также в сетях переменного тока напряжением не больше 380 В. Они компактны, имеют высокую разрывную способность, надежно работают при тряске и вибрациях. Применяются для управления мелкими асинхронными двигателями, переключения вольтметров на различные фазные и линейные напряжения, переключения обмоток электродвигателя со звезды на треугольник. В открытом и защищенном исполнениях устанавливаются в сухих не пыльных помещениях, не опасных в отношении пожара или взрыва, на щитах, в закрытых ящиках, нишах и т.п.

В открытом и защищенном исполнениях устанавливаются в сухих не пыльных помещениях, не опасных в отношении пожара или взрыва, на щитах, в закрытых ящиках, нишах и т.п.

Пакетный выключатель состоит из двух основных узлов: переключающего механизма и контактной системы (рис. 5), состоящей из отдельных изоляционных секций, в пазах которых находится два неподвижных контакта с внешними контактными винтами для подключения проводов. Секции устанавливаются одна над другой. На изолирующем валике квадратного сечения укреплены подвижные пружинящие контакты с фибровыми дугогасительными шайбами. Пакетный выключатель собирают на скобе и стягивают двумя шпильками вместе с переключающим механизмом, который помещается в его крышке. Переключающий механизм снабжен пружинным устройством, которое обеспечивает мгновенный разрыв контактов независимо от скорости поворота рукоятки.



а — общий вид; б — полюс (вид сверху); 1 — изоляционные секции (пакеты); 2 — неподвижные контакты; 3 — подвижные контакты; 4 — четырехгранный валик; 5 — рукоятка; 6 — фибровые шайбы; 7 — крышка  
Рис. 5 - Пакетный выключатель

Пакетные выключатели обозначаются буквами ПВ, а переключатели — ПП. Первая цифра после букв указывает на число полюсов, вторая (после дефиса) — отключаемый ток в амперах при напряжении 220 В.

### Кнопочные посты и кнопки управления

Кнопочные посты и кнопки управления применяются главным образом для ручного дистанционного управления электромагнитными аппаратами (контакторами, магнитными пускателями, реле и т.д.) в электрических цепях управления переменного тока напряжением до 500 В и постоянного напряжением до 220 В.

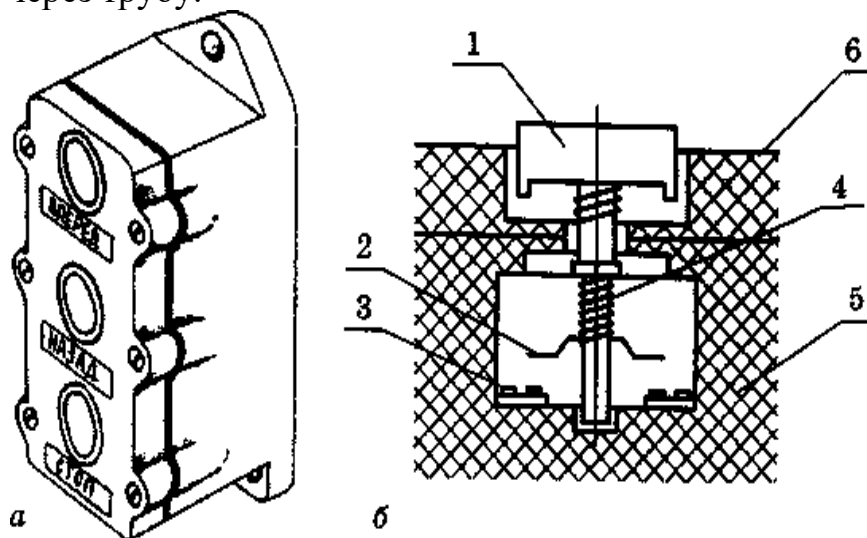
3 **Посты управления кнопочные серии ПКЕ** подразделяются на 36 типов, отличающихся назначением, родом защиты от воздействия окружающей среды, материалом корпусных деталей и количеством органов управления.

Посты управления типа ПКЕ (рис.6), предназначенные для встройки в защищенную нишу, состоят из пластмассовой панели, на которой с наружной стороны установлены табличка и толкатель с пружиной, а с внутренней стороны — переходный фланец с двухцепным кнопочным элементом, имеющим изолированные друг от друга контактные цепи. Кнопочный элемент выполнен в пластмассовом корпусе, на котором укреплены четыре скобы, являющиеся одновременно неподвижными контактами и зажимами для подсоединения монтажных проводов. Внутри корпуса установлены две траверсы с контактными мостиками, удерживаемыми в траверсе пружиной, создающей одновременно для замыкающих контактов необходимое контактное нажатие. К Посты ПКЕ 112-2 и ПКЕ 112-3 отличаются от поста ПКЕ 112-1 количеством кнопоч-

ных элементов и толкателей (соответственно габаритами и установочными размерами).

Посты управления типа ПКЕ 122, предназначенные для встройки в водонепроницаемую нишу, отличаются от соответствующих постов ПКЕ 112 наличием прокладки и специального эластичного протектора. Эластичная прокладка, установленная с внутренней крышки, предотвращает попадание в нишу пыли, воды и масла, а эластичный протектор, установленный между крышкой и переходным фланцем, защищает контакты кнопочного элемента от попадания пыли, воды и масла.

Посты управления подвесные типа ПКЕ 212 и ПКЕ 222, предназначенные для пристройки к любой ровной поверхности, отличаются соответственно от постов ПКЕ 112 и ПКЕ 122 наличием пластмассового кожуха с резьбовым отверстием для ввода монтажных проводов через трубу.



а — общий вид; б — схематическое изображение; 1 — кнопка; 2 — подвижный контакт; 3 — неподвижный контакт; 4 — пружина; 5 — корпус; 6 — крышка.

Рис. 6 - Кнопочная станция

**Кнопочные посты управления серий КУ 121, КУ 122 и КУ 123** по виду оболочки имеют следующие исполнения:

Открыто утопленное (серия КУ 121), для установки на лицевой стороне панели или пульта управления. Присоединительные провода к кнопке подводятся с задней стороны панели.

Защищенное (в кожухе, серия КУ 122), которое предохраняет от случайного прикосновения к частям, находящимся под напряжением, и защищает кнопочный элемент от механических повреждений и от попадания внутрь поста твердых посторонних предметов. Для подвода присоединительных проводов в основании стального штампованного кожуха имеется специальное отверстие.

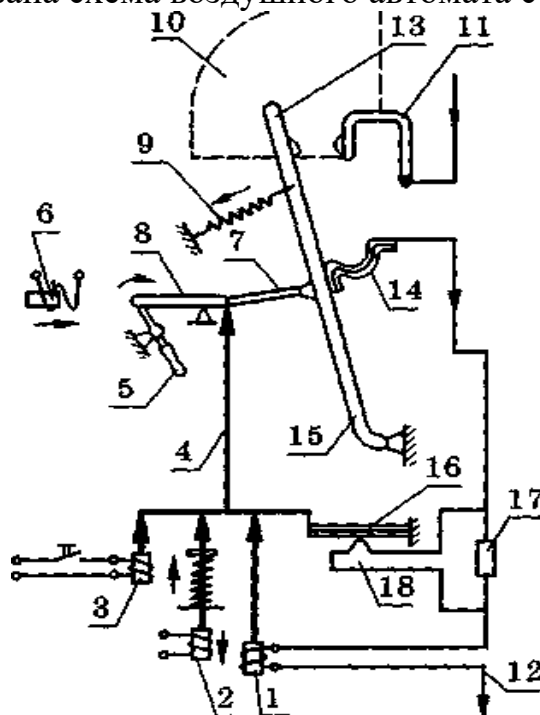
Водозащищенное (серия КУ 123), где внешняя оболочка, выполненная из антикоррозионного сплава алюминия (силумина), не имеет открытых отверстий. Все разъёмные сопряжения оболочки (корпус и крышка) имеют резиновое уплотнение. Подвод присоединительного кабеля осуществляется через сальники.

Кнопочные посты управления серий КУ 121, КУ 122, КУ 123 комплектуются из отдельных кнопочных элементов типа КУ 100 и могут быть выполнены одно-, двух- и трехкнопочными, по числу встроженных кнопочных элементов, каждый из которых имеет один замыкающий и один размыкающий контакты мостикового типа, электрически не связанные между собой. Контакты размыкаются при нажатии рукой операто-

ра непосредственно на штифт кнопочного элемента контактные мостики возвращаются в исходное положение пружиной по прекращении воздействия на штифт или рычаг.

**Автоматические воздушные выключатели** (автоматы) — защитно-коммутационные аппараты, предназначенные для отключения электрических цепей напряжением до 1 кВ при аварийных (короткое замыкание) и ненормальных (перегрузки, исчезновение или снижение напряжения) режимах, а также для нечастых переключений при нормальных режимах работы (включения и отключения токов нагрузки).

На рисунке - 7 показана схема воздушного автомата с основными элементами.



На рисунке - 7 показана схема воздушного автомата с основными элементами.

2.максимальный расцепитель;2.— минимальный расцепитель; 3— независимый расцепитель; 4 — механическая связь с расцепителем; 5 — рукоятка ручного включения; 6 — электромагнитный привод; 7, 8 — рычаги механизма свободного расцепления; 9 — отключающая пружина; 10 — дугогасительная камера; 11 — шинки, контакт; 12 — защищаемая цепь; 13 — контакт; 14 — гибкая связь; 15 — контактный рычаг; 16 — тепловой расцепитель; 17 — добавочное сопротивление; 18 — нагреватель.

Автоматы должны длительно выдерживать ток нагрузки во включенном положении и обеспечивать автоматическое многократное отключение токов короткого замыкания. Гашение дуги в автоматах происходит в воздухе. При включении автомата вручную поворачивают рукоятку 5 по часовой стрелке. При этом усилие через рычаги 7 и 8 механизма свободного расцепления передается контактному рычагу 15, который, перемещаясь, взводит отключающую пружину 9 и замыкает контакты 13. Когда автомат включен, система ломающихся рычагов 7 и 8 находится в «мертвом» положении, так как центр 0% лежит ниже прямой, соединяющей другие концы рычагов 7 и 8, а опора не позволяет им перемещаться вниз. При этом совместно с рычагом ручного включения они прочно удерживают рычаг 15 в положении с замкнутыми контактами.

При автоматическом или дистанционном отключении выключателя под действием любого из расцепителей 1, 2, 3, 16 на шарнирную связь Оз (через тягу 4) «ломаются» рычаги 7 и 8 и благодаря усилию пружины 9 повернется рычаг 15, в результате чего контакты 13 разомкнутся. Отключение произойдет, несмотря на то, что рукоятка 5 бу-

дет находиться в положении «включено». Это обеспечивает, в частности, автоматическое отключение при включении выключателя на режим короткого замыкания.

Широко применяются тепловые (биметаллические) расцепители, предназначенные для отключения автоматов при перегрузках. Основным элементом теплового расцепителя — биметаллическая пластина 16, состоящая из двух металлических пластин с разными коэффициентами линейного расширения, жестко скрепленных между собой сваркой или горячим прокатом. При нагревании биметаллическая пластина 16, один конец которой закреплен, изгибается и воздействует другим концом через тягу 4 на механизм свободного расцепления. Нагревает пластину 16 нагреватель 18, присоединенный к сети через шунт 17, или теплота, выделяемая током нагрузки, протекающим по пластине.

Для улучшения условий и ускорения гашения дуги используют дугогасительные камеры. Камеры со стальными пластинами, расположенными перпендикулярно дуге, обеспечивают деление длинной дуги на короткие. Втягивание дуги в стальную решетку происходит под действием магнитного поля, возбуждаемого током самой дуги. При больших отключаемых токах применяют продольно-щелевые и лабиринто-щелевые камеры, где использовано гашение дуги в узкой щели. Для лучшего втягивания дуги в камеру автоматы снабжают специальными электромагнитами, осуществляющими магнитное дутье.

Применение трехфазных автоматов вместо плавких предохранителей позволяет исключить возможность неполнофазных режимов работы, так как при любых видах коротких замыканий отключаются все три фазы. При этом не требуется замена каких-либо элементов (как, например, плавкой вставки у предохранителя) после отключения тока короткого замыкания и обеспечивается более надежная и четкая защита, особенно от токов перегрузки.

Наибольшее распространение в сельских сетях напряжением 380/220В нашли автоматы серий А3000 (А3700), АЕ20, АП50Б и ВА.

### **Электромагнитные пускатели**

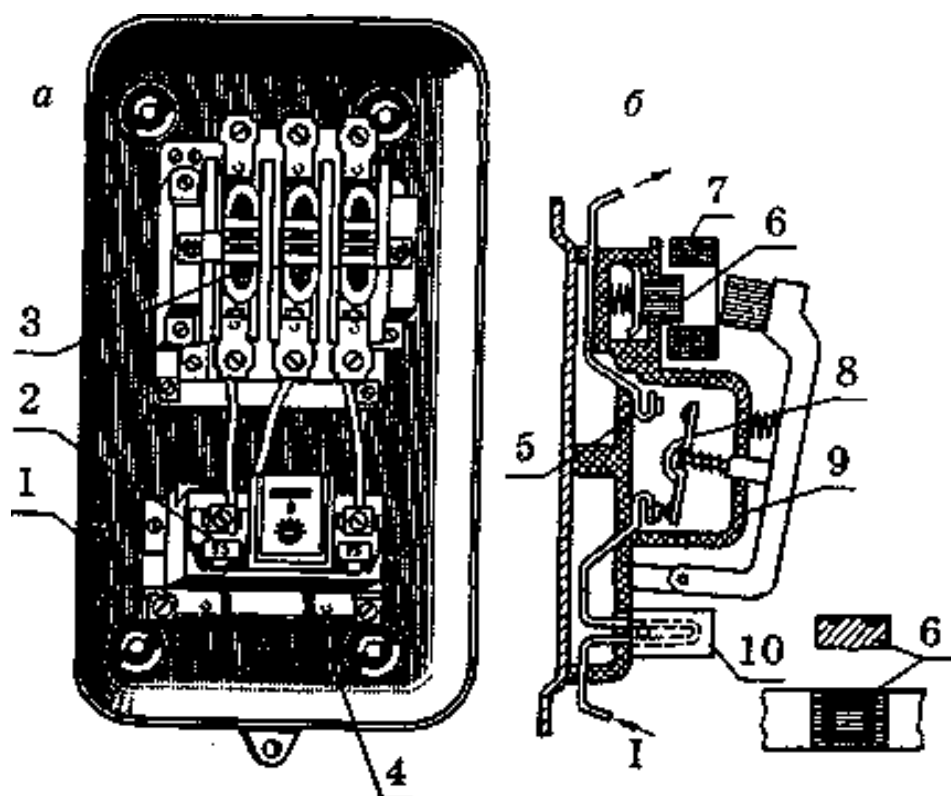
Электромагнитные пускатели предназначены для дистанционного и автоматического управления трехфазными асинхронными двигателями с номинальным током до 200А (100 кВт). Их применяют также для дистанционного управления трехфазными электронагревательными, осветительными и облучательными установками.

Основные части электромагнитного пускателя — электромагнит переменного тока с прямоходовым якорем, контакты мостикового типа, замыкающие и размыкающие блок-контакты. Для управления пускателями применяют двух- или трехкнопочные посты.

Электромагнитный привод пускателя имеет Ш - образный сердечник и якорь (рис.8). На крайних полюсах сердечника установлены короткозамкнутые витки. Намагничивающая катушка 7 расположена на средней укороченной части сердечника и несколько выступает над ним, что создает дополнительную силу тяги электромагнита. Катушка фиксируется выступами верхней части корпуса.

Якорь связан с пластмассовой траверсой, на которой установлены подвижные главные контакты 3 мостикового типа и нажимные пружины, обеспечивающие нажатие контактов. Неподвижные контакты 5 установлены в пластмассовом корпусе контактора. В крышках контакторов большой мощности размещаются дугогасительные камеры. При отключении катушки якорь с траверсой перемещается в исходное положение под действием возвратных пружин.

Для пуска трехфазных электродвигателей на два направления вращения изготовляют реверсивные пускатели, которые состоят из двух нереверсивных, номинальные токи от 10 до 200А семи размеров, различными по исполнению в зависимости от степени защиты, категории размещения и т.п. Все эти особенности закодированы в буквенно-цифровом обозначении пускателя, состоящем из букв, характеризующих серию, и шести цифр. Примерно такой же код у пускателей единой серии ПМА. Электромагнитные пускатели выбирают с учетом степени защиты и климатического исполнения, по номинальному току контактов главной цепи и номинальному напряжению. Все пускатели можно устанавливать в сети напряжением 380 В.



а - типа ПМЕ (верхняя часть кожуха и дугогасительная камера сняты); б — типа ПА;

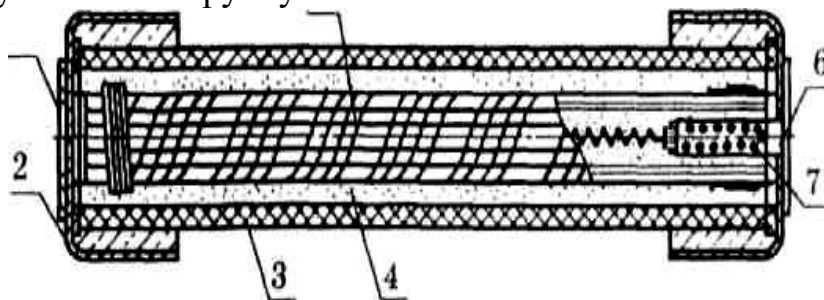
1 — кожух; 2 — тепловое реле; 3 — главные контакты; 4 — механизм уставки реле; 5 — неподвижный контакт; 6 — неподвижный сердечник с короткозамкнутым витком; 7 - катушка; 8 - подвижные контакты; 9 — изоляционная камера для контактов; 10 — тепловое реле.

Рис. 8 - Магнитные пускатели:

По условиям электробезопасности электроустановки разделяются на электроустановки напряжением до 1000 В включительно и электроустановки напряжением свыше 1000 В.

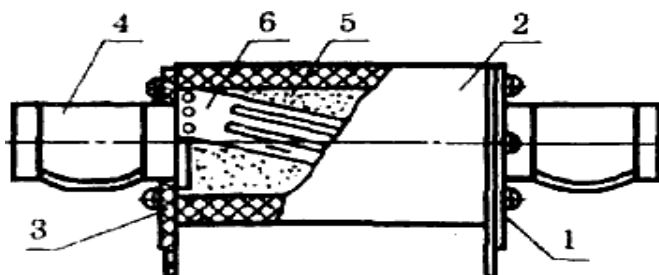
**Предохранители с плавкой вставкой** — простейшие защитно-коммутационные аппараты (рис.2, 3), предназначенные для автоматического однократного отключения электрических цепей при коротких замыканиях (к.з.) или длительных перегрузках. Работа предохранителя основана на тепловом действии тока. Он включается последовательно с защищаемой цепью и состоит из следующих основных элементов: корпуса, металлической плавкой вставки, контактного и дугогасительного устройств (дугогасительной среды). Отключение цепи предохранителем происходит вследствие расплавления плавкой вставки, которая представляет собой искусственно ослабленный участок цепи. Она нагревается протекающим через нее током защищаемой цепи и рас-

плавляется, когда сила тока превышает определенное значение. После отключения цепи плавкую вставку заменяют вручную.



1 - крышка; 2 - латунный колпачок; 3 - фарфоровая трубка; 4 - кварцевый песок; 5 - плавкие вставки; 6 - указатель срабатывания; 7 – пружина

Рис.2 - Патроны предохранителей типа ПКТ

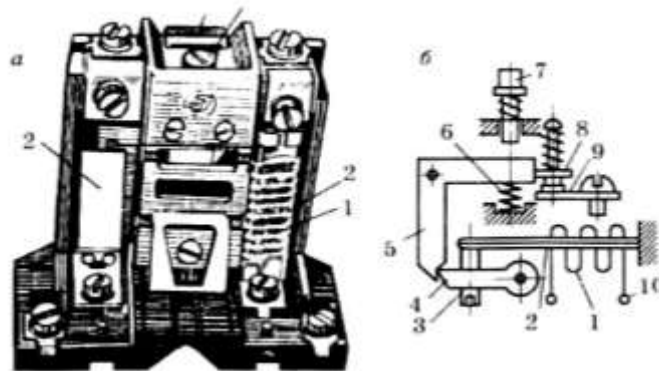


1-крышка; 2-фарфоровый корпус; 3-диски; 4-контактный нож;5-заполнитель; (кварцевый песок); 6-плавкая вставка

Рис. 3 -Предохранитель типа ПН-2

Для предохранителей характерны простота устройства и низкая стоимость, быстрое отключение цепи при к.з., а для некоторых типов также способность ограничивать ток к.з. Благодаря этим свойствам плавкие предохранители получили широкое применение, особенно в установках на напряжение ниже 1 кВ. Однако они имеют и существенные недостатки, ограничивающие их применение: большой разброс характеристик, что затрудняет согласование последовательно включенных аппаратов, возможность возникновения неполнофазных режимов вследствие перегорания плавкой вставки в одной фазе при одно- или двухфазных к.з., нечеткая работа при перегрузках, возможность обеспечить избирательность действия только в радиальных сетях с односторонним питанием.

Для защиты электродвигателей от перегрузок в магнитные пускатели соответствующих типов встраивают тепловые реле (рис.4) сверх ТРИ, ТРП, РТТ и РТЛ. Двухполюсные тепловые реле ТРИ; встраивают в магнитные пускатели ПМЕ, П6 и ПАЕ третьего габарита, имеют температурную компенсацию и поэтому мало чувствительны к колебаниям температуры окружающего воздуха. Оба типа тепловых реле имеют температурную компенсацию, поэтому мало чувствительны к изменениям температуры окружающей среды. Все типы реле имеют одинаковую конструкцию и различаются нагревателями, размерами корпусов и силовых зажимов.



а — общий вид; б — схема теплового реле; 1 — нагреватель; 2 — биметаллическая пластинка; 3 — регулировочный пинт; 4 — защелка; 5 — рычаг; 6 — пружина; 7 — кнопка возврата; 8 — подвижный контакт; 9 — неподвижный контакт; 10 — вывод нагревателя

Рис.4 - Тепловое реле ТРИ

Защита электродвигателей от перегрузки должна устанавливаться в случаях, когда возможна перегрузка механизма по технологическим причинам, а также когда при особо тяжелых условиях пуска или самозапуска необходимо ограничить длительность пуска при пониженном напряжении. Защита должна выполняться с выдержкой времени и может быть осуществлена тепловым реле или другими устройствами. Защита от перегрузки должна действовать на отключение, на сигнал или на разгрузку механизма, если разгрузка возможна. Применение защиты от перегрузки не требуется для электродвигателей с повторно-кратковременным режимом работы. Защита минимального напряжения должна устанавливаться в следующих случаях:

- для электродвигателей постоянного тока, которые не допускают непосредственного включения в сеть;

- для электродвигателей механизмов, самозапуск которых после останова недопустим по условиям технологического процесса или по условиям безопасности;

Для ответственных электродвигателей, для которых необходим самозапуск, если их включение производится при помощи контакторов и пускателей с удерживающей обмоткой, должны применяться в цепи управления механические или электрические устройства выдержки времени, обеспечивающие включение электродвигателя при восстановлении напряжения в течение заданного времени. Для таких электродвигателей, если это допустимо по условиям технологического процесса и условиям безопасности, можно также вместо кнопок управления применять выключатели, с тем чтобы цепь удерживающей обмотки оставалась замкнутой помимо вспомогательных контактов пускателя и этим обеспечивалось автоматическое обратное включение при восстановлении напряжения независимо от времени перерыва питания.

Техническое обслуживание средств и систем управления, защиты и автоматики включает в себя повседневное обслуживание, профилактические осмотры, проверку контрольно-измерительных приборов и аппаратуры, ремонт их и наладку. При этом нужно иметь в виду, что наряду с профилактическим обслуживанием, ремонтом и наладкой контрольно-измерительные приборы требуют проверки как после ремонта, так и в установленные сроки.

Много общих операций выполняют при испытаниях, наладке и обслуживании магнитных пускателей, контакторов постоянного и переменного тока, реле. Эти аппараты

прежде всего осматривают, проверяют соответствие аппарата проекту, состояние главных и блокировочных контактов и их пружин, подшипников и гибких соединений, деталей магнитной системы, дугогасительных камер, крепежных болтов, гаек, шайб. Катушку следует считать пригодной, если ее сопротивление отличается от номинального не более чем на  $-10...+15\%$ . Аппараты подвергают механической регулировке, которая заключается в проверке нажатий контактов, их растворов и провалов, в затяжке болтов, гаек и винтов. Поврежденные детали обычно заменяют новыми.

Техническое обслуживание различных устройств неодинаково по объему. Обслуживание простейшего элемента различных схем — диодов начинается с проверки, причем такую проверку осуществляют перед монтажом и после ремонта при наладке, поскольку в каждой партии даже новых диодов могут оказаться дефектные, с перегоревшими  $p-n$  переходами, внутренними обрывами, коротким замыканием, непостоянным (плывущим) обратным сопротивлением.

Все приборы и аппараты устанавливают строго вертикально, за исключением тех, которые по условию нормальной работы должны находиться в горизонтальном или наклонном положении (здесь должна быть соблюдена строгая горизонтальность установки или прибор должен быть укреплен точно под требуемым углом наклона).

Магнитные пускатели, контакторы, пусковые ящики и другие аппараты устанавливают в комплекте с кнопками управления. Магнитный пускатель вместе с кнопочной станцией, а часто и целая группа, магнитных пускателей, устанавливаемых в одном месте, одновременно с опорной конструкцией представляют собой монтажные узлы и блоки, изготавливаемые централизованно в мастерских. Такие готовые узлы устанавливают на заготовленные заранее крепежные устройства. Магнитные пускатели и контакторы устанавливают в строго вертикальном положении; нормальная высота их установки от пола 1500—1700 мм. Металлические конструкции, на которых крепят пусковые устройства, а также металлические кожухи магнитных пускателей, кнопок управления и контакторов надежно заземляют, подключая к ним ответвления от заземляющей шины или любого другого заземляющего проводника.

Ручное управление пусковыми устройствами, имеющими открытые токоведущие части, является операцией, могущей при несоблюдении правил техники безопасности представлять опасность для обслуживающего персонала, поэтому указанную операцию выполняют в диэлектрических перчатках, а перед пусковыми устройствами кладут изолирующие прокладки.

В процессе эксплуатации может возникнуть необходимость в том, чтобы открыть ящик пускового устройства, находящийся под напряжением. При напряжении электродвигателя выше 1000 В и установке его пускового устройства в цехе открывать ящик разрешается лишь лицу, имеющему необходимую для таких работ квалификацию. Если необходимо выполнять какие-либо работы внутри ящика, предварительно с ремонтируемого устройства снимают напряжение.

В процессе эксплуатации электроустановок, находящихся на предприятиях, регулярно производятся работы по ремонту действующего электрооборудования, профилактические испытания электромашин также наладка и проверка аппаратуры управления электроприводами и др. При выполнении таких работ в электроустановках электротехнический персонал может проводить небольшие по объему операции по предупреждению аварий и неполадок на электрооборудовании присоединение или отсоеди-

нение кабеля к электродвигателю, подтягивание ослабленных контактов. Такие работы должны выполняться при соблюдении мероприятий, обеспечивающих безопасность

При выполнении работ электромонтер должен быть в головном уборе, а его одежда должна быть с рукавами, застегнутыми у кистей металлических метров.

Оперативному персоналу, закрепленному за данной установкой, без наряда разрешается выполнять работы, не требующие снятия напряжения (уборку помещений до ограждений, чистку и обтирку корпусов электрооборудования, находящегося под напряжением, а также работы со снятием напряжения, ремонт отдельных коммутационных аппаратов, установленных вне щитов и сборок, отдельных электроприемников, магнитных станций и блоков управления). Эти работы может выполнять один из специалистов оперативного персонала с квалификационной группой не ниже III в порядке текущей эксплуатации единолично без записи в журнале.

Подводку питания к испытательной схеме, а также всю коммутацию схемы выполняют изолированными проводами с изоляцией, соответствующей применяемому напряжению. Рабочее место должно быть ограждено и достаточно освещено, а в местах, где имеется опасность попадания под напряжение, должны висеть плакаты: «Стой», «Опасно для жизни», «Под напряжением, не прикасаться», «Работать здесь» и др. На рабочем месте наладчика категорически запрещается допускать посторонних лиц. При производстве наладочных работ в действующих или находящихся под напряжением электроустановках руководитель группы наладчиков должен оформить допуск к работе, получив от эксплуатирующей организации соответствующий наряд, и совместно с лицом, допущенным к работе, проверить наличие условий, обеспечивающих безопасное ведение работ. В местах, где имеется или может появиться напряжение, должен быть назначен от эксплуатационного персонала наблюдающий.

### **3.2.Методика выполнения работы.**

26. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.

27. Изучить теоретические сведения.

28. Выполнить монтаж рубильников и автоматических выключателей.

29. Выполнить монтаж магнитного пускателя с тепловым реле.

30. Оформить отчет.

### **1. Произвести техническое обслуживание, ремонт и испытание рубильников.**

1.1. Проверить исправность заземления кожуха путем внешнего осмотра. Окислившиеся соединения разобрать, зачистить и плотно зажать.

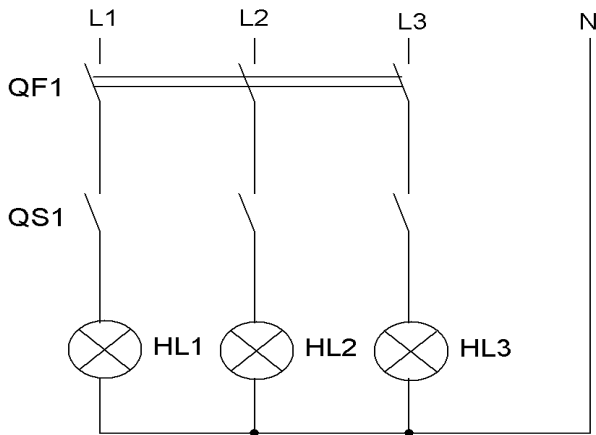
1.2. Проверить отсутствие следов перегрева контактов, поверхность подвергаемая перегреву имеет цвет побежалости и изменившую цвет окраску.

1.3. Проверить исправность рукоятки рубильника на отсутствие видимых повреждений.

1.4. Проверить надёжность крепления рубильника, путем контрольного поджимания крепежных болтов.

1.5. Очистить рубильник от пыли и нагара, кисточкой и бархатным напильником.

1.6. Отрегулировать одновременность включения и выключения ножей. Равномерность выхода ножей из контактных губок не должна превышать 3мм. Одновременность включения определяют по схеме рисунок-1.6.



**Рисунок 1.6-** Схема проверки одновременности включения ножей рубильника.

- 1.7. Проверить надежность всех контактных соединений путем контрольного поджигания всех болтовых и винтовых соединений.
- 1.8. Зачистить контактные поверхности ножей и губок напильником. Выбраковываются ножи имеющие остаточную толщину менее 2мм и у которых выгорание контактной поверхности превышает 10%.
- 1.9. Проверить ножи рубильника на отсутствие изгиба, если изгиб превышает 0.2 мм на всю длину ножа, нож необходимо отрихтовать. Для определения изгиба ножа, его прилаживают вдоль прямой линии нарисованной на бумаге, отклонение от этой линии и есть степень изгиба ножей.
- 1.10. Проверить состояние неподвижных контактов. Выбраковываются подгоревшие и оплавленные губки, а также если их толщина уменьшилась на 20% от первоначальной.
- 1.11. Проверить отсутствие следов перекрытия на изоляционной панели. Определяется путем внешнего осмотра. При наличии места перекрытия, его зачищают и покрывают лаком.
- 1.12. Проверить изоляционную панель. При наличии разрушений, обгорания и короблений, панель выбраковывают. Асбестоцементные плиты перед установкой пропитывают лаком или компаундом.
- 1.13. Проверить пружинящие шайбы, при ухудшении пружинящих свойств— шайбы меняют.
- 1.14. Проверить плотность вхождения ножей в губки. Щуп толщиной 0.5мм должен входить в пространство между губками не более чем на 6мм.
- 1.15. Измерить сопротивление изоляции рубильника, между полюсами и корпусом, между полюсами различных фаз. По схеме рисунок-1.7.



**Рисунок 1.7-** Схемы измерения сопротивления изоляции рубильников.

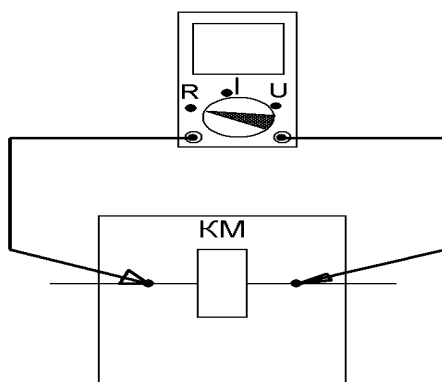
- 1.16. Собрать рубильник, проверить его работу 10–15 кратным включением.  
 1.17. Данные измерений и испытаний занести в таблицу 1.1.

**Таблица 1.1.** Данные испытаний и дефектации рубильников.

Номер полюса	Ножи рубильника			Сопротивление изоляции, МОм.				Изоляционная панель, обгорания и коробления (есть, нет)
	Толщина, мм	Изгиб, мм.	Неравномерность вхождения, мм.	1 полюс	2 полюс	3 полюс	Корпус	
1								
2								
3								

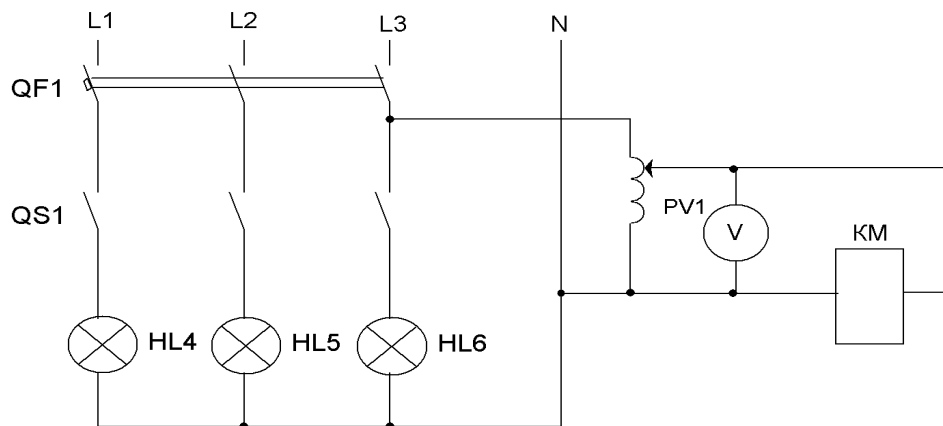
**2. Произвести техническое обслуживание, ремонт и испытание магнитных пускателей.**

- 2.1. Проверить состояние изоляции катушки. Путем внешнего осмотра убедиться в отсутствии темных пятен. Катушка должна быть плотно насажена на сердечник.  
 2.2. Проверить целостность катушки согласно схеме на рисунке 1.8. Катушка считается исправной если значение сопротивления не отличается от паспортного или измеренного у исправной катушки с такими параметрами более чем на 15–20%. Если сопротивление значительно ниже, то имеются межвитковые замыкания, если стремится к бесконечности то в катушке возможен обрыв.



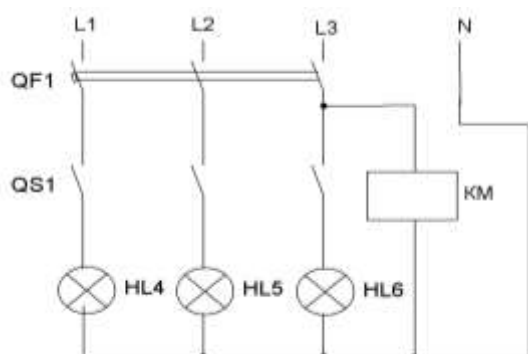
**Рисунок 1.8-** Схемы проверки катушки магнитного пускателя мультиметром.

- 2.3. Измерить напряжение срабатывания и отпускания магнитного пускателя по схеме –рисунок 1.9. Пускатель должен нормально работать при напряжении 0.85–1.05U<sub>н</sub>.



**Рисунок 1.9-** Схема измерения напряжения срабатывания и отпускания катушки магнитного пускателя.

2.4. Проверить состояние контактной системы на отсутствие перекосов, подгорания, следов коррозии на пружинах, подтянуть ослабленные винты. Проверить одновременность замыкания контактов по схеме –рисунок 1.10.



**Рисунок 1.10-**Схемы проверки одновременности замыкания контактов магнитного пускателя.

- 2.5. Проверить плотность прилегания магнитопровода при помощи полосок простой и копировальной бумаги. Площадь прилегания магнитопровода должна быть не менее 70% от всей площади.
- 2.6. Проверить конечное и начальное нажатие контактов магнитного пускателя, согласно методике описанной в практикуме электромонтера. Начальное нажатие должно составлять 0.15–10 кг., а конечное– 0.3–14кг.
- 2.7. Измерить раствор и провал контактов. Провал контактов должен находиться в пределах 2.5–5.5мм.
- 2.8. Проверить целостность короткозамкнутого витка, при необходимости–заменить.
- 2.9. Измерить сопротивление изоляции магнитного пускателя, между полюсами и полюсами и корпусом.
- 2.10. Включить пускатель и проверить на отсутствие вибрации и гудения.
- 2.11. Данные измерений и испытаний занести в таблицу 1.2.

**Таблица 1.2.** Данные испытаний и дефектации магнитных пускателей.

Марка пускателя	Напряжение катушки, В			Сопротивление катушки, Ом			плотность прилегания сердечника, в %.	Нажатие, кг.		Провал, мм.	Раствор, мм.
	срабатывания	отпускания	по паспорту	проверяемой	эталонной	% отклонения		Начальное	конечное		

### 3. Произвести техническое обслуживание и ремонт реле времени

- 3.1. Ознакомиться с устройством промежуточного реле, изучить его основные параметры.
- 3.2. Произвести операции с промежуточным реле аналогично пунктам: 2.1-2.4; 2.9; 2.10.
- 3.3. Данные измерений и испытаний занести в таблицу 1.4.

**Таблица 1.3.** Данные испытаний реле времени

Вид испытаний и измерений		Реле времени
Марка		
Сопротивление катушки, Ом.	Проверяемой	
	По паспорту	
	% отклонения	
Напряжение катушки, В.	Срабатывания	
	Отпускания	
	по паспорту	
Минимальное значение $R_{из}$ , мОм.	между контактами	
	между контактами и корпусом	
Плотность прилегания сердечника, %.		

### 4. Произвести техническое обслуживание, ремонт и регулировку переключателей.

- 4.1. Ознакомиться с конструкцией и маркировкой зажимов переключателя ПМОФ.
- 4.2. Разобрать пакеты переключателя и убедиться в целостности контактов, окислившиеся зачистить, подгоревшие заменить.

### 5. Произвести техническое обслуживание и ремонт кнопочных постов.

- 5.1. Произвести внешний осмотр кнопочной станции.
- 5.2. Проверить состояние контактов, подгоревшие и окислившиеся, зачистить.
- 5.3. При помощи мультиметра определить какие контакты являются замыкающими, а какие размыкающими.

- 5.4. Визуально убедиться в плотности прилегания контактов.
  - 5.5. Проверить целостность выводных контактных соединений.
  - 5.6. Разобрать одну секцию кнопочной станции и убедиться в целостности резиновых прокладок и пружин.
  - 5.7. Собрать кнопочную станцию и проверить надежность работы многократным включением.
  - 5.8. Подтянуть все ослабленные винты, проверить наличие пружинящих шайб.
- 6. Провести техническое обслуживание и ремонт предохранителей.**
- 6.1. Убедиться в отсутствии трещин и сколов на корпусах патронов, а также отслоений и прогорания фибровых стенок. Если обнаружены перечисленные дефекты, предохранитель заменяют новым.
  - 6.2. Перегоревшая плавкая вставка должна быть заменена комбинированной плавкой вставкой в соответствии с расчетным током.
  - 6.3. Очищают от пыли и грязи корпус, проверяют надежность крепления, подтягивают ослабевшие винты и гайки, проводят проверку надежности крепления проводов, убеждаются в целостности изоляции, комплектующих деталей, проверяют целостность уплотнений.
  - 6.4. При текущем ремонте предохранителя зачищают контактные поверхности патрона и губок от копоти и частиц металла.
  - 6.5. У фибровых патронов проверяют толщину стенок, убеждаются в отсутствии трещин, так как при частых срабатываниях предохранителя стенки патрона выгорают, а прочность патрона снижается.
  - 6.6. При перезарядке плавкую вставку проверяют по току отключения предохранителя и зачищаемой цепи.
  - 6.7. У предохранителей с кварцевым наполнителем полностью заменяют старый песок новым, который должен состоять из чистого сухого кварца с размером гранул 0,5 до 1 мм.
  - 6.8. При установке патрона в губки предохранителя, он должен входить без перекосов и с некоторым усилием.

### Содержание отчёта

1. Тема и цель работы.
2. Описать устройство маркировку, технологию монтажа рубильников и автоматических выключателей.
3. Описать устройство маркировку, технологию монтажа пакетных выключателей, переключателей, кнопочных постов и станций.
4. Назначение, устройство, принцип действия и маркировку автоматических выключателей.
5. Назначение, устройство, принцип действия и маркировку предохранителей.
7. Назначение, устройство, принцип действия и маркировку тепловых реле.

#### **4. Контрольные вопросы.**

1. Классификация рубильников.
2. Назначение автоматических выключателей.
3. Как устроен магнитный пускатель.
4. Что такое конечный выключатель.
5. Как расшифровать буквы в названии пакетных выключателей.
6. Назовите, от чего защищает плавкий предохранитель.
7. Для каких цепей предназначены автоматические воздушные выключатели.
14. Почему автоматический воздушный выключатель получил название «воздушный».
15. Для чего в магнитных пускателях нужны тепловые реле.
16. Что такое нулевая защита электродвигателя.
17. Что такое конечный выключатель.

#### **5. Список используемых 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. Правило устройств электроустановок.- ЗАО «Ксения», 2001
5. Правило технической эксплуатации электроустановок потребителей. - ЗАО «Ксения», 2001
6. Ботян А.М. Монтаж электрооборудования в сельском хозяйственном производстве. – М.: Уражай, 1980
7. Пястолов А.А. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. – М.: Колос, 1981
8. Листов П.Н. Применение электрической энергии в сельскохозяйственном производстве. Справочник. – Колос, 1974
9. Прищеп Л.Г. – Учебник сельского электрика. – М.: Колос, 1981
10. Данилов И.А, Лотоцкий К.В. – Электрические машины. – М.: Колос, 1972
11. Зюзин А.Ф и др. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 1980
12. Сокол Т.С. Охрана труда. – М.: Дизайн ПРО, 2000
13. Федарчук А.В и др. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. – М.: Уражай, 2001
14. Луковников А.В. Охрана труда. – М.: ВО Агропром издат, 1991

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА**  
**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»

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

## **Практическая работа № 30**

**Тема. Техническое обслуживание и ремонт пусковой аппаратуры**

**Цель:** Выработать умения разборки и сборки Пускозащитной аппаратуры, диагностики и устранения мелких неисправностей, регулировки аппаратов.

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Магнитные пускатели, кнопочный пост, стенд МИИСП, предохранители, комплекты плавких вставок, тепловые реле, УВТЗ, ФУЗ, позисторы, кварцевый песок, Уайт-спирт, клей БФ-2, магазин сопротивлений, подогреваемая ёмкость с трансформаторным маслом, шкурка шлифовальная, набор ключей, пинцет, ветошь обтирочная, термометр, омметр Ф410, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, надфиль плоский, мегомметр, автоматические выключатели, сигнальные лампы, вольтметр, ЛАТР, кисть, соединительные провода, технический вазелин.

**Обеспечение безопасности:** инструкция по охране труда № 2 (прилагается 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. Повторить устройство и назначение рубильников, магнитных пускателей, переключателей, кнопок управления, реле времени и напряжения.
- 1.2. Изучить правила техники безопасности при выполнении работы.
- 1.3. Повторить устройство и назначение предохранителей, автоматических выключателей, тепловых реле, УВТЗ, ФУЗ и других известных вам защитных устройств.
- 1.4. Записать все аварийные режимы работы электрооборудования, перечислить какие защитные устройства от них защищают.

### **2. Работа в мастерской**

- 2.1. Получить допуск к работе у преподавателя.
- 2.2. Освоить порядок ремонта пусковой аппаратуры .
- 2.3. Освоить порядок ремонта пуско-защитной аппаратуры – автоматических выключателей.

- 2.4. Провести техническое обслуживание, ремонт УВТЗ, снять характеристику позисторов  $R=f(t \text{ } ^\circ\text{C})$ , проверить работоспособность электронного блока, заполнить таблицу–2.4.
- 2.5. Провести техническое обслуживание и ремонт ФУЗа, провести испытания в различных аварийных режимах (данные испытаний занести в таблицу–2.5).
- 2.6. Провести техническое обслуживание устройства защиты электродвигателя типа SKF.
- 2.7. Оформить отчет.

### 3. Методические указания.

#### 3.1 Теоретические сведения.

Правильно и своевременно проведенное техническое обслуживание и текущий ремонт пусковой аппаратуры позволяет значительно снизить вероятность отказа либо неправильной работы средств автоматизации. Выход из строя которых может привести к отказу целого комплекса электрооборудования предназначенного для переработки различного рода скоропортящейся продукции либо поддержания жизненно важных факторов для человека (обогрев, водоснабжение, микроклимат, и т. п.). Умения приобретенные учащимися при прохождении практической работы, помогут учащимся быстро находить неисправности пусковой аппаратуры, а следовательно снизить простой электрооборудования. Уменьшить количество бракованной продукции и поддерживать жизненно важные факторы человека в нормальных пределах.

#### Универсальная встроенная температурная защита (УВТЗ).

Часть электродвигателей сельскохозяйственной модификации серии 4А выпускают со встроенными в обмотки датчиками температуры. В качестве датчиков используют позисторы-терморезисторы, проводимость которых при температуре  $105 \text{ } ^\circ\text{C}$  (позистор СТ14-15) или  $130 \text{ } ^\circ\text{C}$  (позистор СТ14-1А) скачкообразно уменьшается. В лобовые части каждой фазной обмотки, которые обычно имеют наибольшую температуру, встраивают три последовательно соединенных позистора. Разработано несколько модификаций устройств защиты УВТЗ: УЗ-1А, УВТЗ-1, УВТЗ-1М и др.

УВТЗ-1М (рис.5) состоит из трех позисторов **Rп**, подсоединяемых к зажимам и б управляющего устройства.

Управляющее устройство смонтировано в пластмассовом корпусе и имеет 6 выходных зажимов. Устройство содержит узел питания, усилитель и выходное реле **KV**. Узел питания подключается к напряжению — 220 В через зажимы 1 и 4. Он состоит из диодного моста **VD1...VD4**, ограничивающих резисторов **R1,R2,R3** и стабилитронов **VD5** и **VD6**. Усилитель выполнен на транзисторах **VT1...VT4** и тиристоре **VS**.

Схема УВТЗ-1М работает следующим образом. Если температура обмотки электродвигателя ниже предельно допустимого значения, то сопротивление позисторов мало и напряжение, поступающее на базу транзистора **VT4**, будет больше значения порога срабатывания усилительного каскада **VT3 VT4**, определяемого делителями **R6, R7, R8**. В этом случае транзистор **VT4** открыт, транзистор **VT1** и тиристор **VS** — закрыты, а реле **KV** обесточено. При увеличении температуры обмоток электродвигателя до критической, а значит, и сопротивления позисторов потенциал, поступающий на базу транзистора **VT4**, уменьшается. Тогда транзистор **VT4** закрывается, а транзистор

**VT1** открывается. Выходное реле **KV** через тиристор **VS** получает питание и своими размыкающими контактами размыкает цепь катушки электромагнитного пускателя, который отключает электродвигатель от сети. УВТЗ-1М осуществляет также самоконтроль — отключает электродвигатель при возникновении неисправности датчиков-позисторов. Универсальность описанного реле состоит в том, что оно может быть применено для электродвигателя любой мощности, т.к. оно реагирует не на силу тока в обмотках, а на их температуру.

Недостатки таких устройств заключаются в том, что необходимо иметь двигатели со встроенными датчиками, подводить к электродвигателю от пульта два дополнительных провода. Реле недостаточно быстро отключает незапустившийся или заклиненный двигатель, а также при его работе в неполнофазном режиме питания.

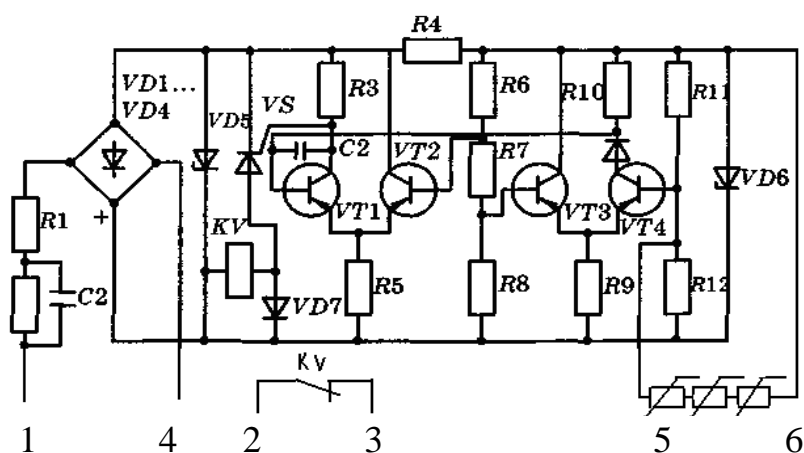


Рис. 5 - Принципиальная электрическая схема универсальной встроенной температурной защиты УВТЗ-1М

### Фазочувствительные устройства защиты электродвигателей ФУЗ-М и ФУЗ-У

На рис. 6 показана схема усовершенствованной защиты типа ФУЗ-У. В устройстве объединены фазовый, токовый и температурный принципы выявления аварийных режимов. ФУЗ-У содержит фазовращательные трансформаторы тока **TV1**, **TV2**, **TV3**, фазовый кольцевой детектор **VD1...VD4** и **R1...R4**, исполнительное реле **KV**, управляемый выпрямитель с температурной коррекцией **VS1** и **R5...R9**, зарядно-разрядную цепь **R10**, **VD7**, **R11**, **R12** накопительный конденсатор **C1**, пороговые элементы **VT**, **VD6**, **R13**, **C2**, **VD5** и **R14**, тиристор **VS2**.

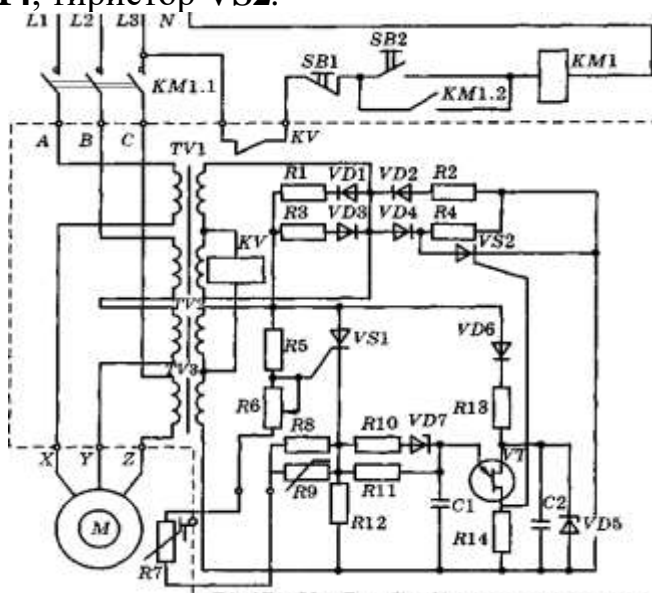


Рисунок. 6 - Универсальное устройство защиты ФУЗ-У: -электрическая схема устройства и его подключения;

Схема работает следующим образом. При работе электродвигателя в недопустимом режиме (на двух фазах) угол сдвига фаз между напряжениями вторичных обмоток трансформаторов TV1, TV2 становится равным 0 или 185°, вследствие чего ток в реле KV резко возрастает, реле срабатывает и своим размыкающим контактом отключает электромагнитный пускатель управления электродвигателем.

Устройство ЗОУП-25 монтируется совместно с электромагнитным пускателем ПМЕ-211 в одном защитном корпусе. В него встроены трансформатор токов нулевой последовательности, усилительный блок с выходным реле, размыкающие контакты которого включены в цепь катушки пускателя. ЗОУП-25 предназначен для токоприемников до 25 А при питании их от трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью и срабатывает при токе утечки 10 мА за 0,05 с. Кнопки управления и проверки расположены на крышке корпуса. ЗОУП отличается от РУД не только мощностью, но и тем, что в окно его дифференциального трансформатора пропускается 3 провода, а в РУД — 4 провода. РУД удобнее для защиты четырех проводных ответвленных линий.

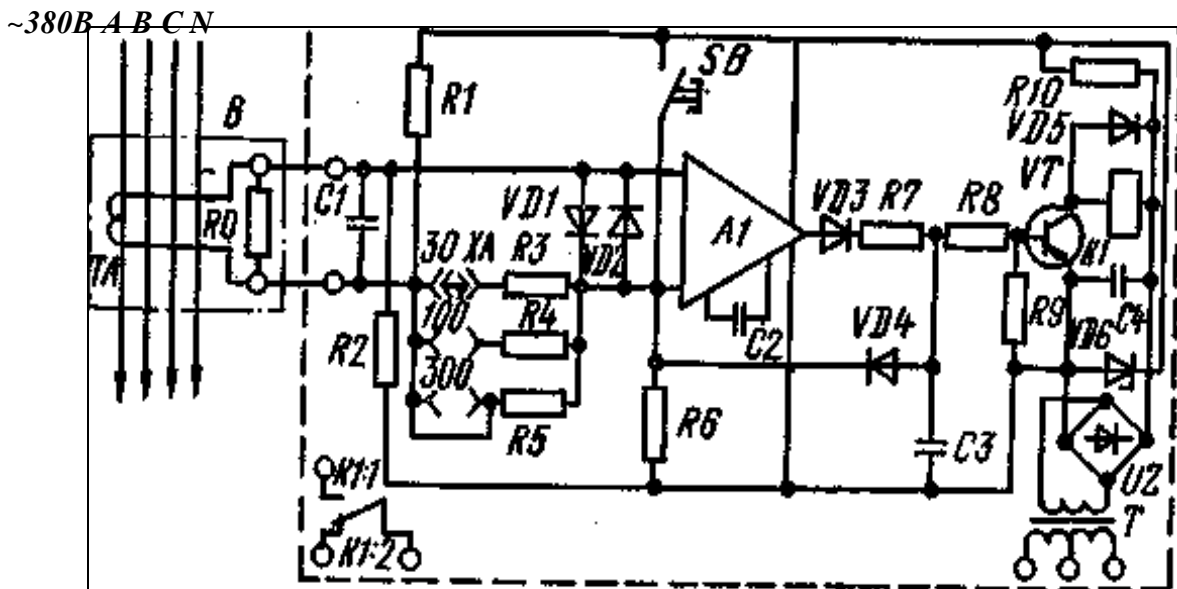


Рисунок.7 - Схема реле утечки РУД-05УЗ

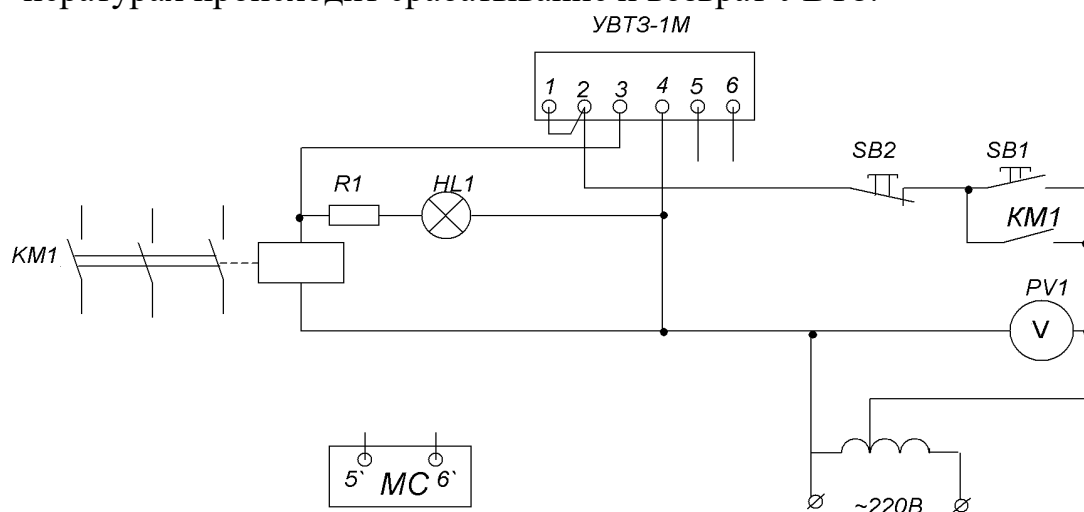
Для силовых электроприемников с номинальным током до 25 А имеется и трехфазное дифференциальное реле утечки (для четырехпроводных сетей 380/220 В) типа РУД-05 УЗ (рис. 7), которое может иметь токи срабатывания 30; 100 и 300 мА. Конструктивно оно состоит из датчика В и полупроводникового блока. Провода питания к защищаемому электроприемнику или группе приемников пропускаются через окно датчика и тороидальный трансформатор утечки ТА, для которого они служат первичной обмоткой. Если отсутствует недопустимая утечка через изоляцию защищаемого объекта, то через резисторы R1, R3, R6 протекает ток от выпрямителя UZ, который питается через трансформатор Т линейным напряжением сети. На резисторе R3 формируется напряжение смещения, которое через вторичную обмотку трансформатора ТА подводится к входам операционного усилителя А1. При этом напряжение на выходе А1 относительно отрицательного полюса выпрямителя UZ приблизительно равно нулю, емкость С3, входящая в сглаживающий фильтр R7,С3, разряжена, транзистор VT, на

котором собран выходной усилитель, закрыт, а выходное электромагнитное реле К1 обесточено. При появлении тока утечки, большего, чем вставка, на резисторе R6 датчика В появляется напряжение, превышающее смещение, и начинается зарядка конденсатора СЗ. Когда напряжение на нем превысит напряжение на резисторе R6, открывается диод VD4 и начинается действие положительной обратной связи на А1. При этом напряжение на входе А1 резко возрастает, транзистор VT открывается, а выходное реле К1 срабатывает и своими контактами К1:1 или К1:2 отключает автомат (или магнитный пускатель). Возврат реле в исходное положение обеспечивается благодаря снятию с трансформатора TV напряжения питания при отключении автомата. Кнопку SB «Контроль» любого УЗО полагается нажимать при каждом включении электроприемника в работу, но не реже 1 раза в 3 месяца. Исправное УЗО должно сработать.

### **3.2.Методика выполнения работы.**

- 7. Провести техническое обслуживание, ремонт и настройку автоматического выключателя для заданного типа электродвигателя.**
- 7.1. Руководствуясь таблицей 2.2, выбрать из имеющихся в аудитории автоматический выключатель.
- 7.2. Очистить автоматический выключатель от пыли и грязи. Проверить механическую систему выключателя. Проверить состояние дугогасительных камер.
- 7.3. Проверить состояние контактов.
- 7.4. Разобрать до состояния, обеспечивающего доступ для дефектации деталей, при подгорании, наличии брызг металла и раковин на поверхности контактов вначале удалить копоть с поверхности контактов салфеткой, смоченной Уайт—спиртом, а затем удалить плоским надфилем брызги и корольки металла.
- 7.5. Подгоревшие или окислившиеся контактные поверхности выводных зажимов для присоединения токопроводящих проводов зачищают надфилем или шлифовальной шкуркой до металлического блеска и протирают салфеткой, смоченной Уайт—спиртом.
- 7.6. Трещины длиной не более 20мм на пластмассовых крышках или основаниях заклеивают клеем БФ—2.
- 7.7. Мегомметром на 500 В измерить сопротивление изоляции между входом и выходом каждой фазы при разомкнутых контактах, а также между соседними полюсами при замкнутых контактах.
- 7.8. Измерить сопротивление изоляции между металлическим корпусом или панелью и всеми токоведущими частями, электрически соединенных между собой. Сопротивление изоляции при температуре 20°С должно быть не менее 10Мом.
- 8. Провести техническое обслуживание, ремонт и испытание УВТЗ.**
- 8.1. При техническом обслуживании защитных устройств очистить от пыли и грязи корпус аппарата, проверить надежность крепления аппарата, подтянуть ослабевшие винты и гайки, проверить надежности крепления проводов, убедиться в отсутствии механических повреждений, целостности изоляции, комплектующих деталей, проверить целостность уплотнений кожуха.
- 8.2. При текущем ремонте защитных устройств произвести разборку аппарата, очистку от пыли и грязи, убедиться в отсутствии механических повреждений, проверить состояние контактов и состояние комплектующих деталей.
- 8.3. Провести испытания УВТЗ.

- 8.3.1. Собрать схему рисунок 2.9.
- 8.3.2. К зажимам 5 и 6 подключить магазин сопротивлений (МС), установив на нем величину не ниже 100 Ом.
- 8.3.3. Автотрансформатором установить напряжение  $0.7U_n$  и включить SB1, загорится HL1.
- 8.3.4. Плавно увеличивать сопротивление МС до тех пор пока лампа HL1 не погаснет. Зафиксировать в таблицу 2.4, сопротивление срабатывания  $R_{ср}$ .
- 8.3.5. Нажать SB1 и плавно уменьшать сопротивление МС до тех пор пока лампа HL1 не загорится. Зафиксировать в таблицу 2.4, сопротивление возврата  $R_{воз}$ .
- 8.3.6. Рассчитать коэффициент возврата:  $K_{воз} = R_{воз} / R_{ср}$ .
- 8.3.7. Провести аналогичные испытания при напряжении:  $U_n$  и  $1.1U_n$ , данные испытаний занести в таблицу 2.4.
- 8.3.8. Проверить самоконтроль защитного устройства имитируя обрыв и замыкание позисторов.
- 8.4. Провести испытания позисторов.
- 8.4.1. Поместить позисторы в ёмкость с трансформаторным маслом и термометром температуры.
- 8.4.2. К выводам позистора подключить многопредельный омметр (Ф410).
- 8.4.3. Медленно подогревая масло, заполнить таблицу 2.4.
- 8.4.4. Построить характеристику позистора  $R=f(t)$ , определить по ней при каких температурах происходит срабатывание и возврат УВТЗ.



**Рисунок 2.9- Схема испытания устройства УВТЗ.**

**Таблица 2.4. Данные испытаний УВТЗ.**

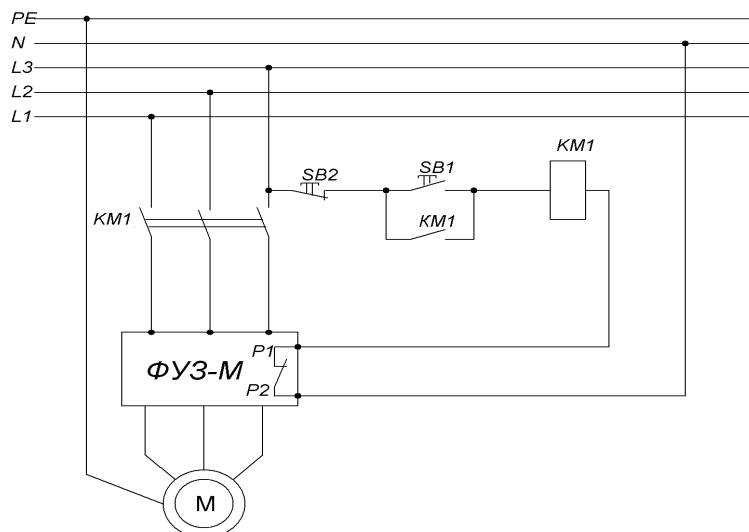
$U_1=0,75U_n$			$U_1=0,75U_n$			$U_1=0,75U_n$								
$R_{ср}$	$R_{воз}$	$K_{воз}$	$R_{ср}$	$R_{воз}$	$K_{воз}$	$R_{ср}$	$R_{воз}$	$K_{воз}$						
<b>Испытание позисторов</b>														
$t; ^\circ C$	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
$R; \text{Ом}$														

## 9. Провести техническое обслуживание, ремонт и испытания ФУЗа.

9.1. Выполнить пункты 5.1. и 5.2.

9.2. Провести испытания ФУЗ.

6.3.1. Собрать схему рисунок 2.10.



**Рисунок 2.10- Схема испытания устройства ФУЗ-М.**

1.3.2. Согласно номинальному току электродвигателя определить уставку в делениях.

1.3.3. Запустить электродвигатель и произвести испытания согласно таблице 2.5.

**Таблица 2.5. Данные испытаний ФУЗ-М.**

Режим работы		перегрузка	обрыв фазы:			запуск при обрыве фазы	ротор заторможен
			А	В	С		
время срабатывания	измеренное						
	по паспорту	30-50с	мгновенно				8-12с
вывод							

### Содержание отчёта

1. Тема и цель работы.
2. Необходимые рисунки и таблицы.
3. Порядок обнаружения неисправностей у электромагнитных коммутационных аппаратов.
4. Порядок ремонта переключателей.
5. Порядок ремонта контакторов и магнитных пускателей.
6. Аварийные режимы работы электрооборудования, перечислить какие защитные устройства от них защищают.
7. Необходимые рисунки и таблицы.
8. Характеристики предохранителей, автоматического выключателя и устройства встроенной тепловой защиты (УВТЗ).
9. Вывод о техническом состоянии всех проверенных аппаратов.

### 4. Контрольные вопросы.

-1-

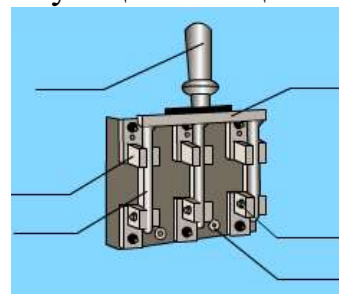
Выделите пары связанных между собой терминов

Главные контакты	1.		a.	Сила натяжения
Магнитопровод	2.		b.	Изоляция
Катушка	3.		c.	Полюсные наконечники

-2-

Обозначьте элементы рубильника, поместив названия на соответствующие позиции.

1. *траверса*
2. *контактные губки*
3. *изоляционная плита*
4. *контактная стойка*
5. *рукоятка*
6. *нож*



-3-

Выделите пары связанных между собой терминов

Механическая блокировка	1.	a.	Дуогасительные камеры
Деионная решетка	2.	b.	Магнитопровод
Короткозамкнутое кольцо	3.	c.	Ревверсивный магнитный пускатель

-4-

Для чего предназначены рубильники?

для нечастой ручной коммутации электрических цепей постоянного и переменного тока напряжением до 1000 В;

для неавтоматического управления электрическими цепями под нагрузкой;

для частого включения и отключения электрических цепей постоянного и переменного тока напряжением до 1000 В;

для нечастого переключения электрических цепей постоянного и переменного тока напряжением до 1000 В.

-5-

Расположите действия в порядке выполнения.

1. Проверка раствора и провала контактов.
2. Определение неисправностей главных и блокировочных контактов внешним осмотром.
3. Проверка силы нажатия (плотности) контактов.

-6-

Когда производится проверка состояния поверхностей полюсных наконечников магнитопровода?

*при внешнем осмотре до разборки пускателя*

*при внешнем осмотре после сборки пускателя*

*при внешнем осмотре после разборки пускателя*


### 5. 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. Эксплуатация и ремонт электроустановок. / Под редакцией Пястолова А.А.-М.: Колос, 1984
5. Таран В.П., Андриец В.К., Синельников А,В. Справочник по эксплуатации электроустановок. -М.: Колос, 1984
6. Янукович Г.И., Янукович Д.Г., Ермолаев В.С. Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственного электрооборудования. -Мн.: Ураджай, 2000
7. Шпаков Л.И. Электрооборудование тракторов, комбайнов и автомобилей.: Высшая школа, 1978
8. Федорчук А.И, Филянович Л.П., Милаш Е.А. Охрана труда при эксплуатации электроустановок. -М.: Ураджай, 2001
9. Пястолов А.А., Мешков А.А., Вахрамеев А.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. -М.: Колос, 1981
10. 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 дисциплин  
Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии   
М.В. Азарушкина

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

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

## **Практическая работа № 31**

**Тема.** Технология монтажа электрических двигателей и пускозащитной аппаратуры

**Цель:** Сформировать умения по монтажу электрических двигателей, пусковой и защитной аппаратуры.

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Магнитные пускатели, кнопочный пост, тепловые реле, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, надфиль плоский, автоматические выключатели, соединительные провода, технический вазелин, методические рекомендации, учебная литература.

**Обеспечение безопасности:** инструкция по охране труда № 2 (прилагается 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**

- 1.17 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [11], с.73-80.
- 1.18 Подготовить бланк отчета.

### **2. Работа в мастерской**

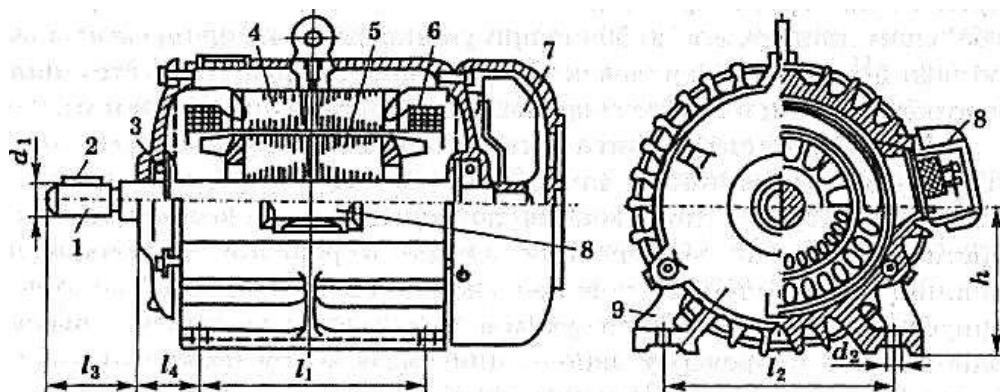
- 2.1. Работа на уроке.
- 2.2. Ознакомиться с конструкцией двигателей.
- 2.3. Выполнить монтаж кнопочного поста.
- 2.4. Выполнить монтаж электродвигателя на фундаменте
- 2.5. Убрать рабочее место.
- 2.6. Оформить отчет.

### **3. Методические указания.**

- 3.1 Теоретические сведения.

### **Конструкция электродвигателей и фундаменты**

**Конструкция.** Устройство электродвигателя и его основные конструктивные элементы приведены на рис. 1. Технические данные двигателей (мощность, напряжение, номинальный и пусковой ток, частота вращения и др.) указывают в паспорте, закрепленном на корпусе в виде таблички [1, 3—5, 7—9, 26, 27]. В паспорте также указывают модификацию двигателя по исполнению и степени защиты от соприкосновения с токоведущими частями и проникновения влаги. Тип двигателя для конкретного технологического механизма и условий работы выбирают в соответствии с проектом.



- 1 — вал;
- 2 — шпонка;
- 3 — подшипник;
- 4 — статор;
- 5 — ротор;
- 6 — обмотка;
- 7 — вентилятор;
- 8 — коробка выводов;
- 9 — лапа;

$l_1$   $l_2$  — соответственно продольное и поперечное расстояния между отверстиями в лапах;  $l_3$  — длина выступающего конца вала;  $l_4$  — размер выступающей крышки;  $h$  — высота оси вращения;  $d_1$ ,  $d_2$  — диаметры соответственно вала и отверстия в лапах

Рис. 1. Устройство и установочные размеры электродвигателя сер. 4А

До начала монтажа необходимо изучить проект и получить от заказчика документацию на оборудование: технические условия, паспорт, инструкцию по монтажу и пуску, комплектуючую ведомость и др.

**Фундаменты.** Фундаменты и помещения под монтаж принимают по акту. Фундаменты машин не должны соприкасаться с фундаментами колонн и других несущих конструкций зданий во избежание передачи им вибрации. Не допускается связывать между собой фундаменты отдельных двигателей и соседних машин. Проходы для обслуживания между корпусами двигателей или частями зданий и оборудованием должны быть не менее 1 м. В ходе приемки фундаментов проверяют: соответствие проекту их расположения и габаритных размеров; состояние бетона; расположение и габаритные размеры анкерных болтов или отверстий для них. Допускается отклонение строительных размеров от проектных: основных размеров фундамента в плане  $\pm 30$  мм; осей анкерных болтов в плане  $\pm 5$  мм; отметок верхних концов болтов  $\pm 25$  мм.

**Технология монтажа электродвигателей, входящих в комплект технологических механизмов**

Электродвигатели, входящие в комплект технологических механизмов (вентиляторы, насосы, дробилки и др.), монтируют организации, устанавливающие технологическое оборудование. На электромонтажников возлагается обязанность оценить состояние, выполнить ревизию, а в случае необходимости — и сушку электродвигателей.

Для монтажа двигателя на основании размечают установочные размеры (см. рис. 1). При этом учитывают толщину прокладок (примерно 2—5 мм). Размечают отверстия для крепления салазок. В соответствии с установочными размерами в отверстия фундамента монтируют анкерные болты, при установке которых используют шаблон. Салазки и раму выравнивают при помощи прокладок по уровню в продольном и поперечном направлениях. Не допускается в качестве прокладок использовать дерево или кирпич. Продолжать монтажные работы или затягивать гайки болтов можно только через 1—15 сут.

Вал электродвигателя соединяют с валом рабочего механизма при помощи муфты, ременной или зубчатой передачи или других способов. Соединительные муфты разделяют на жесткие, соединяющие валы жестко в единое целое, и эластичные, допускающие боковые и угловые смещения валов в узлах сопряжения. В шпоночную канавку закладывают шпонку, конец вала смазывают маслом. Полумуфту или шкив насаживают при помощи винтового приспособления или молотком предварительно сняв крышку подшипника с противоположной стороны вала (рис. 2, а, б). При снятии шкива или полумуфты применяют и съемники (рис. 2, в). При возникновении затруднений при насаживании или снятии шкива либо полумуфты их подогревают пламенем газовой горелки до 250—300 °С.

Насаживаемые новые подшипники промывают бензином и смазывают минеральным маслом. Подшипник насаживают приспособлением из отрезка трубы с заглушкой (рис. 2, г, д). Для съема подшипников используют съемник с захватами. При затрудненной насадке или снятии подшипника, его подогревают горячим (100 °С) маслом.

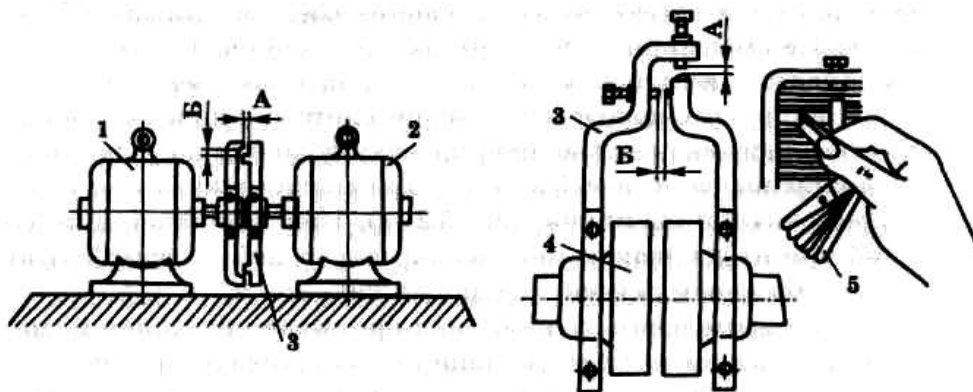


а — винтовым приспособлением; б — молотком с применением контргруза; в — снятие шкива съемником; г — посадка подшипника в гнездо; д — посадка подшипника на вал;  
1 — винтовое приспособление; 2 — шкив; 3 — электродвигатель;  
4 — контргруз; 5 — съемник; 6 — подшипник; 7 — труба с заглушкой

Рис. 2. Способы насадки шкивов и подшипников на вал

Соосность валов машин устанавливают путем центрирования. Перед центровкой необходимо убедиться в плотности посадки полумуфт на валы, проверить

установку электродвигателя и машины по уровню, отсутствие биений при вращении валов. Валы центрируют при помощи скоб, укрепленных на полумуфтах (рис. 3). Замеры зазоров А и В выполняют пластинчатым щупом в четырех точках через 90° при одновременном повороте валов. Корректируя положение двигателя, добиваются минимально допустимой разности замеров. Результаты заносят в табл. 1.



1 — машина; 2 — скобы; 3 — двигатель; 4 — полумуфта; 5 — щуп

Рис. 3. Центровка валов машины и электродвигателя:

Таблица 1

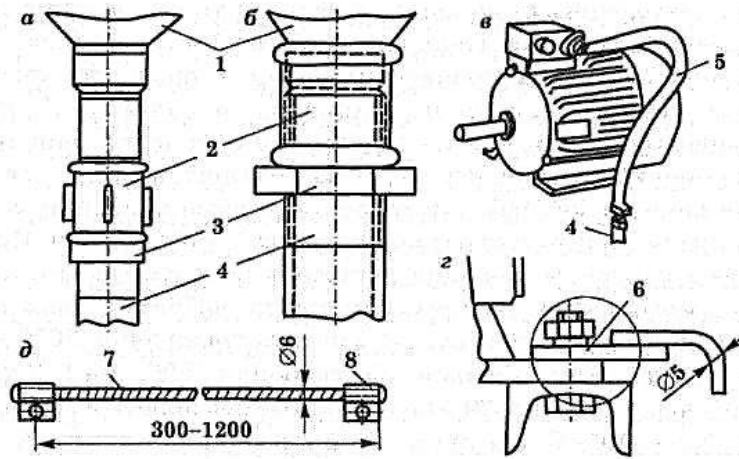
### Результаты замеров зазоров А и Б

Зазоры, мм	Положение валов, град			
	0	90	180	270
А				
Б				

Толщина прокладок должна быть не менее 0,5 мм, а число прокладок, укладываемых одна на другую, — не более четырех. При сочленении машин эластичными муфтами разность показаний замеров зазоров в диаметрально противоположных точках на расстоянии 300 мм от оси вала для двигателей с частотой вращения 3000 и 1500 мин<sup>-1</sup> должна быть не более 0,08 мм.

При клиноременной передаче валы двигателя и механизма должны быть строго параллельны. Параллельность проверяют стальной струной или линейкой. Выверенный двигатель закрепляют и окончательно проверяют сохранность центровки валов после затяжки гаек анкерных болтов.

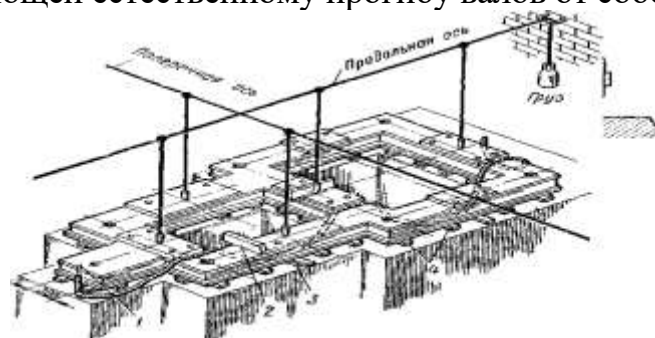
Электропроводку для подключения двигателя к сети выполняют в стальных трубах или кабелем (рис. 4). Трубу подводят непосредственно к коробке выводов. Для соединения трубы с коробкой используют муфты и сгоны (рис. 4, а, б) или гибкие вводы (рис. 4, в).



- а — в трубах к двигателю мощностью до 5,5 кВт;  
 б — в трубах к двигателю, мощностью до 40 кВт;  
 в — гибким вводом;  
 г — подключением к корпусу зануляемого проводника;  
 д — гибкой  
 переключкой для зануления;  
 1 — коробка;  
 2 — муфта;  
 3 — контргайка;  
 4 — трубы;  
 5 — гибкий ввод;  
 6 — шайба;  
 7 — стальной трос;  
 8 — флажок

Рис. 4. Способы подводки электропроводок и зануляющих проводников

Когда монтируют агрегат из двух и более электрических машин (например, двигатель — генератор — возбудитель), регулировку положения линий валов начинают с машины, имеющей два подшипника (Рис 5). Вал этой машины устанавливают строго горизонтально, а линии валов у промежуточных подшипников — по плавной кривой, соответствующей естественному прогибу валов от собственного веса.



- 1 — гидростатический уровень; 2 — уровень; 3 — клин стальной; 4 — прокладки.

Рис.5 - Разметки основных осей на фундаменте и установка фундаментной плиты для электрических машин большой, мощности

После окончательной проверки положения электрической машины на фундаментной плите, раме или салазках, сопряжения ее с рабочими механизмами и сдачи по акту выполненной центровки валов фундамент вместе с плитой, рамой или салазками зали-

вают цементным раствором. При этом тщательно заполняют отверстия, в которых заделаны фундаментные болты и зазоры под плитой, рамой или салазками. Если позволяет конструкция плиты или рамы, то цементным раствором заполняют всю внутреннюю их часть, оставляя свободными лишь места прохода болтов сквозь плиту. Затем мегомметром проверяют состояние изоляции обмоток электрической машины, воздушные зазоры в между железном пространстве по всей окружности (для разных машин различны в зависимости от требований заводских инструкций), промывают и заливают чистым маслом подшипники скольжения. В машинах постоянного тока проверяют состояние коллектора, щеток, щеточного механизма. Полируют и в случае необходимости продоруживают изоляцию между пластинками коллектора. Индикатором проверяют бой (эксцентричность) коллектора, который должен быть не более 0,02 мм для коллектора диаметром до 250 мм и 0,06 мм для коллектора диаметром до 700 мм. Если бой коллектора более величины 0,2—0,5 мм, то его шлифуют. При бие более 0,5 мм коллектор протачивают.

Установка и выверка фундаментной плиты или рамы при монтаже электрических машин, поступающих на монтажную площадку в разобранном виде, производится так же, как и для машин, прибывающих в собранном виде. Монтаж начинают с установки подшипниковых стояков по заводским рискам и контрольным шпилькам. Подшипники разбирают, их опорные поверхности освобождают от защитных покрытий, ржавчины и забоин. Перед установкой подшипниковых стояков под них на плиту укладывают металлические прокладки общей толщиной 4—5 мм, при помощи которых в дальнейшем регулируют положение подшипников по высоте, а также изолирующие прокладки под одним или двумя стояками, чтобы исключить разъедание шеек паразитными токами.

В качестве изолирующих прокладок применяют пластинки из прочного изоляционного материала толщиной 2—5 мм. Болты и контрольные шпильки изолируют бакелитовыми или прессшпановыми трубками с толщиной стенки 2 мм, а фланцы маслопроводов — электрокартоном. Сопротивление изоляции подшипникового стояка, измеренное мегомметром на 1000В, должно быть не менее 0,5 МОм. Затем в подшипниковые стояки устанавливают нижние вкладыши подшипников и на них укладывают ротор машины, предварительно смазав шейки его вала чистым машинным маслом. Чтобы убедиться в отсутствии перекоса вкладышей подшипников, ротор проворачивают на несколько оборотов.

### **Технологическая последовательность операций**

Объем работ и технологическая последовательность операций по монтажу средних и крупных электрических машин зависят от вида их поставки с завода-изготовителя: в сборе или разобранные. Электрические машины, поступившие с завода-изготовителя в собранном виде, как правило, на месте монтажа не разбирают. После операций по подготовке таких машин к установке их при необходимости подвергают осмотру в объеме, предусмотренном актом, составленным представителями предприятия-заказчика и монтажной организации.

Монтаж электрических машин, поступивших в собранном виде, производят в следующем порядке: установка на фундамент; выверка; монтаж полумуфт и центровка валов; проверка пригонки вкладышей подшипников; заливка бетонной смесью фундаментных плит и болтов; проверка центровки валов после доливки бетонной смеси; подсоединение внешних кабелей, монтаж воздухоохладителей, маслопроводов и заземления; установка защитных кожухов, щитов и ограждений.

Монтаж электрических машин, поступивших в разобранном виде, значительно сложнее и включает следующие основные технологические операции: установку и выверку фундаментной плиты и подшипниковых стояков; заводку ротора в статор; установку: нижних вкладышей подшипников, статора вместе с ротором на фундаментную плиту, полумуфт; центровку валов; проверку зазоров в подшипниках и пригонку подшипников; выверку воздушных зазоров и совмещение магнитных осей статора и ротора; заливку фундаментных плит и фундаментных болтов бетонной смесью, проверку центровки валов после доливки фундаментных плит; окончательную сборку подшипников и проверку их уплотнения; установку щеточной траверсы и регулировку щеток и щеткодержателей; подсоединение внешних кабелей, воздухоохладителей, маслопроводов и заземления; установку защитных кожухов, щитов и ограждений.

Корпус электродвигателя обязательно должен зануляться (соединяться с нулевым проводом сети). В качестве зануляющего проводника используют провод в трубе или стальную трубу электропроводки, или отдельно проложенный стальной проводник. Во всех случаях электрическая проводимость нулевого защитного проводника должна быть не меньше 50% проводимости фазного провода.

Проводники для зануления из круглой стали должны иметь диаметр, мм, не менее: 5 — при прокладке в здании, 6 — в наружных установках, 10 — в земле. К проводнику приваривают наконечник из полосовой стали с отверстием и присоединяют болтом с пружинящей шайбой к корпусу (рис. 4, г). Оборудование, подверженное вибрации, зануляют гибкой перемычкой (рис. 4, д).

Каждый электродвигатель и другое оборудование зануляют отдельным ответвлением от магистрали. Последовательное включение в нулевой защитный проводник нескольких электроустановок запрещается.

Качество монтажа электродвигателей проверяют включением в сеть вхолостую и под нагрузкой. Перед включением мегомметром измеряют сопротивление изоляции электропроводок и двигателя, проверяют исправность зануления и пускозащитных аппаратов.

При опробовании вхолостую двигатель отсоединяют от технологической машины и включают толчком в сеть. Не допуская полного разворота (25—30% от номинальной частоты вращения), двигатель отключают и прослушивают шумы (не должно быть посторонних звуков). После пробного пуска двигатель включают на 1 ч и проверяют: отсутствие стуков и задевания вращающихся частей, прочность крепления к основанию, степень нагрева подшипников (не более 95 °С), направление вращения ротора (при необходимости изменения направления вращения меняют местами два любых подводящих провода в коробке).

При нормальной работе в холостом режиме двигатель соединяют с механизмом и испытывают под нагрузкой в течение 3 ч. При этом виброметром измеряют вибрации двигателя в вертикальном, горизонтальном и осевом направлениях. Амплитуда вибрации должна быть не более: 0,05 мм — для двигателей с частотой вращения 3000 мин<sup>-1</sup> и 0,1 мм — для двигателей с частотой вращения 1500 мин<sup>-1</sup>. В течение испытаний через каждые 30 мин измеряют температуру нагрева обмоток (не более 105 °С для двигателей с изоляцией класса А) и подшипников. Двигатель, прошедший испытания под нагрузкой, передают рабочей комиссии для приемосдаточных испытаний.

### **Монтаж пускозащитной аппаратуры**

Аппараты управления предназначены для включения и отключения электрических двигателей, изменения, регулирования и контроля различных их параметров. По исполнению аппараты делятся на открытые, защищенные, пылеводозащищенные, взрывозащищенные. Открытые аппараты необходимо монтировать в шкафах или электротехнических помещениях - распределительных пунктах (РП). Шкафы и РП должны запираются замками. Защищенные аппараты следует налаживать в сухих и влажных отапливаемых помещениях; пылеводозащищенные - монтировать в пыльных, сырых или особо сырых помещениях и наружных установках.

Перед монтажом аппараты нужно осмотреть, проверить комплектность, чистоту контактов, регулировку, легкость включения и отключения.

Пусковую аппаратуру можно устанавливать на капитальных стенах, колоннах или специальных сварных конструкциях, размещать по возможности ближе к электродвигателям, при этом учитывать удобство обслуживания, ревизии, ремонта или замены. Высота установки аппаратов должна быть 1,3-1,8 м.

Пускатели надо монтировать вертикально. Надежная их работа будет обеспечена при отклонении от вертикали не более  $5^\circ$ . Рукоятки включения и отключения, кнопочные станции управления пускателями должны быть на высоте 1,5-1,7 м от пола. При этом необходимо, чтобы магнитные пускатели по возможности находились в равных температурных условиях с электродвигателями, чем обеспечивается лучшая тепловая защита двигателей.

Кнопочную станцию можно устанавливать в любом месте. Однако при монтаже следует учесть, что оператор при пуске и установке должен видеть двигатель и приводимый в движение механизм. Правила технической эксплуатации рекомендуют при установке электродвигателя на расстоянии более 5 м от приводимого им механизма или при размещении их в разных помещениях для остановки электродвигателя устанавливать возле механизма дистанционную кнопку "Стоп" или выключатель.

Магнитные пускатели, автоматические выключатели, кнопочные станции, пакетные выключатели и другие аппараты управления для отдельных электродвигателей необходимо крепить на стенах с помощью скоб. Для аппаратов больших габаритов (пускатели ПА и т. д.) нужно изготавливать скобы из стальной ленты  $42 \times 2$  мм, для других аппаратов -  $25 \times 2$  мм.

При дистанционном управлении группой электродвигателей, обеспечивающих один технологический процесс, целесообразно применять пульта управления в уплотненном исполнении. Установку пусковой и защитной аппаратуры в этих шкафах следует производить на специальных рейках

При монтаже пускозащитной аппаратуры необходимо тщательно заделать провода и кабели при вводе их в пускатели и кнопочные станции. При сгоде муфты с закрепленной подводящей трубы на гнездо сальника пускателя резьбу следует смазать суриком, затем муфту закрепить контргайкой. При соединении корпуса пускателя защищенного исполнения с трубой на нее сначала необходимо навернуть заземляющую (царапающую) гайку зубцами кверху, установить пускатель и закрепить второй царапающей гайкой. Ввод кабелей или проводов в пускатель или кнопочную станцию защищенного исполнения производят через полиэтиленовую шайбу. Ввод проводов питающей сети и цепи управления пускателя и кнопок пылеводонепроницаемого исполнения целесообразно осуществлять через сальник с уплотняющей резиновой шайбой.

### **3.2.Методика выполнения работы.**

2. Произвести монтаж электродвигателя.
3. Выверить с помощью скоб соосность валов рабочей машины и электродвигателя.
4. Произвести монтаж автоматических выключателей, магнитных пускателей и контакторов.

### **Содержание отчёта**

10. Тема и цель работы.
11. Описать приёмы монтажа электродвигателя на опорное основание.
12. Эскиз установочных размеров электродвигателя.
13. Описать требования ПУЭ монтажа электродвигателя.
14. Требование техники безопасности при монтаже электродвигателя.
15. Описать требования ПУЭ при монтаже пускозащитной аппаратуры.

#### **4. Контрольные вопросы.**

1. Как центровать валы рабочей машины и электродвигателя.
2. Конструкция электродвигателей.
3. Перечислите способы установки шкивов на вал.
4. Как установить магнитный пускатель больших габаритов.
5. Как установить электрический двигатель на рабочую машину.

#### **5. Список используемых источников**

- 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. Правило устройств электроустановок.- ЗАО «Ксения», 2001
5. Правило технической эксплуатации электроустановок потребителей. - ЗАО «Ксения», 2001
6. Ботян А.М. Монтаж электрооборудования в сельском хозяйственном производстве. – М.: Уражай, 1980
7. Пястолов А.А. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. – М.: Колос, 1981
8. Зюзин А.Ф. и др. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок. – М.: Высшая школа, 1980
9. Сокол Т.С. Охрана труда. – М.: Дизайн ПРО, 2000

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

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

Председатель комиссии   
М.В. Азарушкина

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

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

## **Практическая работа № 32**

**Тема:** Изготовление опорных оснований и установка электродвигателей на них.

**Цель:** Изучить виды опорных оснований, правила и способы их изготовления.

Освоить технологию установки электропривода на опорные основания.

Приобрести умения и навыки по изготовлению опорных оснований различных видов, установки на них двигателя.

**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**

1.19 Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [1], с.109-115; [2], с.183-190; : [3], с.205; .

1.20 Подготовить бланк отчета.

### **2. Работа в мастерской**

2.1. Получить допуск к работе у преподавателя, предоставить на проверку заготовку отчета.

2.2 Изучить последовательность операций при общем монтаже полносборных машин .

2.3. Ознакомиться с инструментами и материалами для установки фундаментных плит.

2.4. Изучить последовательность операций при общем монтаже неполносборных машин.

2.5. Составить технологическую подготовки опорных оснований под электродвигатель (таблица 1).

Таблица 1. Технологическая карта подготовки опорных оснований под электродвигатель

Операция	Способ выполнения

2.6. Вычертить эскизы фундаментных оснований под электродвигатель, с указанием монтажных размеров на установку двигателя.

2.7. Выполнить индивидуальное задание

2.8. Убрать рабочее место.

2.9. Оформить отчет.

### **3. Методические указания.**

3.1 Теоретические сведения.

#### **Монтаж полносборных электрических машин**

**Подготовка машин к монтажу.** Принятые в монтаж электрические машины продувают сжатым воздухом. Проворачивают их валы, контролируя свободу вращения. В машинах малой мощности валы проворачивают вручную, в машинах больших мощностей используют для этой цели грузоподъемные средства. После этого машины очищают и протирают снаружи; поврежденную окраску восстанавливают.

Предварительно контролируют состояние изоляции и целостность электрических цепей машины. Сопротивление изоляции измеряют для каждой из цепей относительно заземленных частей, а также между цепями. В машинах постоянного тока при измерении-

ях щетки изолируют от коллектора при помощи изолирующей прокладки из электрокартона или резины. В статорах переменного трехфазного тока при трех выведенных концах обмоток измеряют только сопротивление изоляции обмоток относительно земли.

В двигателях с фазным ротором кроме сопротивления изоляции моток статора измеряют сопротивление изоляции между обмотками статора и ротора, а также сопротивление изоляции щеток относительно корпуса (при измерениях щетки изолируют от колец).

При обнаружении дефектов изоляции, препятствующих монтажу, решают вопрос о ревизии, ремонте и сушке машины.

**Подготовка фундамента.** Принятый в монтаж фундамент обрабатывают в местах расположения монтажных подкладок, придавая им плоскостность и горизонтальность. Места установки подкладок очерчивают мелом по-возможности близко к анкерным или фундаментным болтам. Располагают их по обе стороны болтов. Кроме того, места подкладок размечают под теми участками фундаментной плиты, к которым будут приложены сосредоточенные нагрузки (под лапами станин, стойками промежуточных подшипников и т. п.).

Размеры размечаемых площадок должны превышать размеры подкладок на 15—20 мм на сторону.

Площадки выравнивают ручным или пневматическим молотком с рифленным бойком или ручным зубилом. Плоскостность и горизонтальность их контролируют с помощью брускового уровня. Уклоны площадки должны быть не более 0,2 мм на 1 м. Отклонение высоты площадок от проектного уровня должно быть  $\pm 3$  мм.

Подготовленный фундамент обдувают сжатым воздухом и промывают струей воды. Обработанные площадки посыпают цементом до заполнения насечек.

**Установка фундаментных плит.** Фундаментные плиты крупных электрических машин устанавливают по разметке, нанесенной на плиту, и главным осям фундамента. Главные оси фундамента (рис. 1) обозначают в натуре с помощью монтажных струн из стальных проволок 0 0,35 —0,5 мм. Струны растягивают чаще всего между вертикальными сварными стойками с устойчивым основанием и блоком в верхней части. Проволока пропускается через блоки двух стоек и нагружается гирями, подвешенными на ее концах. Масса одной гири зависит от диаметра проволоки:

Диаметр, мм	0,35	0,5	0,45	0,5
Масса, кг	9,5	12,4	15,6	19,3

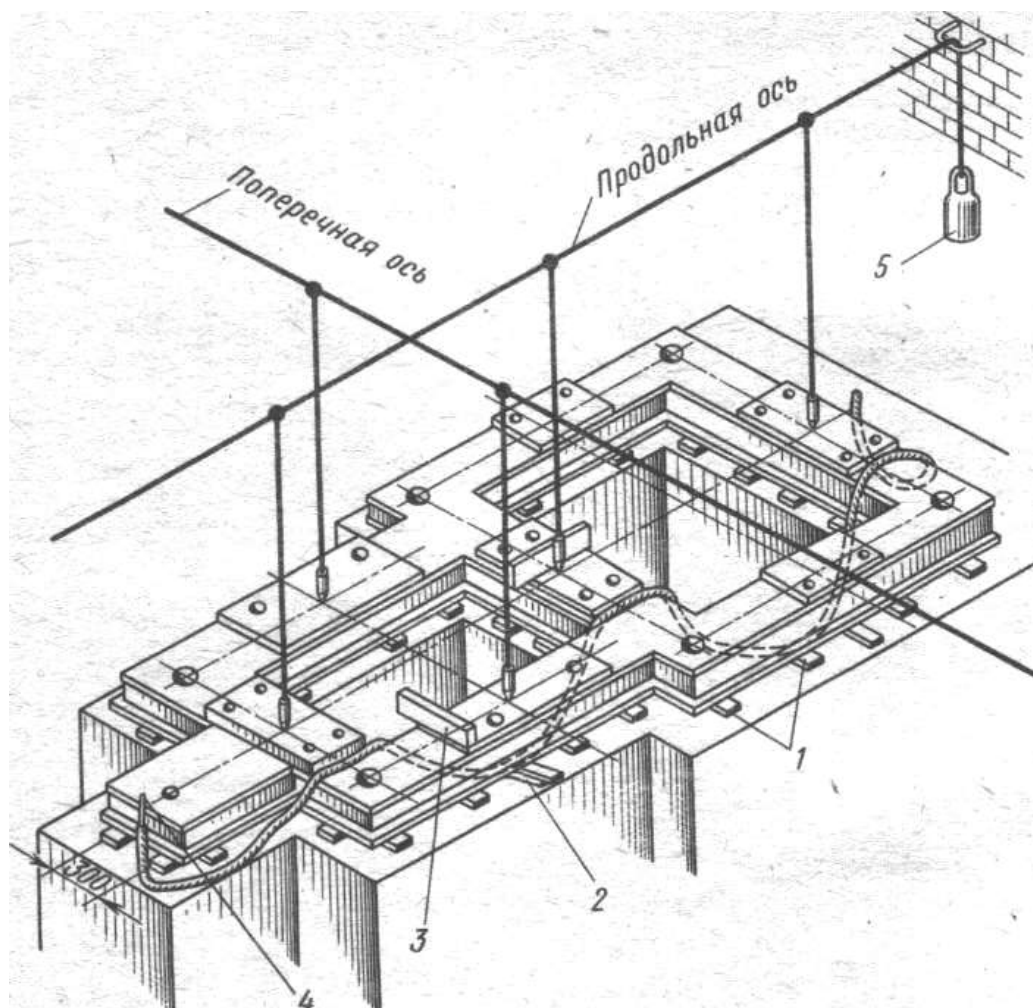


Рис. 1. Обозначение главных осей фундамента: 1—подкладки, 2—стальной клин, 3—уровень, 4—гидростатический уровень, 5—груз.

Масса гири примерно равна двум третям разрывающей нагрузки. Считают, что при такой нагрузке проволоки натянуты достаточно прямолинейно.

Монтажные струны используют как базу для определения пространственного положения монтируемых деталей, расстояния при этом измеряют микроштихмасом.

При точных измерениях учитывают стрелу провеса (мм) проволоки под действием собственной массы

$$f = \frac{l_1 l_2 g}{G}$$

где  $l_1, l_2$  - — расстояния от центров блоков стоек до точки измерения,  $g$  — масса одного метра проволоки,  $g$ ;  $G$ —масса натяжного груза, кг.

Величину стрелы провеса  $f$  приплюсовывают к погрешности измерения.

Над осевыми плашками фундамента на струнах закрепляют по два отвеса на каждой из двух струн. Грузик отвеса должен иметь цилиндрическую форму с резьбовой пробкой для подвешивания на верхнем торце и конусом для точной ориентировки на нижнем торце. Высота острия конуса над кернением должна быть 0,5—1 мм. Струну ориентируют так, чтобы указатели отвесов на обеих осях фундамента точно совпали с кернениями оси на плашках. После этого положение стоек монтажных струн отмечают и фиксируют. Отвесы помещают в сосуды с маслом, успокаивающим их колебания.

На фундаментной плите размечают положение ее главных (продольной и поперечной) осей в соответствии с проектом. Разметку фиксируют кернением. Перед установкой плиты поверхность фундамента, кроме площадок для подкладок, насекают, об-

дувают сжатым воздухом и промывают струей воды. Это необходимо для хорошего сцепления подливочного слоя бетона с фундаментом. На обработанных площадках фундамента размещают пакеты монтажных подкладок, выводя их верхние плоскости по нивелиру (НА-1, НБ-4 и т. п.) на 1 —1,5 мм выше проектной отметки. Отклонения этих плоскостей от горизонтали в направлениях главных осей должны быть не более 0,3- мм на 1 м.

На пакетах подкладок располагают фундаментную плиту, ориентируя ее по монтажным струнам. К струнам подвешивают еще четыре отвеса над кернениями осей плиты. Перемещая плиту в плоскости ее расположения и четыре дополнительных отвеса вдоль струн, добиваются совпадения указателей отвесов с кернениями осей плиты. При этом оси плиты и фундамента совпадут.

При невысокой точности установки фундаментные болты обычно замоноличивают в тело фундамента в процессе его возведения. Плиту опускают на эти болты.

При умеренных требованиях к точности размещения фундаментных болтов в фундаментах при строительстве оставляют глухие колодцы. Фундаментные болты устанавливают в процессе монтажа. После выверки положения фундаментной плиты болты центрируют в ее отверстиях и заливают бетонной смесью до уровня, расположенного ниже поверхности фундамента на 100—150 мм. Окончательно заполняют колодцы бетонной смесью при подливке основания.

Затяжку фундаментных болтов в этом случае не производят до тех пор, пока прочность бетона не достигнет 60% проектной прочности. Это определяют разрушением контрольных образцов смеси.

В фундаментах ответственных машин предусматривают ниши, сквозные колодцы и ямы. Анкерные болты в этом случае устанавливают в процессе монтажа с высокой точностью. Образованные при этом колодцы заполняют бетонной смесью во время подливки оснований машин.

Высотное и горизонтальное положение фундаментной плиты выверяют при затянутых фундаментных болтах. Горизонтальное перемещение плиты при выверке ее положения производят с помощью винтовых и эксцентриковых приспособлений, а также винтовых или клиновых установочных домкратов.

Высотное положение верхней плоскости плиты контролируют относительно высотного репера фундамента с помощью гидростатического уровня, снабженного микрометрическими головками. В неответственных случаях эту выверку выполняют с помощью контрольных линеек и микроштихмаса.

Горизонтальность плоскости плиты устанавливают с помощью брусковых уровней. Допустимое отклонение от горизонтального положения фундаментных плит не превышает 0,15 мм на 1 м. Каждое измерение уклонов производят с поворотом базы уровня на 180°. Уклоны контролируют в направлениях обеих главных осей.

После выверки положения плиты на нее устанавливают машину так, чтобы общие отверстия для фундаментных или анкерных болтов станины машины и фундаментной плиты совпали.

**Установка электрических машин.** Крупные машины устанавливают на плиты так, чтобы наилучшим образом обеспечить совпадение в пространстве осей валов монтируемых машин и агрегатов, в составе которых машины должны работать.

Положение машины на плите выверяют перемещениями в пределах зазоров резбовых соединений машины и плиты, а также перемещениями самой плиты на подкладках. Главной операцией выверки является центровка валов базовой и монтируе-

мой машин Базовой машиной может быть технологический агрегат или одна из машин многомашинных электроустановок с общим валом.

Объем работ и технологическая последовательность операций по монтажу средних и крупных электрических машин зависят от вида их поставки с завода-изготовителя: в сборе или разобранные. Электрические машины, поступившие завода-изготовителя в собранном виде, как правило, на месте монтажа не разбирают. После операций по подготовке машин к установке их при необходимости подвергают осмотру в объеме, предусмотренном актом, составленным представителями предприятия-заказчика и монтажной организации.

Монтаж электрических машин, поступивших в собранном виде, производят в следующем порядке: установка на фундамент; выверка; монтаж полумуфт и центровка валов; проверка пригонки вкладышей подшипников; заливка бетонной фундаментных плит и болтов; проверка центровки валов после доливки бетонной смеси; подсоединение внешних кабелей, монтаж воздухоохладителей, маслопроводов и заземления; установка защитных кожухов, щитов и ограждений.

Монтаж электрических машин, поступивших в разобранном виде, значительно сложнее и включает следующие основные технологические операции: установку и выверку фундаментной плиты и подшипниковых стояков; заводку ротора в статор; установку нижних вкладышей подшипников, статора вместе с ротором на фундаментную плиту, полумуфт; центровку валов; проверку зазоров в подшипниках и пригонку подшипников; выверку воздушных зазоров и совмещение магнитных осей статора и ротора; заливку фундаментных плит и фундаментных болтов бетонной смесью, проверку центровки валов после доливки фундаментных плит; окончательную сборку подшипников и проверку их уплотнения; установку щеточной траверсы и регулировку щеток и щеткодержателей; подсоединение внешних кабелей, воздухоохладителей, маслопроводов и заземления; установку защитных кожухов, щитов и ограждений.

### ***Установка и выверка фундаментных плит***

Фундаментные плиты для средних и крупных электрических машин, поставляемые вместе с ними, изготавливают из толстой листовой стали или швеллеров и балок крупного сечения. При этом для электрических машин, входящих в состав преобразовательных агрегатов, в зависимости от габаритов последних фундаментные плиты изготавливают в виде одной плиты, общей для всего агрегата, или отдельных, или для каждой машины, а для приводных двигателей, как правило, только в виде отдельной плиты.

Плиты крепят к фундаменту анкерными фундаментными болтами: крюкообразными или с анкерными плитками. Наибольшее распространение получили установка и выверка фундаментных плит на фундаменте с помощью подкладок или клиньев.

Выверка фундаментной плиты и регулировка высоты ее установки достигаются с помощью подкладок различной толщины. Количество подкладок в одном пакете должно быть минимальным и не превышать пяти, включая тонколистовые, которые применяют для окончательной выверки. По высоте фундаментные плиты устанавливают таким образом, чтобы зазор между плитой и поверхностью фундамента был не менее 50 мм, благодаря чему обеспечивается равномерная укладка бетона подливки под плиту, и не более 100 мм для устойчивого положения плиты на пакетах подкладок. Высота пакетов подкладок составляет соответственно 50—100 мм.

***Установка и выверка фундаментных плит на клиновых домкратах и винтовых устройствах.*** При бесподкладочном методе монтажа вместо металлических под-

кладок и клиньев для выверки фундаментных плит применяют установочные приспособления (клиновые домкраты или винтовые устройства) которые после затвердения бетона подливки удаляют. Благодаря этому нагрузки и усилия от электрических машин передаются фундаменту не через пакеты подкладок или клиньями, а через бетонную подливку, которая используется в качестве несущего опорного элемента соединения. При бесподкладочном методе монтажа значительно увеличивается площадь контакта основания фундаментной плиты с подливкой, что способствует повышению общей прочности сцепления оборудования с фундаментом.

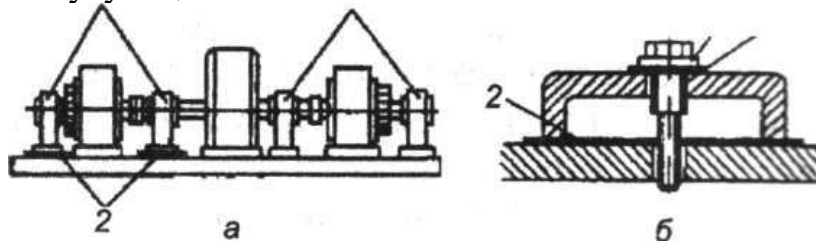
Бесподкладочный метод монтажа позволяет не только получить значительную экономию металла и повысить качество монтажа, но и намного увеличить производительность труда при выверке электрических машин.

### **Установка и выверка подшипниковых стояков**

Машины, прошедшие контрольную сборку на заводе, имеют отверстия в фундаментных плитах для установки и крепления подшипниковых стояков. В машинах, не прошедших заводскую сборку, необходимо разметить фундаментные плиты и просверлить в них отверстия для крепления стояков.

В местах установки подшипниковых стояков на фундаментную плиту укладывают регулировочные металлические подкладки и изолирующие прокладки под одним или двумя стояками в соответствии с установочными чертежами завода-изготовителя. Количество подкладок определяется при контрольной сборке и также указывается в установочных чертежах.

**Изолирующие прокладки** толщиной 2—5 мм завод-изготовитель обычноставляет в комплекте с машиной. Они предотвращают прохождение паразитных токов в подшипниках, вызывающих разрушение баббита вкладышей и разъедание шеек вала. Основной причиной появления паразитных токов является асимметрия магнитного поля машины, в результате чего возникает пульсирующий магнитный поток, который пересекает короткозамкнутую цепь (вал - подшипниковые стояки - фундаментная плита - вал) и может вызвать более значительные токи. Изолирующие прокладки разрывают короткозамкнутую цепь.



Рас. 2 - Расположение изолирующих прокладок на агрегате с четырьмя подшипниковыми стояками (а); изоляция болтов подшипникового стояка (б): 1 - подшипниковые стояки; 2 — изолирующие прокладки; 3 — шайба; 4 — изолирующая трубка.

На установочных заводских чертежах даны указания по изоляции болтов, крепящих стояки к плите, конических контрольных штифтов. Для изоляции болтов применяют бакелитовые трубки с толщиной стенки 2 мм, а конических штифтов — трубки из прессшпана или электрокартона.

Сопротивление изоляции подшипниковых стояков по отношению к плите измеряют мегомметром на 1 кВ до укладки валов в подшипники; при затянутых болтах, крепящих стояки к плите, это сопротивление должно составлять не менее 1 Мом.

### **Монтаж неполноборных машин**

Общая технологическая последовательность монтажа крупных электрических машин.

Распаковка и размещение узлов на монтажной площадке; очистка, ревизия и продувка машин сжатым воздухом; подготовка фундамента;

установка на фундамент фундаментной плиты (или нескольких плит);

монтаж подшипниковых стояков; установка статора на плиту;

монтаж ротора в статор и подшипниковые стояки; центровка и сопряжение валов агрегата;

пригонка вкладышей и уплотнение подшипников скольжения; выверка воздушных зазоров и осевого разбега ротора; регулировка коллектора или контактных колец; монтаж щеточного механизма;

монтаж систем принудительной смазки и принудительной вентиляции;

монтаж внутренних соединений машины и ее внешних цепей; контрольный прогрев или сушка изоляции (при необходимости); пробный пуск и регулировка систем машины; балансировка ротора машины (при необходимости); приемо-сдаточные испытания машины;

фиксация частей машины после обкатки на фундаментной плите с помощью установочных штифтов;

оформление технической документации и сдачи машины в эксплуатацию.

**Монтаж подшипниковых стояков.** Подшипниковые стояки устанавливают на опорные площадки, которые должны несколько выступать над поверхностью фундаментной плиты. Высоту положения оси подшипника регулируют количеством и толщиной подкладок под основание стояка. Измерения при этом производят между высотным репером фундамента и отрихтованным на плоскость стальным листом шириной около 250 мм, наложенным на плоскость разбега подшипника. Лист на корпусе подшипника закрепляют неподвижно временными болтами. Болты сильно не затягивают во избежание деформации разметочных листов. Горизонтальность разметочных листов выверяют брусковыми уровнями в направлениях главных осей машины. На каждый лист наносят линию, лежащую в вертикальной плоскости, проходящей через ось подшипника. Стояки устанавливают по монтажной струне главной оси машины. Для этого над каждым стояком подвешивают по два отвеса над краями листов с разметочными линиями (рис. 91). Стояки в плоскости плиты перемещают до тех пор, пока указатели всех отвесов не окажутся над разметочными линиями. Концы разметочных линий кернят. Между стояками по разметочным листам натягивают контрольную струну. Положение стояков считают удовлетворительным, если все четыре накерненные точки совпали с контрольной струной.

При определении расстояния между торцами вкладышей стояков учитывают осевой разбег вала. Осевой разбег указывается в заводских чертежах.

В соответствии с заводскими чертежами под одним или обоими стояками устанавливают изоляционные прокладки. Крепежные болты, установочные штифты стояков и фланцы маслопроводов также должны быть изолированы. Прокладки стояков изготавливают из текстолита толщиной 3—10 мм. Шайбы и втулки болтов и штифтов делают из миканита толщиной 2 мм, а прокладки фланцев — из клингерита толщиной 2—3 мм. Прокладки должны выступать из соединения на 5—10 мм. Изоляционные шайбы должны иметь диаметр, на 5—10 мм превышающий диаметр стальных шайб.

Изоляция стояков подшипников бывает необходима при несимметрии магнитного поля машины. В результате магнитной несимметрии в короткозамкнутом контуре, образованном валом, стояками подшипников и фундаментной плитой, индуктируются токи, разрушающие зеркало подшипников. Кроме того, подшипники и вал могут обтекаться сварочными токами при сварке вблизи машины.

Детали изоляции подшипников должны поставляться заводом-изготовителем комплектно с машиной. Величина сопротивления изоляции подшипников должна быть не менее 0,5 МОм.

### **Установка электрического двигателя на рабочей машине.**

Электрический привод может входить непосредственной в их конструкцию. В таких случаях электрический двигатель, а часто и аппаратура управления и защиты монтируются на рабочей машине заводом-изготовителем.

Если электрический двигатель не входит в конструкцию машины, его монтируют отдельно, устанавливая на литые чугунные плиты или рамы, сварные кронштейны, деревянные конструкции, фундаменты и т.п.

Фундаменты под электрические двигатели, как правило, отливают из бетона. Размеры фундамента зависят от массы двигателя и типа грунта. Для электрических двигателей, применяемых в сельском хозяйстве, масса фундамента может ориентировочно принята равной пятикратной массе двигателя. Если же двигатель работает в условиях частых пусков и торможений, то массу фундамента принимают равной 15-20 кратной массе двигателя.

Выбирая место для фундамента, принимают во внимание, насколько удобно будет проводить осмотры и обслуживание установленного на нем двигателя. Расстояние между электродвигателем и оборудованием или частями здания должно быть в свету не менее 1 м. При этом допускаются местные сужения проходов между выступающими частями двигателя и оборудованием или строительными конструкциями до 0,6 м. Расстояние между электродвигателем и стеной здания, если проход с другой стороны двигателя, должно быть в свету не менее 0,3 м.

Проверенный на холостом ходу электродвигатель после соединения его с технологической машиной опробуют под нагрузкой. Здесь прежде всего проверяется вибрация и нагрев подшипников. В режиме нагрузки вибрация по сравнению с вибрацией холостого хода может увеличиться в результате небаланса или не надежного крепления технологической машины, неудовлетворительной центровки и плохого состояния соединительной муфты и их деталей (пальцев, сухариков и др.).

## **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

5. Тема и цель лабораторной работы.
6. Таблицы 1,2.
7. Необходимые рисунки.
8. Выводы о проделанной работе.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

11. Как выполняется подготовка электрических машин к монтажу ?
12. Назовите основные требования монтажу полноборных машин ?
13. Перечислите инструменты, используемые подготовке фундаментных оснований.
14. Какие виды фундаментных оснований существуют?
15. Как определяется масса бетонного фундамента под электродвигатель ?
16. Как проверяется смонтированный и установленный электродвигатель на фундаментное основание?.

### **Литература**

6. Баран А.Н. и др. Технология электромонтажных работ. Лабораторный практикум.- Мн.: Дизайн ПРО, 2000.
7. Дайнеко В.А. Технология ремонта и обслуживания электрооборудования. – Мн.: РИПО, 2018.-379 с.
8. Павлович С.Н. , Фираго Б.И. Ремонт и обслуживание электрооборудования.- Мн.: В.ш. ,2009. 245 с.
9. Правила устройств электроустановок.- ЗАО «Ксения», 2001
10. Луковников А.В. и др. Охрана труда: учебник для вузов 6-е изд. перераб. и дополн.-М.: Агропромиздат, 1991.-319 с.: ил.
11. Ганелин А. М. Справочник сельского электрика (в вопросах и ответах).М.: Агропромиздат, 1988. -304с.: ил.

Составил мастер ПО

В.А. Блинцов


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

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии

электротехнических дисциплин

Протокол № 10 от 28 августа 2025 г.

Председатель комиссии

  
М.В. Азарушкина

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

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

## **Практическая работа №33**

**Тема. Центровка валов и измерение сопротивления изоляции обмоток электродвигателей**

**Цель:** изучить правила центровки валов и измерение сопротивления изоляции обмоток электродвигателей

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** стенд-макет с установленным электродвигателем, набор слесарного инструмента, электромонтажный инструмент, измерительные приборы – мультиметр, мегомметр, методические рекомендации, учебная литература.

**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. 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 центровке валов
- 2.2. Записать краткие теоретические сведения об непосредственном соединении при помощи муфты.
- 2.3. Записать краткие теоретические сведения об соединении клиноременной передачей.
- 2.4. Записать краткие теоретические сведения об цепной передаче.
- 2.5. Показать выполненную работу.
- 2.6. Сдать инструмент, крепёжные изделия и установочные материалы.
- 2.7. Убрать рабочее место.
11. Оформить отчёт.

### 3. Методические указания.

#### Центровка валов электродвигателей и рабочих машин

##### 1. Непосредственное соединение при помощи муфты

Центровка валов электродвигателей и соединенных с ним рабочих машин непосредственно влияет на техническое состояние как электродвигателей, так и самих машин. Параллельное смещение осей валов электродвигателей и рабочих машин вызывает деформацию упругих элементов соединительных муфт, пульсацию передаваемых моментов, а также радиальные усилия, передаваемые на подшипники. Угловое смещение осей валов вызывает значительно меньшие пульсации скорости валов, чем их параллельное смещение. Как и параллельное, угловое смещение наиболее опасно при жестком соединении валов. Неправильная центровка валов электродвигателей и рабочих машин в некоторых случаях приводит к возникновению пульсаций токов и моментов. Центровка электродвигателя относительно вала вращаемой им машины является одной из наиболее ответственных и трудоемких операций при монтаже.

Чтобы обеспечить нормальную работу центрируемых валов и правильное распределение нагрузок между подшипниками при непосредственном соединении электродвигателя с рабочей машиной (при помощи муфты), валы соединяемых машин должны быть установлены в такое положение, при котором торцевые поверхности полумуфт в горизонтальной и вертикальной плоскостях будут параллельны, а оси валов будут располагаться на одной линии. Практически бывает трудно добиться строгой параллельности плоскостей полумуфт, поэтому валы приходится соединять при некоторой несоосности их. Величина несоосности зависит от типа применяемых полумуфт. При правильном (соосном) соединении электродвигателя и механизма они работают спокойно, без вибрации.

Путем перемещения двигателя на небольшие расстояния в горизонтальной и вертикальной плоскостях добиваются такого взаимного положения валов двигателя и рабочей машины, при котором величины зазоров между полумуфтами будут равны. Центровка производится в два приема: предварительная и окончательная. При предварительной центровке стальную линейку или стальной угольник прикладывают к образующим обеих полумуфт и проверяют, есть ли зазор между ребром линейки и полумуфтами.

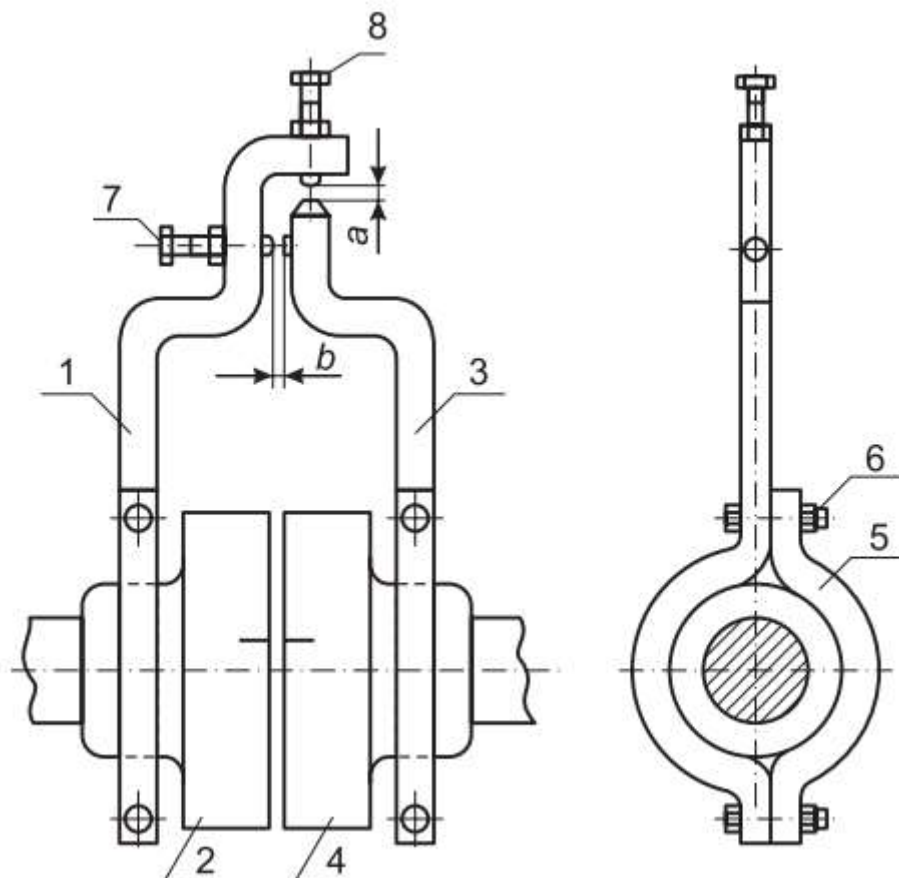


Рис. 1. Центровочные скобы: 1 — наружная скоба; 2 — полумуфта; 3 — внутренняя скоба; 4 — электродвигатель; 5 — хомут; 6, 7, 8 — болты

Такую проверку выполняют в четырех местах: вверху, внизу и в двух боковых направлениях. Если зазор есть, то под лапы электродвигателя подкладывают прокладки толщиной 0,5—0,8 мм. При этом число тонких прокладок не должно превышать 3—4 штук, так как при большем числе прокладок может нарушиться центровка. Если по условиям центровки прокладок оказывается больше, то их необходимо заменить общей прокладкой большей толщины.

Окончательную центровку проводят при помощи одной пары центровочных скоб (рис. 1). Наружная скоба 1 закрепляется на полумуфте 2 рабочей машины, а внутренняя скоба 3 — на полумуфте электродвигателя 4.

Скобы крепятся на полумуфтах при помощи хомутов 5 и болтов 6. В процессе центровки измеряют радиальные  $a$  и осевые  $b$  зазоры при помощи щупов, индикаторов или микрометров. При этом индикатор или микрометрическую головку устанавливают на место болтов 7 и 8.

Существуют и другие типы скоб для центровки электродвигателя с механизмом; некоторые из них изображены на рис. 2 и 3.

Центровочные скобы устанавливают друг против друга при совпадении маркировочных пометок (рисок) на полумуфтах, поставленных во время спаренной обработки полумуфт на станке или нанесенных перед рассоединением их в начале ремонта. Пометки лучше всего ставить зубилом.

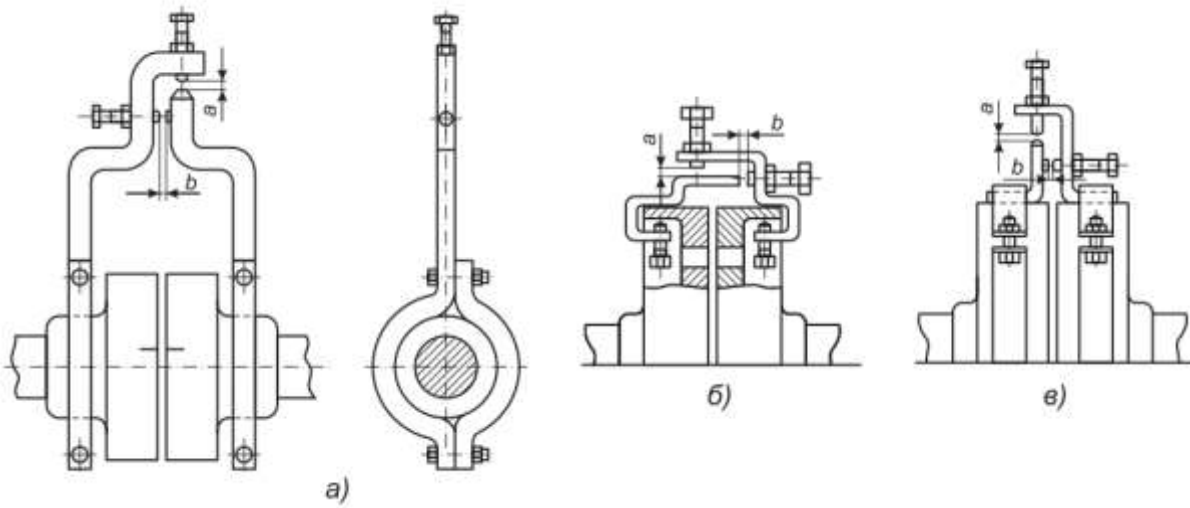


Рис. 2. Скобы для центровки полумуфт: *a* — центровочные скобы; *б* — центровочные приспособления; *в* — центровочные приспособления с хомутами

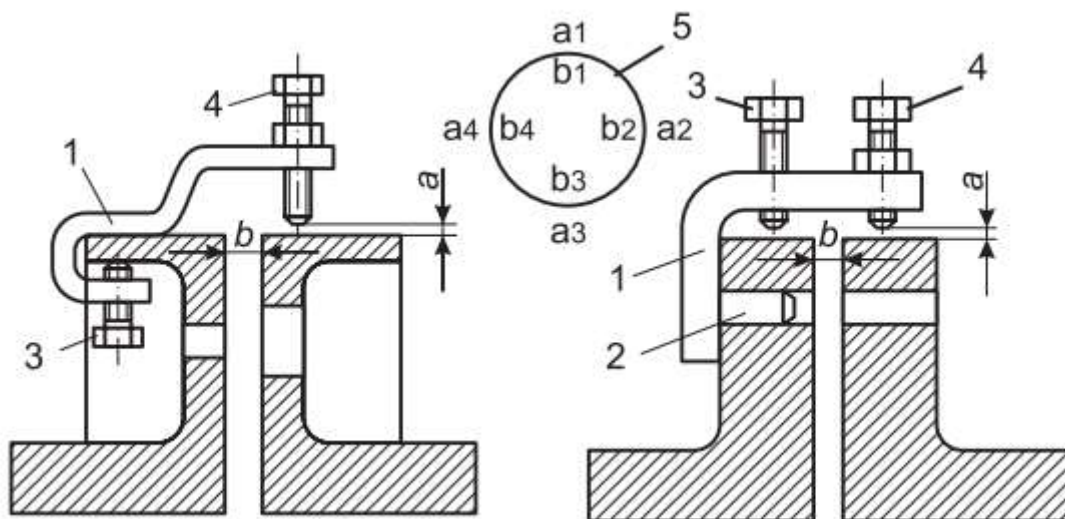


Рис. 3. Скобы для центровки электродвигателя с механизмом: *1* — скоба; *2* — палец; *3* — прижимной или стопорный болт; *4* — болт для замера зазора; *5* — рекомендуемая форма записи значений зазоров

Посредством винтов устанавливают зазоры по окружности и торцу в пределах 1—2 мм, проверяя отсутствие задевания скоб друг за друга при одновременном проворачивании обеих валов на  $360^\circ$  в направлении вращения электродвигателя. Для измерения зазоров по окружности и торцу оба вала одновременно поворачивают от исходного верхнего положения на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  и  $270^\circ$ . При каждом из этих положений пластинки щупа должны входить с легким усилием, одинаковым во всех замерах.

При помощи щупа измеряют радиальный зазор *a* между болтом скобы и полумуфтой и аксиальный зазор *b* между торцами полумуфт (рис. 3).

Затем поворачивают оба ротора относительно первоначального положения на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  и  $270^\circ$  и в каждом из этих положений замеряют зазоры *a* и *b*. Значения радиальных за-

зоров записывают вне окружности, аксиальных — внутри окружности, как указано на рис. 3.

Если при проворачивании валов радиальные зазоры  $a$  остаются неизменными, а аксиальные зазоры  $b$  меняются, то значит, что центры валов совпадают, но оси валов расположены одна к другой под некоторым углом (рис. 4а).

При параллельности валов двигателя и рабочей машины и наличии между ними сдвига (рис. 4б) аксиальные зазоры  $b$  при проворачивании валов остаются неизменными, а радиальные зазоры  $a$  изменяются.

Наконец, при сдвиге центров валов и расположении осей валов под углом (рис. 4в) будут меняться величины как аксиальных зазоров  $b$ , так и радиальных зазоров  $a$ .

В заключение валы устанавливают в первоначальное положение (скоба вверх) и вновь измеряют зазор  $a$ , который должен совпасть с тем же зазором, измеренным в начале проверки.

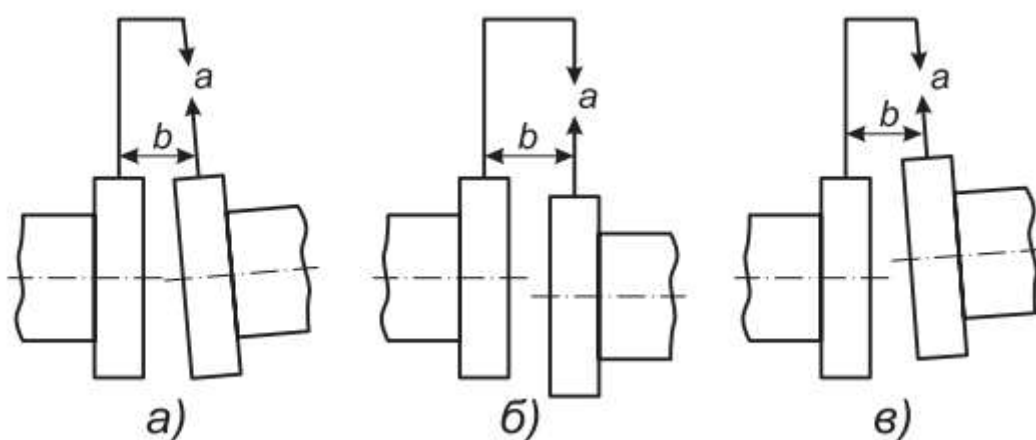


Рис. 4. Центровка валов при помощи одной пары скоб: а — центры валов совпадают, но оси расположены под углом; б — валы параллельны, но между ними имеется сдвиг; в — центры валов сдвинуты, а их оси расположены под углом

Отличие в результатах замера зазоров в начале и в конце проверки более чем на 0,02 мм недопустимо и свидетельствует о недостаточно жестком креплении скобы или о смещении валов в осевом направлении. В этом случае скобу следует укрепить более надежно и замер зазоров повторить. Для исключения ошибок от осевого смещения валов при первом замере и после каждого проворачивания необходимо при помощи лома или другим способом подавать валы друг к другу до упора.

Точность центровки определяется сравнением зазоров замеренных в противоположных точках полумуфт. Разность значений этих зазоров ( $a1 - a3$ ;  $a2 - a4$ ;  $b1 - b3$ ;  $b2 - b4$ ) должна быть не более указанной в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Допустимая разность зазоров

Вид муфты	Допустимая разница в значениях зазоров, мм, при частоте вращения, об/мин
-----------	--

	<b>3000</b>	<b>1500</b>	<b>750</b>
Жесткая	0,02—0,04	0,03—0,07	—
Полужесткая или с полужесткими пальцами	0,03—0,06	0,06—0,10	0,10—0,15
Пружинная	0,05—0,08	0,08—0,12	—
Зубчатая	0,06—0,10	0,10—0,14	—

*Примечание.* Меньшая разница в значениях зазоров относится к аксиальным зазорам, а большая — к радиальным.

Расцентровка в горизонтальной плоскости (большая разница в зазорах  $a_2$  и  $a_4$ ;  $b_2$  и  $b_4$ ) устраняется перемещением по горизонтали корпуса электродвигателя. Расцентровка в вертикальной плоскости (большая разница в зазорах  $a_1 - a_3$ ;  $b_1 - b_3$ ) устраняется путем изменения толщины подкладок под лапами электродвигателя. Для точной центровки применяется стальная фольга. Количество прокладок должно быть минимальным, так как при большом числе прокладок центровка со временем может нарушиться. Несколько тонких подкладок заменяйте на одну более толстую. Несколько более толстых — на одну еще более толстую. Обязательное условие центровки — после каждого изменения толщины подкладок производите полную затяжку крепежных болтов электродвигателя. Неполная или некачественная затяжка болтов, крепящих двигатель к фундаменту или к монтажной раме, дает неправильную картину изменения зазоров в процессе регулировки.

Хаотичная регулировка зазоров требует очень много времени и сил. Для более быстрого процесса регулировки необходима определенная последовательность в операциях по устранению зазоров.

Первое, что нужно сделать — установить валы параллельно в вертикальной плоскости (соблюдается равенство зазоров  $b_1 = b_3$ ), подкладывая подкладки под передние лапы электродвигателя или удаляя их из-под задних лап. Когда равенство зазоров  $b_1$  и  $b_3$  установлено, проверяете вертикальное смещение валов электродвигателя и приводного механизма (разность зазоров  $a_1 - a_3$ ). Если  $a_1$  больше  $a_3$ , вал электродвигателя расположен ниже вала приводного механизма, если же  $a_1$  меньше  $a_3$  — электродвигатель поднят выше нормы. Разность зазоров  $a_1 - a_3$  дает толщину подкладки, которую необходимо подложить под передние и задние лапы электродвигателя или, наоборот, удалить (толщину подкладок замеряйте микрометром). Затем снова проверьте допустимую разницу зазоров  $a_1 - a_3$  и  $b_1 - b_3$ .

Если она находится в пределах нормы, приступайте к регулировке в горизонтальной плоскости. Регулировка производится смещением корпуса двигателя вправо или влево. В заключение еще раз проверьте точность центровки, сравнивая разность значений зазоров ( $a_1 - a_3$ ;  $a_2 - a_4$ ;  $b_1 - b_3$ ;  $b_2 - b_4$ ).

## **2. Соединение клиноременной передачей**

В механических приводах ременные передачи могут служить как для увеличения вращающего момента на приводном валу, так и для увеличения скорости вращения. Клиновидные ремни имеют лучшее сцепление со шкивом и относительно малое скольжение по сравнению с плоскими ремнями; благодаря этому можно осуществлять передачи с большим (до 10) передаточным числом.

При выборе минимального межосевого расстояния принимают

$$A_{\min} = 0,55 (D_1 + D_2) + h,$$

где:

$h$  — толщина ремня;

$D_1$  и  $D_2$  — диаметры меньшего и большего шкивов, мм.

Угол охвата меньшего шкива

$$\alpha = 180 - 60 \frac{D_1 - D_2}{A}.$$

Угол  $\alpha$  должен быть не менее  $120^\circ$ , а при огибании трех шкивов  $\alpha \geq 70^\circ$ .

Наибольшее межосевое расстояние

$$A_{\max} = 2 (D_1 - D_2).$$

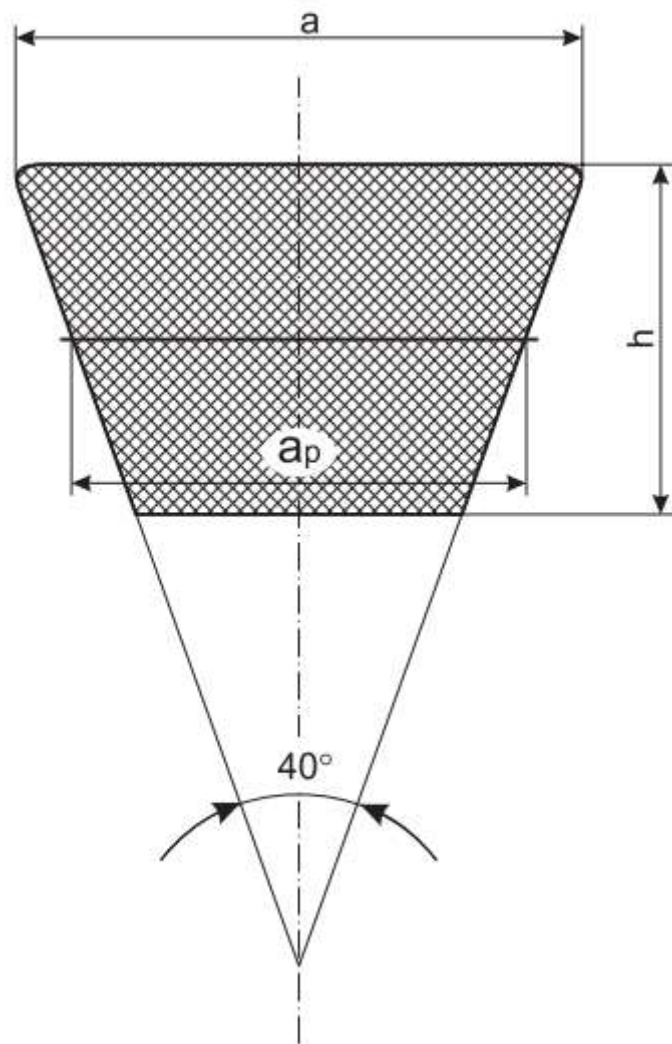


Рис. 5. Клиновидный ремень

Так как клиновидные ремни имеют стандартную длину, то окончательно межцентровое расстояние после подбора ремня должно быть уточнено по формуле

$$A = \frac{2L_0 - \pi(D_1 + D_2) + \sqrt{[2L_0 - \pi(D_1 + D_2)]^2 - 8(D_2 - D_1)^2}}{8},$$

где:

$L_0$  — длина ремня, измеряемая по нейтральному слою.

Размеры сечений клиновидных ремней приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Клиновидные ремни

Показатели	Тип клиновидных ремней						
	О	А	Б	В	Г	Д	Е
а, мм	10	13	17	22	32	38	50
h, мм	6	8	10,5	13,5	19	23,5	30
а <sub>р</sub> , мм (нейтральный слой)	8,5	11	14	19	27	32	42
Сечение	47	81	138	230	476	692	1170
Номинальная длина внутренняя $L_0$ , мм	500— 1600	500— 1600	630— 1600	—	—	—	—
Разность между расчетной и внутренней длиной ремня $L - L_0$ , мм	25	33	40	55	76	95	120

Таблица 2.2. Рекомендуемые сечения клиновидных ремней

Передаваемая мощность, кВт	Сечение ремня при окружной скорости, м/с		
	до 5	5—10	свыше 10
До 1	О, А	О, А	О
1—2	О, А, Б	О, А	О, А
2—4	Б, В	О, А, Б	О, А
4—7,5	В	А, Б	А, Б
7,5—15	—	Б, В	Б, В
15—30	—	В, Г	В, Г
30—60	—	Г, Д	В, Г
60—120	—	Д	Г, Д
120—200	—	Д, Е	Г, Д
Свыше 200	—	—	Д, Е

### 3. Цепные передачи

Цепная передача состоит из двух цепных колес (звездочек), укрепленных на параллельных валах и соединенных между собой цепью. Приводные цепи по

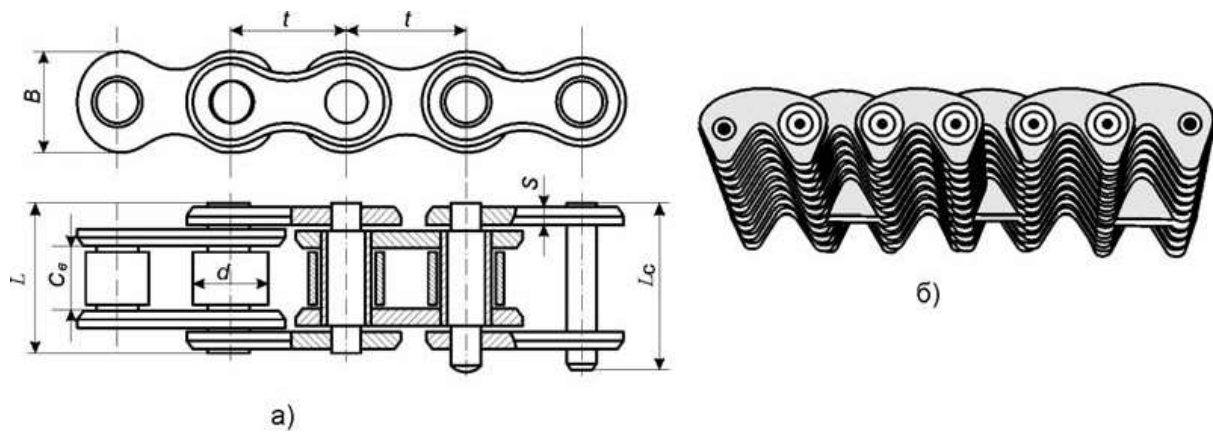


Рис. 6. Приводные пластинчатые цепи: а — роликовые; б — зубчатые

конструкции бывают пластинчатыми роликовыми (рис. 6а), пластинчатыми зубчатыми (рис. 6б) и др. Цепи подбирают по окружному усилию.

Цепные передачи имеют ряд преимуществ:

- возможность обеспечения значительных передаточных чисел;
- возможность передачи мощности между валами, расположенными друг от друга на расстоянии до 8 м;
- меньшая нагрузка на валы по сравнению с ременной передачей;
- простота укорачивания цепи при ее вытяжке;
- возможность создания быстроходных приводов (рекомендуемая  $v = 12—15$  м/с);
- возможность передачи мощности нескольким валам одним цепным контуром;
- распределение усилий на большее число зубьев, чем в зубчатой передаче;
- достаточно высокий коэффициент полезного действия (0,96—0,98) и др. Разрывное усилие в цепи,  $H$ ,

$$F = \frac{1000P}{v},$$

где:

$P$  — расчетная мощность, кВт;

$v$  — окружная скорость, м/с.

Предельная частота вращения (об/мин) меньшей звездочки применительно к соответствующим втулочно-роликовым цепям

$$n_{\text{мк}} = \frac{44100}{I} \sqrt{\frac{dC_e}{qtZ}},$$

где:

$d$  — диаметр ролика, мм;

$C_v$  — расстояние между внутренними пластинами цепи, мм;

$q$  — масса 1 м цепи, кг;

$t$  — шаг цепи, мм;

$Z$  — число зубьев меньшей звездочки.

В соответствии с  $n_{\max}$  — максимально допустимая окружная скорость (м/с) меньшей звездочки для втулочно-роликовой цепи

$$v_{\max} \leq 0,73 \sqrt{Z \frac{d C_e}{q t}}$$

Шаг втулочно-роликовой цепи (мм)

$$t \leq \frac{4760}{\sqrt[3]{n^2 Z}}$$

Минимальное число зубцов для звездочек втулочно-роликовой цепи можно рекомендовать  $Z_{\min} = 7$ . Однако это число зубцов можно использовать только для маломощных и тихоходных передач. Для подавляющего большинства передач число зубцов звездочек надо принимать не меньше, чем приведено далее.

Шаг цепи $t$ , мм	19,52	12,7	15,87	19,05	25,4	31,7	38,1	41,27	44,4	50,8
Число зубцов $Z$	11	11	13	13	15	15	17	17	19	19

Число зубцов звездочек для втулочно-роликовых цепей удобно выбирать в зависимости от передаточного числа  $i$ :

Передаточное число $i$	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6
Число зубцов $Z$	31—27	27—25	25—23	23—21	21—17

Необходимым условием правильной работы электродвигателя и машины, соединенных клиноременной и цепной передачей, является соблюдение параллельности их валов, а также совпадение средних линий ручьев шкивов и звездочек, так как иначе ремни и цепи будут быстро изнашиваться. Выверку ведут с помощью стальной линейки. Линейку прикладывают к торцам шкивов или звездочек и подгоняют электродвигатель или механизм с таким расчетом, чтобы она касалась обоих шкивов или звездочек в четырех точках (рис. 7). Когда нет выверочной линейки достаточной длины, можно выверять валы при помощи тонкого шнура, натягиваемого от одного шкива или звездочки к другому (рис. 8). Если шкивы лежат на одной прямой, то натянутый шнур должен коснуться одновременно обоих шкивов в точках 1, 2, 3 и 4.

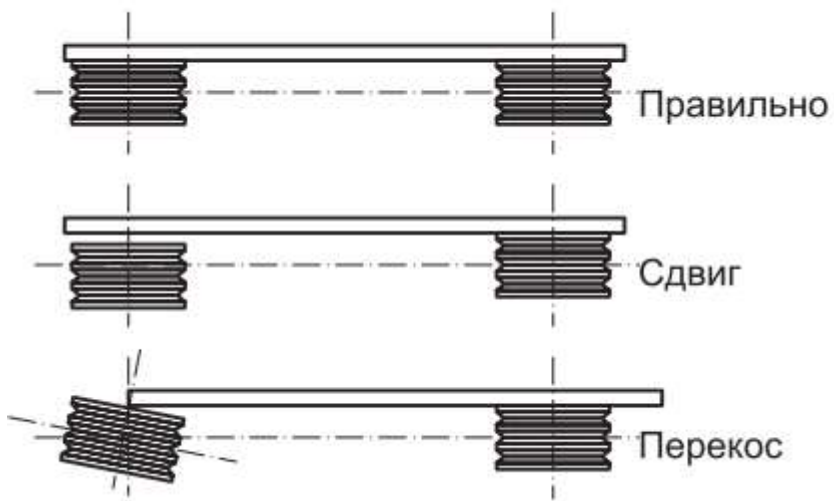


Рис. 7. Выверка валов при клиноременной передаче

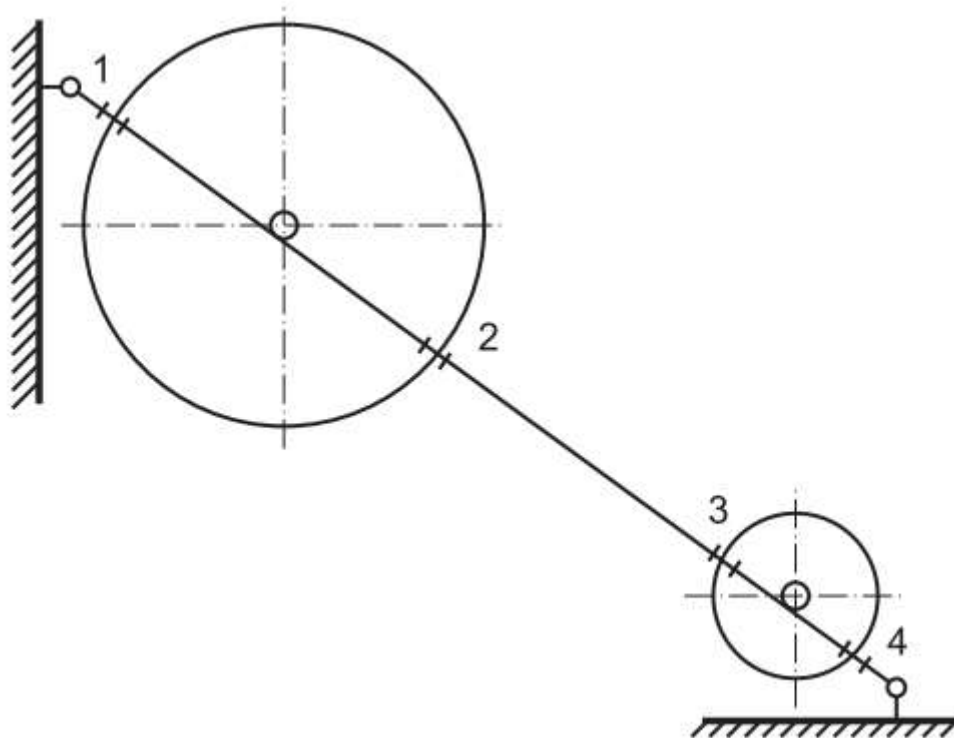


Рис. 8. Выверка валов при клиноременной передаче с помощью шнура

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Тема и цель работы.
2. Зарисовать и записать виды и устройство цепной передачи.

3. Зарисовать центровку валов при помощи одной пары скоб.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Составить отчет о проделанной работе.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

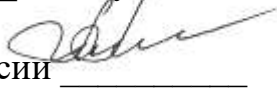
1. Назовите назначение цепной передачи.
2. Назовите виды центровки валов.
3. Назовите назначение клиноременной передачи.
4. Как измеряется сопротивление изоляции обмоток эл. двигателя
5. При помощи какого прибора измеряется сопротивление изоляции обмоток эл. двигателя.
6. Марки обмоточного провода применяемые в эл. двигателях..
7. Поясните центровку валов при помощи скоб.

### **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

**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 № 34**

**Тема. Проверка и испытание двигателей при вводе в эксплуатацию**

**Цель:** Сформировать умения при проведении испытаний электродвигателя при вводе в эксплуатацию.

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** Электродвигателя, мультиметр, шкурка шлифовальная, набор ключей, пинцет, ветошь обтирочная, омметр Ф410, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, надфиль плоский, мегомметр, автоматические выключатели, соединительные провода, методические рекомендации, учебная литература.

**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. Внеаудиторная подготовка**

- 1.1 Самостоятельно подготовиться к работе, повторив материал по конспекту или [14] с130-158
- 1.2 Подготовить титульный лист отчета и разделы основной части, включающие перечень приборов и оборудования, схему цепи, таблицы.
- 1.3 Изучить инструкцию по технике безопасности при выполнении работы.

### **2. Работа в лаборатории**

- 2.1 Пройдите входной контроль.
- 2.2 Ознакомьтесь с методическими указаниями по выполнению лабораторной работы.
- 2.3 Подготовьте рабочее место к выполнению работы.
- 2.4 Выполните задание лабораторной работы.
- 2.5 Уберите рабочее место.
- 2.6 Ответьте на контрольные вопросы.
- 2.7 Оформите и сдайте отчет.

### **Входной контроль знаний.**

1. Какие Вы знаете серии электродвигателей?
2. Что входит в объем ТО электродвигателей?
3. Какой проверке подвергается электродвигатель перед вводом в эксплуатацию?

4. Последовательность измерения сопротивления изоляции электродвигателей?

### **3. Методические указания**

#### **3.1. Теоретические сведения.**

При приёмке смонтированной электрической машины в эксплуатацию её необходимо тщательно осмотреть. Сама машина, её пускозащитная аппаратура и вспомогательное оборудование должны быть доступными для осмотра и ремонта и соответствовать условиям эксплуатации. На электродвигателях и приводимых механизмах нужно стрелками указать направление вращения. Аппаратуру управления следует по возможности располагать ближе к электрическим машинам в местах, удобных для обслуживания и ремонта. Если аппаратура управления находится вне видимости электропривода, то нужно установить необходимую кнопочную станцию непосредственно у электродвигателя и обеспечить сигнализацию о предстоящем пуске механизма.

Для контроля напряжения на щитах должны быть установлены вольтметры или сигнальные лампы, а для наблюдения режима работы электрических машин – амперметры.

Перед вводом в эксплуатацию асинхронных двигателей необходимо сделать следующее:

Согласно ПУЭ и в соответствии с ГОСТ 183-74 и 11667-85 электрические машины после их монтажа или капитального ремонта подвергаются приёмосдаточным испытаниям, при этом производят:

- внешний осмотр;
- проверку схемы соединения обмоток;
- измерение сопротивления обмоток постоянному току;
- измерение сопротивления изоляции;
- испытание электрической прочности изоляции обмоток повышенным напряжением промышленной частоты;
- пробный пуск электродвигателя;
- проверку работы электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой. После окончания всех пусконаладочных работ составляют протокол испытаний и дают заключение о пригодности электродвигателя для длительной эксплуатации.

#### **При внешнем осмотре проверяют:**

- соответствие паспортных данных электродвигателя проекту и механизму;
- наличие всех деталей;
- отсутствие механических повреждений корпуса, выводной коробки, устройств охлаждения;
- отсутствие повреждения подводящих проводов (обрывов, изломов, нарушение изоляции и тд);
- отсутствие каких-либо заеданий, царапин ударов и тп; при вращении вала от руки;
- наличие заземляющей проводки от электродвигателя до места присоединения к общей сети заземления;
- правильность внутренних соединений обмоток (звезда или треугольник).

### 3.2. Методика выполнения работы.

#### 1. Провести внешний осмотр электродвигателя:

А) Проверить соответствие паспортных данных электродвигателя рабочей машине.  
Записать паспортные данные электродвигателя \_\_\_\_\_;

Б) Выявить наличие механических повреждений корпуса и деталей:

- повреждения шпоночной канавки на валу двигателя \_\_\_\_\_;
- трещины подшипниковых щитов \_\_\_\_\_;
- трещины корпуса статора \_\_\_\_\_;
- повреждения кожуха вентилятора \_\_\_\_\_;
- повреждения вентилятора \_\_\_\_\_;
- наличие рым-болта \_\_\_\_\_;
- повреждения коробки выводов \_\_\_\_\_;
- наличие штуцеров в коробке выводов \_\_\_\_\_;
- внешнее состояние изоляции питающих проводов \_\_\_\_\_;
- способ соединения рабочей машины и двигателя ( ременная передача; цепная передача; редуктор; муфта) \_\_\_\_\_;
- проверить свободу вращения вала от руки и при необходимости отрегулировать;

#### ***Для регулировки свободы вращения вала необходимо:***

- *ослабить болты крепления переднего подшипникового щита;*
- *сдвинуть щит с расточки;*
- *при постоянном вращении вала от руки равномерно зажимать болты крепящие подшипниковый щит;*
- снять крышку коробки выводов и проверить состояние клеммной коробки \_\_\_\_\_;
- проверить схему соединения обмоток двигателя ( обмотки соединены в «звезду» внутри двигателя; обмотки соединены в «звезду» в коробке выводов; обмотки не соединены; выводные концы обмоток не маркированы;) \_\_\_\_\_;

#### ***Если выводные концы обмоток не маркированы:***

- *с помощью контрольной лампы или омметра определить принадлежность выводных концов к фазным обмоткам ( контрольная лампа загорится, а омметр покажет сопротивление несколько Ом, если выводные концы принадлежат одной обмотке); предварительно обозначить условно выводные концы I – I; II – II; III – III; (рисунок .1).*

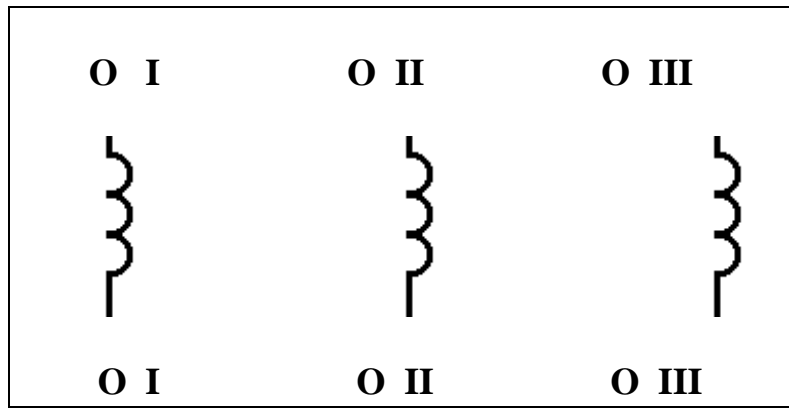


Рисунок 1 Пример предварительного условного обозначения выводных концов обмоток электродвигателя.

Определить начала и концы каждой обмотки индукционным методом для чего:

- Соединить последовательно две обмотки, т.е. соединить между собой два вывода разных фаз, как показано на рисунке .2 и рисунок.3 (I – I; и II – II;).
- К выводам третьей обмотки (III – III;) подключить вольтметр или лампочку.
- На выводы двух последовательно соединённых обмоток т.е. на два оставшихся зажима (I – II) подать переменное напряжение  $U = 22 \text{ В}$ , на время 2-3 сек., см. рисунок .2 .

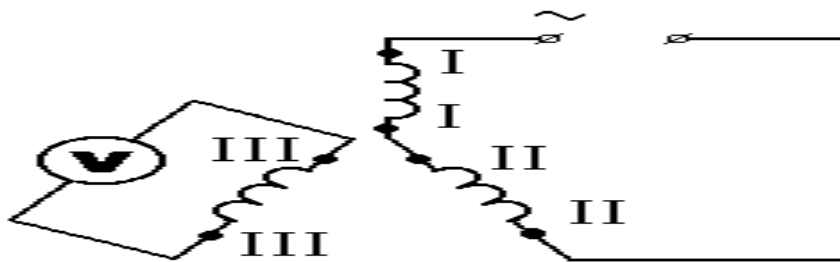


Рисунок 2 Схема соединения обмоток при определении начал и концов выводов обмоток двигателя

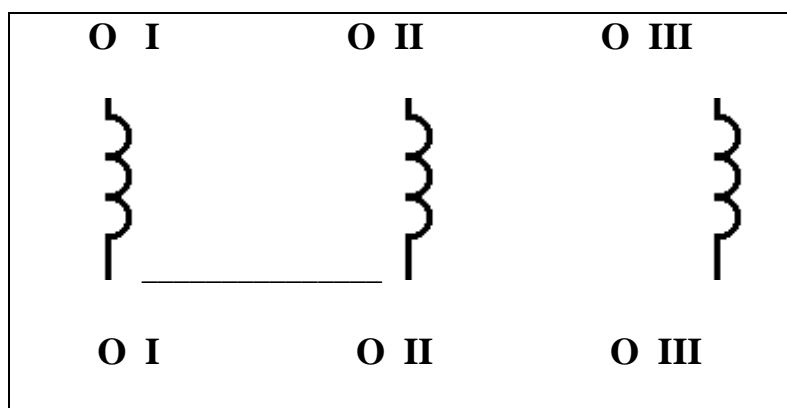


Рисунок 3 Схема соединения обмоток при определении начал и концов выводов обмоток двигателя

Если V- метр укажет наличие на обмотке III – III напряжения или лампочка загорится, то обмотки соединены разноименными выводами и их можно окончательно обозначить C1 – C4 (I – I;) и C2 – C5 (II – II); см. рисунок .4.

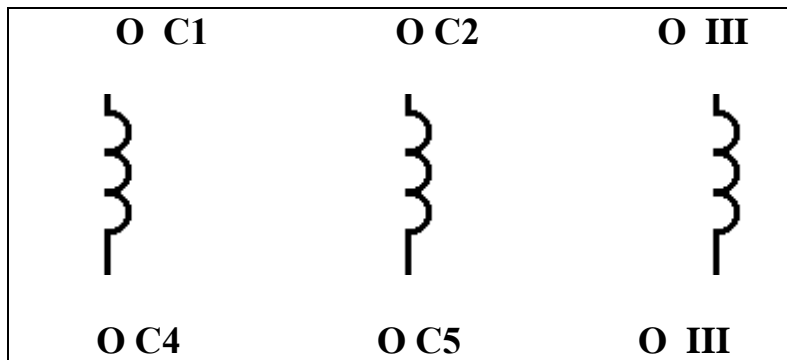


Рисунок 4 Схема обозначения выявленных начал и концов обмоток двигателя

Для определения начала и конца третьей обмотки следует пересоединить обмотку с известными выводами с обмоткой с неизвестными выводами и произвести аналогичные вышеуказанным действия, после чего обозначить третью обмотку C3 – C6.

## 2.Измерить сопротивление изоляции обмоток относительно одна другой и относительно корпуса (Рисунок 5).

В случае, если фазы обмотки статора соединены в “звезду” и не имеют вывода нулевой точки, то измерение сопротивления изоляции производится между одним из выводов обмотки и корпусом.

Сопротивление изоляции измеряют мегомметром на 1000В. за действительное значение сопротивления изоляции принимают то его значение, которое показывает мегомметр по истечении 60 секунд приложения напряжения мегомметра к изоляции. Результаты измерений занести в таблицу 9.1.

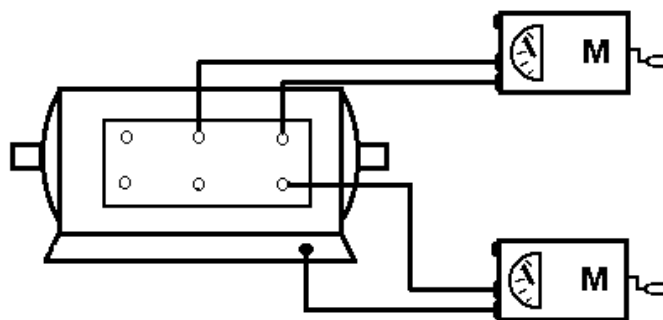


Рисунок 5 Измерение сопротивления изоляции обмоток

Таблица 1 Результаты измерения сопротивления обмоток

Обмотки	Минимальное $R_{из.}$ , МОм	Измеренное $R_{из.}$ , МОм
C <sub>1</sub> – Корпус		
C <sub>2</sub> – Корпус		
C <sub>3</sub> – Корпус		
C <sub>1</sub> – C <sub>2</sub>		
C <sub>2</sub> – C <sub>3</sub>		
C <sub>1</sub> – C <sub>3</sub>		
(или C <sub>1</sub> - Корпус)		

3. Произвести испытания электрической прочности изоляции относительно корпуса и относительно одна другой. Величина испытательного напряжения составляет  $U_{п}=2U_{н}+ 1000В$ .

3.1. Установить электродвигатель в испытательную камеру.

3.2. К обмотке электродвигателя подсоединить высоковольтный провод вывода стенда 8830. Корпус электродвигателя заземлить.

3.3. Плотно закрыть дверь испытательной камеры. При этом сработает блокировка дверей, что подготовит испытательную схему к работе.

3.4. Включить автомат НН.

3.5. Включить автомат ВН.

3.6. Кнопкой «Испытание» включить стенд. При этом загорится табло «Осторожно высокое напряжение». Испытание начинается с 1/3 величины испытательного напряжения. Затем поднимается до испытательного. Через 1 минуту напряжение снизится до величины 1/3 испытательного и стенд отключится. Загорится сигнальная лампа «**Норма**».

3.7. Если в процессе испытания произойдёт пробой изоляции обмотки, стенд отключится и загорится сигнальная лампа «**Пробой**».

Если обмотки двигателя не соединены в «звезду» испытания провести для каждой обмотки. По результатам испытаний сделать вывод о пригодности изоляции.

4. Провести измерения сопротивления обмоток постоянному току в холодном состоянии. Измерение провести с помощью омметра. Выводные концы прибора подключаются к началу и концу каждой обмотки (Рисунок 6).

В случае, если фазы обмотки статора соединены в «звезду» и не имеют вывода нулевой точки, то измерение сопротивления производится между каждыми двумя выводами (C1 – C2; C1 – C3; C2 – C3). Результат измерения даёт сумму сопротивлений двух фаз. Результаты измерений занести в таблицу 2.

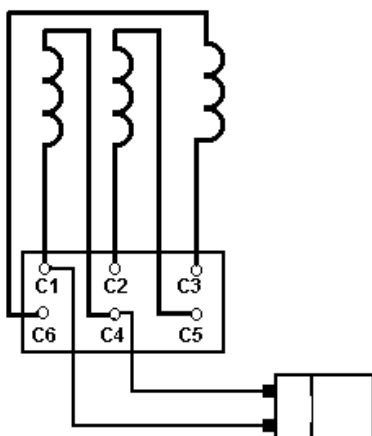


Рисунок 6 Измерение сопротивления обмоток постоянному току в холодном состоянии омметром

Таблица 2 Результаты измерения сопротивления обмоток

Обмотка	Паспортные значения сопротивления, Ом	Измеренное сопротивление, Ом
C <sub>1</sub> – C <sub>4</sub> ( или C1-C2)		
C <sub>2</sub> – C <sub>5</sub> ( или C1-C3)		
C <sub>3</sub> – C <sub>6</sub> ( или C2-C3)		

Сопротивление обмоток отдельных фаз трёхфазных электромашин не должно отличаться друг от друга более чем на 2%.

#### **5. Произвести пробный пуск двигателя.**

-- подключить двигатель к выводам L1; L2; L3; N на боковой панели испытательного стенда 8830.

-- установить переключатель тока в положение 5 А;

-- запустить на несколько секунд двигатель кнопкой «Обкатка» и проконтролировать величину тока холостого хода;

-- проверить направление вращения двигателя и наличие посторонних шумов;

#### **6. Сделать заключение о пригодности двигателя к эксплуатации \_\_\_\_\_;**

### **Содержание отчёта**

1. Титульный лист установленного образца.
2. Вычертить схемы испытаний и измерений.
3. Представить паспортные данные двигателя.
4. Представить результаты измерений и испытаний.
5. Сделать выводы о пригодности электродвигателя к эксплуатации.

#### **4. Контрольные вопросы.**

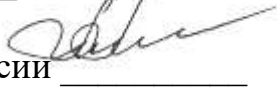
1. Назовите минимальное допустимое сопротивление изоляции для электродвигателей напряжением до 1000 В.
2. Вычертить схему соединения электродвигателя в звезду.
3. Вычертить схему соединения электродвигателя в треугольник.
4. Назвать объём работ выполняемых при вводе электродвигателя в эксплуатацию.
5. Объяснить индуктивный метод определения начало и концов обмоток электродвигателей.
6. Определите принадлежность выводных концов к фазным обмоткам.
7. Произведите измерение сопротивления обмоток постоянному току в холодном состоянии с помощью омметра.
8. Произведите измерение сопротивления изоляции обмоток мегаомметром.
9. Объяснить как изменить направление вращения двигателя.

#### **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. 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. – 395с.

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО ОБЛИСПОЛКОМА**  
**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 № 35**

**Тема.** Эксплуатация электродвигателя, техническое обслуживание и ремонт

**Цель:** Сформировать умения при техническом обслуживании электродвигателя.

**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.

## **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 Повторить устройство и назначение известных вам электрических машин.
- 1.2. Изучить правила техники безопасности при выполнении работы.
- 1.3. Изучить ход выполнения практических занятий. Зарисовать необходимые рисунки и начертить таблицы.

### **2. Работа в мастерской**

- 2.1 Получить допуск к работе у преподавателя, предоставить на проверку заготовку отчета.
- 2.2. Освоить порядок ремонта электрических машин. 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.
- 2.3. Описать порядок ремонта деталей и узлов электродвигателя.
  - порядок ремонта статора.

порядок ремонта ротора.  
сушка электрических машин.

- 2.4. Описать порядок сборки и испытания отремонтированных электродвигателей.  
порядок сборки короткозамкнутых асинхронных электродвигателей.  
испытания отремонтированных электродвигателей.
- 2.5. Провести техническое обслуживание и при необходимости ремонт короткозамкнутых трехфазных асинхронных электродвигателей. Выполнить все необходимые испытания (данные занести в таблицу–3.1).
- 2.6. Сделать вывод о техническом состоянии всех проверенных электрических машин.
6. Опробовать исправные машины в работе.
7. Оформить отчет.

### **3. Методические указания**

#### **3.1. Теоретические сведения.**

Условия работы электродвигателей в сельском хозяйстве характеризуются как тяжелые в результате воздействия на двигатели повышенной влажности, агрессивных газов животноводческих помещений, повышенной частоты возникновения технологических перегрузок, неполнофазных режимов, широкого диапазона колебаний питающего напряжения, резких перепадов температур, недостаточного уровня оснащения двигателей защитными устройствами и технического обслуживания.

С учетом результатов исследования условий эксплуатации двигателей в сельском хозяйстве рассмотрим наиболее характерные факторы, влияющие на надежность электродвигателей. Основные из них следующие: специфичность окружающей среды, продолжительность работы, характер загрузки по мощности и условия эксплуатации, широкий диапазон колебания напряжения, низкий уровень технического обслуживания.

**Специфичность окружающей среды обусловлена:** загазованностью стойловых животноводческих помещений аммиаком, углекислым газом, сероводородом; резкими перепадами температуры в течение суток и низкими зимой, повышенной влажностью при работе двигателей на открытом воздухе (навозоуборочные транспортеры, установки водоснабжения и др.); повышенной влажностью воздуха при работе двигателей в кормокухнях, в помещениях первичной обработки молока и др.; запыленностью в установках для обработки зерна и кормовых трав. Исследования показывают, что только в птичниках максимальная относительная влажность воздуха меньше 75%. Это допустимо для обычных электродвигателей общего назначения. В воздухе всех животноводческих помещений образуется повышенная концентрация аммиака, например, в свинарнике она в 10 раз выше санитарной нормы (20 мг/м<sup>3</sup>).

Резкие перепады температур, высокая влажность, агрессивная среда отрицательно сказываются на коррозионной стойкости двигателей и особенно на электрической прочности изоляции. Высокая запыленность окружающей среды ухудшает охлаждение двигателя, так как забиваются вентиляционные отверстия в кожухе и межреберные каналы корпуса. Особенно неблагоприятно сочетание запыленности с высокой влажностью.

**Продолжительность работы двигателей в течение года** определяется степенью их использования в условиях сельскохозяйственного производства и зависит от объе-

ма работы, технологии, числа работающих машин и их производительности, а также от уровня электромеханизации данного технологического процесса.

Опыт показывает, что свыше 35% электродвигателей от общего парка используются в течение года не более 600 ч и 33,5% - от 600 до 1000 ч. Использование электродвигателей по времени в течение суток по основным процессам животноводства (кормоприготовление, кормораздача, уборка навоза, доение) составляет 0,17, а с учетом водоснабжения и вентиляции - 0,25. Большинство электродвигателей работает в течение четвертой части суток с несколькими включениями за этот период.

**Характер загрузки по мощности** определяется режимом работы двигателя, который зависит от механизма, с которым он сочленен. Двигатели вентиляторов, калориферов, сушилок, транспортных средств, обработки зерна работают с постоянной нагрузкой. Двигатели мельниц, дробилок, измельчителей имеют резкопеременный характер нагрузки с систематическими и случайными перегрузками.

Для большинства сельскохозяйственных машин перегрузки обусловлены несоответствием параметров пускозащитной аппаратуры параметрам двигателя, недопустимыми колебаниями напряжения сельских сетей и низким уровнем технического обслуживания. Перегрузки возможны и за счет конструктивных недоработок установок, например, из-за отсутствия дозирующих устройств.

Возможность частых перегрузок приводит к тому, что установки комплектуются двигателями завышенной мощности. Например, на навозоуборочных транспортерах, работающих в неблагоприятных условиях пуска, особенно в зимний период при замерзании навоза, зачастую используются двигатели большей номинальной мощности, хотя с экономической точки зрения целесообразнее использовать двигатели с защитой от перегрузок при пуске или двигатели с повышенным пусковым моментом.

В некоторых случаях допускается перегрузка двигателей по мощности, она зависит от режима работы двигателя и температуры окружающей среды. Электродвигатели, работающие в кратковременном режиме или при пониженных температурах, имеют некоторый запас по времени нагрева изоляции и могут работать с перегрузкой по мощности на 20-30 %. Это относится к двигателям, работающим в зимнее время па открытом воздухе (пилорамы, соломосилосорезки, сортировки и т.д.), сочлененным с механизмами кратковременного режима работы.

Однако наблюдения показали, что в животноводстве электродвигатели, как правило, часто работают с недогрузкой. Это относится к приводам центробежных насосов, доильных установок типа "карусель", вакуум-насосов, кормораздатчиков и транспортеров для уборки навоза. У электродвигателей, работающих с недогрузкой, снижаются КПД и  $\cos \phi$ , что в итоге приводит к увеличению потерь энергии на объектах.

**Классификация условий эксплуатации.** С целью рациональной эксплуатации электродвигателей и повышения их эксплуатационной надежности во ВНИПТИЭМ разработана классификация условий их эксплуатации, учитывающая место установки электродвигателя, режим его работы, условия и частоту пусков, уровень вибрации и другие факторы, влияющие на надежность двигателя.

Условия эксплуатации электродвигателей подразделяются на легкие, нормальные, жесткие и особо жесткие (ОСТ 16.05.10.037-78). Легкие условия означают, что значение одного или нескольких факторов отклоняются от номинальных в сторону улучшения. При нормальных условиях эксплуатации все воздействующие факторы имеют значения, на которые двигатель спроектирован. При жестких условиях значение одного из воздействующих факторов превышает номинальное, оказывая значи-

тельное влияние на надежность двигателя. В особо жестких условиях эксплуатации значения двух или более факторов превышают номинальные.

Соответственно ГОСТ 183-74 на электрические вращающиеся машины предусматривается восемь номинальных режимов работы электродвигателей (S1-S8). Основные из них: продолжительный S1 кратковременный S2, повторно-кратковременный S3, перемежающийся S6. Дополнительные номинальные режимы: повторно-кратковременный с частым пуском S4, повторно-кратковременный с частыми пусками и электрическим торможением S5, перемежающийся с частыми реверсами S7, перемежающийся с изменением частоты вращения S8.

Наиболее характерные режимы работы электропривода в сельском хозяйстве - это кратковременный и продолжительный номинальный.

**Условия пусков** в зависимости от режима работы электродвигателей приняты следующие: для легких условий эксплуатации - 0,2 пуска в 1 час; нормальных - 5-10; жестких - более 10; особо жестких - значительно больше 10 пусков в 1 ч. По продолжительности пуска эта градация принимается: для легких пусков - менее 1 с; нормальных - 1-3 с; жестких - 3-10 с; особо жестких - более 10 с.

**Коэффициенты загрузки** приняты следующие: для легких условий эксплуатации - менее 1; нормальных - 1; жестких и особо жестких - более 1. По уровню вибрации условия эксплуатации принимаются: для легких и нормальных - менее 10 мм/с; для жестких и особо жестких более 10 мм/с.

**Условия окружающей среды** приняты следующие: легкие условия эксплуатации - закрытые помещения с искусственно регулируемым климатом; нормальные - закрытые помещения с естественной вентиляцией; жесткие - открытый воздух, навесы и помещения с повышенной влажностью.

Запыленность определена по данным исследований и классифицирована следующим образом: при содержании пыли менее 16 мг/м<sup>3</sup> - легкие условия; 16-60 мг/м<sup>3</sup> - нормальные; свыше 60 мг/м<sup>3</sup> - жесткие.

**Загазованность** определяется по двум показателям - техническим условиям на электродвигатели для сельскохозяйственного производства и по аммиаку. Для легких условий эксплуатации загазованность менее 0,03 г/м<sup>3</sup>; нормальных - 0,03 г/м<sup>3</sup> и жестких - более 0,03 г/м<sup>3</sup>. При сочетании влажности и аммиака создаются особо жесткие условия эксплуатации электродвигателей.

**Широкий диапазон колебаний питающего напряжения** в сельских сетях оказывает неблагоприятное воздействие при эксплуатации электродвигателей. Согласно правилам технической эксплуатации напряжение на зажимах электроприемников в каждом пункте сети при любом режиме ее нагрузки не должно отклоняться более чем на  $\pm 5\%$ . В случае изменения напряжения сети активная мощность на валу двигателя остается практически постоянной, изменяются лишь потери активной мощности двигателя. Величина мощности может быть положительной или отрицательной в зависимости от изменения напряжения, типа двигателя и коэффициента его загрузки.

**Низкий уровень технического обслуживания** также является неблагоприятным фактором. Он обусловлен недостаточной квалификацией обслуживающего персонала, территориальной разбросанностью объектов обслуживания, недостаточным оснащением запасными частями, неравномерностью загрузки электриков в связи с сезонностью работ, неблагоприятными климатическими условиями, ограничивающими своевременность обслуживания.

Кроме того, неблагоприятно сказывается на электродвигателе недостаток нормативных материалов по выбору, эксплуатации и ремонту двигателей в сельском хозяйстве.

Техническое обслуживание электрических машин, находящихся в эксплуатации, проводят на месте их установки, без демонтажа и разборки. Текущие ремонты можно проводить на месте их установки либо на пункте технического обслуживания, в мастерской и т.п. Типовые объемы работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту электрических машин и сроки их выполнения регламентированы системой ППРЭсх.

**Объем работ при техническом обслуживании и периодичность их проведения.** В процессе технического обслуживания электромонтеры ежедневно осматривают электродвигатели и устраняют мелкие неисправности, предварительно отключив двигатели от сети. При этом необходимо:

очистить корпус электродвигателя от пыли и грязи сжатым воздухом или обтирочным материалом и убедиться в том, что нет трещин в станине, подшипниковых щитах и фланцах;

проверить, как затянуты болты и гайки и надежно ли крепится электродвигатель к фундаменту или рабочей машине, подтянуть ослабленные болты и гайки;

проконтролировать плотность посадки шкива, полумуфты или звездочки, если нужно, укрепить их;

проверить, надежно ли заземлен корпус электродвигателя, разобрать ослабленные и окислившиеся контакты, зачистить их поверхности до металлического блеска, смазать техническим вазелином, собрать и затянуть, заменить заземляющий провод при обрыве;

снять крышку коробки выводов и проверить целостность изоляционного покрытия выводных концов обмоток электродвигателя и проводов, подводящих питание; укрепить ослабленные контакты, а окислившиеся и подгоревшие разобрать, зачистить их поверхности, собрать и изолировать;

удалить со щеточного механизма и контактных колец электродвигателя с фазным ротором пыль и грязь сухим обтирочным материалом или сжатым воздухом; осмотреть щеточный механизм, щетки, контактные кольца, пусковой реостат и соединительные провода;

выяснить, хорошо ли смазаны подшипники; если нужно, наполнить камеру смазочным материалом до  $2/3$  ее объема;

измерить сопротивление изоляции обмотки статора между фазами и фазами и корпусом (должно быть не менее  $0,5$  МОм), предварительно отключив электродвигатель от сети; в случае значительного снижения сопротивления подсушить обмотки любым рассмотренным способом; проверить, нет ли заедания в подшипниках и не задевает ли ротор о статор, поворачивая рукой ротор отключенного электродвигателя;

включить электродвигатель и убедиться в том, что нет посторонних шумов, характерных для неисправного двигателя или рабочей машины; проконтролировать степень нагрева корпуса и подшипниковых щитов.

Во время технических осмотров определяют состояние электродвигателей и объем подготовительных работ, необходимых при очередном ремонте. Осмотры проводят электромонтеры (квалификационная группа не ниже 3), как правило, в технологические перерывы работы машин. Периодичность осмотров электродвигателей устанавливают в зависимости от условий их эксплуатации и исполнения (табл.1).

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.

**Таблица 1 Периодичность осмотров электродвигателей при эксплуатации в различных условиях**

Категория помещения	Наименование помещения	Периодичность осмотров, мес
Сухое и влажное (относительная влажность до 75%)	Гараж, мастерская, котельная, склад и др.	3
Сырое (относительная влажность превышает 75%)	Кормокухня, кормоцех и др.	3
Особо сырое (относительная влажность превышает 98%)	Моечное и доильное отделения, теплица	1,5-3*
Особо сырое с химически активной средой (относительная влажность до 100% при температуре до 90 °С, содержание паров аммиака от 2 до 140 мг/мО)	Животноводческие, птицеводческие и другие помещения	1,5-3*
Пыльное (содержание технологической пыли в воздухе до 240 мг/м <sup>3</sup> )	Зернообрабатывающий ток, комбикормовый завод и др.	1,0-3*

\*В зависимости от типа двигателя.

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 ремон-

та. 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.

**Объем и сроки текущего ремонта электродвигателей.** 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).

Электрические машины ремонтируют электромонтеры ЭТС в основном на пункте технического обслуживания или в мастерских хозяйств.

Перед текущим ремонтом электродвигатель очищают от пыли и грязи, отсоединяют от питающих проводов, рабочей машины, заземляющей шины и пускового реостата (двигатель с фазным ротором), снимают с фундамента и доставляют в мастерскую. Здесь проводят дефектацию электродвигателя, разбирают его, очищают отдельные сборочные единицы, обмотки и ремонтируют их; пропитывают и сушат обмотки, если это необходимо; ремонтируют контактные кольца и щеточный механизм; проверяют подшипники и заменяют неисправные; ремонтируют или заменяют детали; собирают и испытывают электродвигатель.

В генераторах переменного тока с возбудителями и в машинах постоянного тока, рассчитанных на низкое напряжение и большую силу тока, кроме перечисленных операций протачивают и шлифуют коллектор, проверяют состояние полюсов и их обмоток и при необходимости ремонтируют вентилятор машины.

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**

Приемка электрических машин в ремонт.

внешний осмотр электрических машин.

анализ эксплуатационного журнала.

вынесение решения по приемке в ремонт.

составление ведомости дефектов.

отправка принятой электрической машины на склад для временного хранения.

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

3. Предремонтные работы.

дефектация без разборки.

измерение сопротивления изоляции обмоток электрической машины.

испытание электрической прочности изоляции электрической машины.

проверка целостности подшипников, величины осевого разбега ротора (якоря), степени прилегания щеток к коллектору и контактными кольцам, степени вибрации вращающихся частей машин.

заполнение дефектационной карты.

4. Разборка электрической машины.

5. Промывка, очистка деталей электрических машин.

6. Дефектация электрических машин после их разборки.

Периодичность текущих ремонтов электродвигателей серий 4А, Д, А02СХ в соответствии с ППРЭСх составляет 24 мес, за исключением электродвигателей, установленных на молочных вакуум-насосах и пастеризаторах в особо сырых помещениях, в которых влажность превышает 98%, в этом случае периодичность текущих ремонтов составляет 18 мес.

Периодичность текущих ремонтов электродвигателей А составляет 24 мес для сухих, влажных (влажность до 75%) и сырых помещений и 18 мес для пыльных и особо сырых помещений (влажность до 98 %), исключая электродвигатели зернодробилок, молотилок, прессов, измельчителей кормов, для которых периодичность 12 мес.

### **СПОСОБЫ СУШКИ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК**

При эксплуатации, транспортировании и хранении изоляционные конструкции электрических машин увлажняются и под воздействием окружающей среды. При попадании влаги ухудшаются диэлектрические характеристики и машина преждевременно может выйти из строя. Влажность обмоток электрических машин напряжением до 0,5 кВ контролируют по изменению сопротивления изоляции, которое измеряют мегомметром (0,50-1 кВ) между фазами и корпусом.

Согласно действующим стандартам, как указывалось ранее, сопротивление изоляции обмоток при температуре 75 °С должно быть не ниже значения, полученного из выражения (5.1).

Если температура обмотки отличается от 75 °С, то допускается пересчет сопротивления изоляции исходя из снижения его в два раза па каждые 20 °С повышения температуры. Для проверки состояния изоляции при ревизии с учетом температуры следует результаты измерения сравнить с данными, полученными при вводе в эксплуатацию высушенной машины.

Если перед пуском сопротивление изоляции обмоток окажется ниже нормального, то машину следует подсушить. Существует несколько способов сушки: конвективная (в сушильных шкафах), токовая, индукционная (потерями в стали статора) и др.

Выбор метода сушки зависит главным образом от местных условий, имеющихся возможностей и в некоторых случаях от степени увлажненности изоляции. Наиболее интенсивной сушкой сильно увлажненных обмоток является сушка током, при которой внутренние слои изоляции нагреваются сильнее наружных. Однако сушка током, пропускаемым по обмотке с сильно увлажненной изоляцией, может привести к вспучиванию последней, а сушка такой обмотки постоянным током может оказать и электролитическое действие. Поэтому в подобных случаях рекомендуется сушку производить другими методами, например, потерями в активной стали, методом внешнего нагревания и т.п. После предварительной подсушки этими методами можно применить сушку током.

Конвективная сушка производится в специальных шкафах. В качестве источника теплоты используют пар, электроэнергию или газ. Теплота передается от статора к обмотке, поэтому наружные ее слои высыхают быстрее, чем внутренние. Для более равномерного удаления влаги из изоляции температуру в сушильном шкафу следует повышать постепенно.

**Сушка током от постороннего источника.** Для сушки асинхронного двигателя трехфазным током нужно надежно затормозить ротор, а к статору подвести от источника 3-фазного тока напряжение не более 15-20% номинального. При этом сила тока в статоре достигает примерно номинального значения. При слишком быстром повышении температуры следует снизить подводимое напряжение. Источником питания постоянного или переменного тока могут служить стенды МИИСП, УСХА и 13УН-1, а также сварочный трансформатор. Если выведены шесть концов обмотки статора, то все фазы включают последовательно и через них пропускают переменный ток. Если разъединить обмотки фаз не представляется возможным, то сушку производят по определенным схемам. При этом необходимо периодически переключать фазы для равномерного нагревания обмоток. Переключение производится каждые 2-4 ч в зависимости от размеров машины и скорости повышения температуры в начале сушки.

Этим методом можно сушить электрические машины всех типов. Он применяется главным образом тогда, когда не представляется возможным вращать машину и имеется источник низкого напряжения достаточной силы тока. Так как при этом методе сушки машина неподвижна, то это ухудшает условия охлаждения по сравнению с вращающейся машиной, поэтому необходимый для сушки ток обычно значительно меньше номинального и, например, для машин открытого типа составляет не более 50-70%.

Индукционная сушка происходит при нагревании машины индукционными токами, возникающими при пропускании переменного тока по специальной намагничивающей обмотке, расположенной на статоре. Ее выполняют изолированным проводом. Для регулирования температуры намагничивающую обмотку секционируют.

Чтобы ускорить разогрев статора в начале сушки, увеличивают индукцию до 0,7-0,9 Тл, а при достижении необходимой температуры уменьшают до 0,4-0,5 Тл, переключая обмотку на большее число витков.

### **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 60<sup>0</sup>С.

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.

**Таблица 3.1. Дефектационные карты электродвигателя.**

<b>Ведомость дефектов электродвигателя при ТО.</b>							
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:							
<b>Карта дефектации электродвигателя при ТР.</b>							
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							
<b>Данные проведенных испытаний.</b>							
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		
<b>Паспортные данные двигателя.</b>							

### Содержание отчёта

1. Титульный лист установленного образца.
2. Условия эксплуатации электродвигателей.
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.

#### 4. Контрольные вопросы.

1. Величина допустимого сопротивления изоляции между обмоткой и корпусом ЭМ напряжением до 1 кВ
2. Укажите основные неисправности, при которых электродвигатели не принимаются в ремонт.
3. Последовательность операций по приемке
- 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. Технология закладки смазки в подшипник качения
6. Какой вывод можно сделать при измерении величины сопротивления междофазной изоляции обмоток двигателя мегаомметром, если величина измеренного сопротивления близка к нулю?

#### 5. Список используемых источников

7. Алиев, И.И. Электротехнический справочник: учеб/ И.И. Алиев [и др.]. – М.: РадиоСофт, 2006. – 384с.
8. Воробьев, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учеб/ В.А. Воробьев. – Москва: «Колос», 2004. – 335с.
9. Правила устройства электроустановок. – ОАО «Полеспечать», 2006, – 638с. – 2000 экз. – ISBN 9986-683-10-06
10. ПТЭ и ТБ. – ОАО «Полеспечать», 2009, – 564с. – 5000 экз. – ISBN 998668309-2
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 № 36

**Тема.** Исследование электродвигателей

**Цель:** Сформировать умения при пуске в ход асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором прямым включением в сеть, изменить направление вращения двигателя.

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** омметр Ф410, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, надфиль плоский, мегомметр, автоматические выключатели, вольтметр, соединительные провода, технический вазелин, 3-х фазные двигатели, коллекторные двигатели, киловольтметр.

**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 Повторить устройство и назначение известных вам электрических машин.
- 2.2. Изучить правила техники безопасности при выполнении работы.
- 2.3. Самостоятельно подготовиться к занятию по учебной практике, изучив материал по литературе: [20], с.56-70.

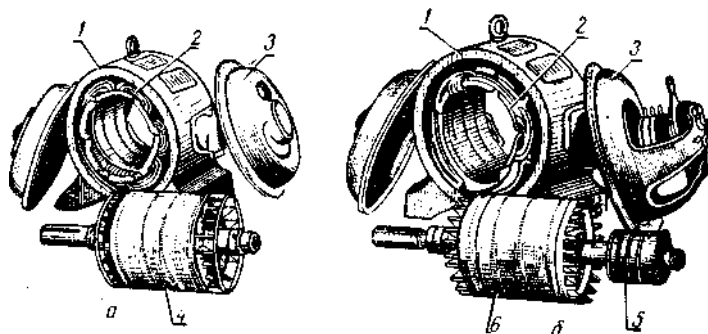
### **3. Работа в мастерской**

- 2.1 Ознакомится с устройством асинхронных двигателей
2. Пустить в ход асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором прямым включением в сеть.
3. Изменить направление вращения двигателя.
4. Затормозить асинхронный двигатель противовключением.
5. Пустить в ход асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором переключением обмотки статора со звезды на треугольник.
6. Оформить отчет.

### 3. Методические указания.

#### 3.1. Теоретические сведения.

**Устройство асинхронных двигателей.** Асинхронный двигатель состоит из двух основных частей: неподвижной — статора и вращающейся — ротора (рис 1). Статор представляет собой стальной сердечник в виде пустотелого цилиндра, набираемого из отдельных листов электротехнической стали, изолированных между собой лаком. Внутри цилиндра выштампованы пазы, куда укладывают обмотку статора. По устройству статор асинхронного двигателя почти ничем не отличается от статора синхронной машины. Внутри статора помещен ротор, представляющий собой стальной цилиндр, который набирают из отдельных листов электротехнической стали, изолированных между собой. Различают роторы короткозамкнутого и фазного типов.



а - с короткозамкнутым ротором; б - с фазным ротором;  
1 - корпус двигателя; 2 - обмотка статора; 3 - подшипниковый щит;  
4 - короткозамкнутый ротор; 5 - контактные кольца;  
Рисунок - 1. Асинхронные двигатели

Перед пуском двигателя в ход проверяют соответствие схемы обмотки статора напряжению сети (например, обмотки статора двигателя на напряжение 380/220В должны быть соединены в звезду при линейном напряжении сети 380В и в треугольник при линейном напряжении сети 220В). Чтобы измерить пусковой ток, в цепь обмотки статора включают амперметр, рассчитанный на семикратное значение номинального тока.

#### **Прямой пуск в ход трехфазных асинхронных короткозамкнутых двигателей.**

Самый простой и распространенный способ пуска в ход трехфазных асинхронных короткозамкнутых двигателей прямой пуск, при котором обмотку статора непосредственно включают на полное напряжение сети. В начальный момент пуска, когда скольжение  $S = 1$ , двигатель находится в режиме короткого замыкания поэтому пусковой ток двигателя в 4—1 раз превышает номинальный. По мере разгона двигателя пусковой ток быстро уменьшается (рис. 2).

Пусковые токи вызывают резкие колебания напряжения в сети, что отрицательно сказывается на работе потребителей, подключенных, к этой же сети. Однако если мощность энергосистемы достаточно велика, то прямой пуск двигателей не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на ее работу, поэтому прямой пуск двигателей при полном напряжении сети получил преимущественное распространение.

Предельная мощность трехфазного короткозамкнутого асинхронного двигателя, пускаемого прямым включением в сеть, зависит от мощности питающего двигатель трансформатора или генератора.

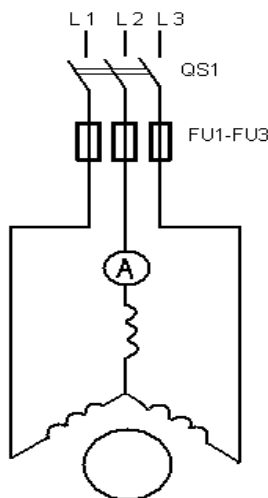


Рис. 2 – Схема прямого пуска в ход асинхронного двигателя.

**Пуск в ход короткозамкнутых двигателей при пониженном напряжении сети.**

Уменьшить пусковой ток можно, понизив на время пуска подводимое к двигателю напряжение.

Один из способов пуска асинхронных двигателей при пониженном напряжении заключается в том, что обмотки статора, соединенные треугольником, переключают на период пуска в звезду, а затем, по окончании пуска, вновь соединяют в рабочую схему, т. е. треугольником (Рис. 3). Переключение обмоток с треугольника на звезду сопровождается уменьшением фазных напряжения и тока в  $\sqrt{3}$  и, следовательно, понижением линейного пускового тока в 3 раза.

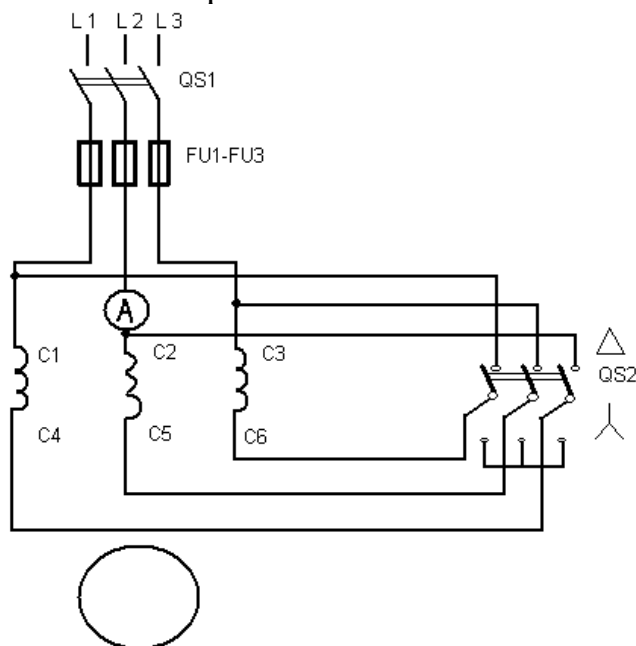


Рис. 3 – Схема пуска в ход асинхронного двигателя переключением со звезды на треугольник

Однако подобному способу пуска свойствен весьма серьезный недостаток: вращающий момент двигателя, пропорциональный квадрату напряжения сети, уменьшается

в 3 раза. Кроме того, при напряжении сети 380/220 В двигатели этого же напряжения подобным способом пускать в ход нельзя, так как обмотки их статора при работе соединены в звезду.

Напряжение при пуске в ход асинхронных короткозамкнутых и синхронных двигателей понижают, применяя автотрансформаторы и реакторы. Одна из возможных схем такого пуска, в которой используется автотрансформатор, приведена на рисунке 4. Сначала включают рубильник РЗ, замыкая нулевую точку автотрансформатора, а затем рубильник Р11 подавая через автотрансформатор АТ на двигатель, пониженное напряжение. Если  $k_{at}$  - коэффициент трансформации автотрансформатора, то пусковой ток двигателя уменьшится в  $k_{at}$  раз, а пусковой ток в сети — в  $k_{at}^2$  раз, поскольку первичный ток автотрансформатора в  $k_{at}$  раз меньше вторичного.

После того как ротор двигателя развернется, рубильник РЗ отключают, размыкая нулевую точку автотрансформатора, и верхние части обмоток автотрансформатора превращаются в реактивные катушки. Напряжение, подводимое к двигателю, повысится, скорость его ротора увеличится. Затем включают рубильник Р2 и подают на двигатель полное напряжение сети.

Таким образом, пуск двигателя можно назвать трехступенчатым: 1) через автотрансформатор к двигателю подводят 50-70% номинального напряжения; 2) после размыкания рубильника РЗ на двигатель подают 70—80% номинального напряжения; 3) к двигателю подводят полное напряжение сети.

Основной недостаток и этого способа пуска — уменьшение вращающего момента двигателя, пропорциональное квадрату уменьшения напряжения сети.

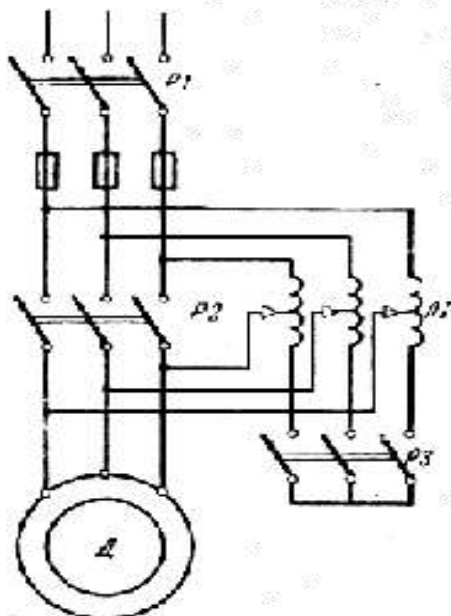


Рис. 4 - Пуск в ход асинхронного двигателя с понижением напряжения автотрансформатором

### Пуск асинхронных двигателей с фазным ротором.

При включении пускового реостата в цепь фазного ротора с соблюдением условия, что  $r_{реост} = X_k - r_{рот}$ , получают пусковой момент, равный максимальному.

Критическое скольжение  $S_{кр}$ , при котором двигатель развивает максимальный вращающий момент, определяется формулой:

$$S_{кр} = \frac{r_2}{X_k}$$

где  $r_2 = r_{рот} + r_{реост}$

В начальный момент пуска скольжение  $S=1$

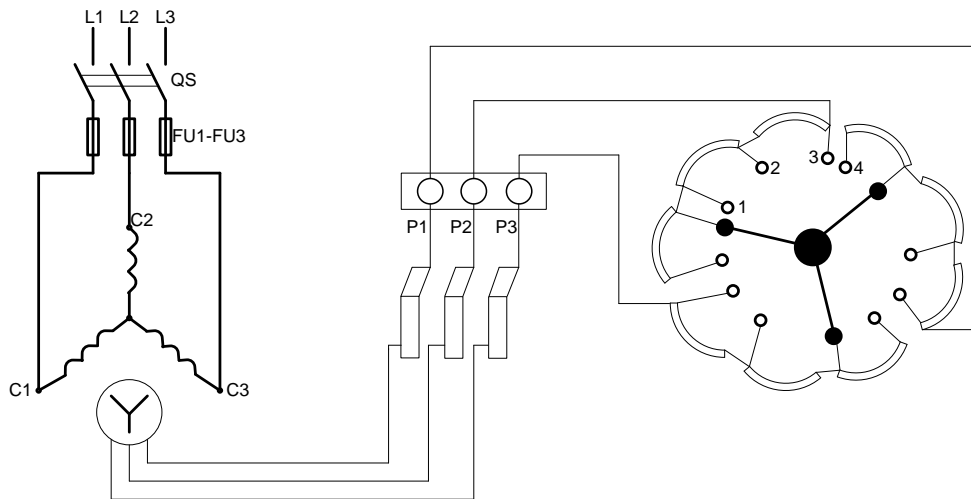


Рисунок - 5 Схема пуска асинхронных двигателей с фазным ротором.

При пуске в ход двигателя (Рис. 5) с небольшой нагрузкой, когда не требуется достижения максимального пускового вращающего момента, сопротивление реостата берут, чтобы уменьшить пусковой ток, несколько большим, чем то, которое соответствует максимальному пусковому моменту. Включать в сеть и выключать из сети двигатели с разомкнутым фазным ротором нельзя, так как в первом случае наблюдаются большие всплески пускового тока, а во втором — в обмотках статора и ротора возникают опасные для изоляции обмоток перенапряжения. Поэтому пусковые реостаты к этим двигателям не имеют холостых контактов и цепь ротора всегда замкнута.

Для предотвращения износа щеток и колец ротора и уменьшения потерь на трение двигатели большой и средней мощности снабжают специальными механизмами для подъема щёток и замыкания колец накоротко. С этой целью поворачивают рукоятку Р после полного разгона ротора двигателя при выведенном пусковом реостате.

Порядок остановки двигателя таков: 1. Опускают щётки на кольца. 2. Вводят сопротивление пускового реостата. 3. Отключают статор от сети. Таким образом, двигатель оказывается полностью подготовленным к следующему пуску.

### Регулирование скорости асинхронных двигателей.

Трудность регулирования скорости — весьма существенный недостаток асинхронных короткозамкнутых двигателей.

Из формулы  $n_2 = \frac{60 f_1}{p} (1 - S)$  следует, что скорость асинхронных двигателей можно регулировать, изменяя скольжение  $S$ , частоту  $f_1$  или число пар полюсов  $p$ .

**Регулирование скорости изменением скольжения** применяют в двигателях с фазным ротором. Для этого на место пускового реостата включают регулировочный и, изменяя сопротивление этого реостата, регулируют скорость двигателя. Пусковой реостат здесь использовать нельзя, так как он рассчитан на кратковременное прохождение по нему пускового тока.

Как известно, с увеличением сопротивления реостата в цепи ротора увеличивается скольжение двигателя, что вызывает уменьшение скорости вращения ротора, поскольку

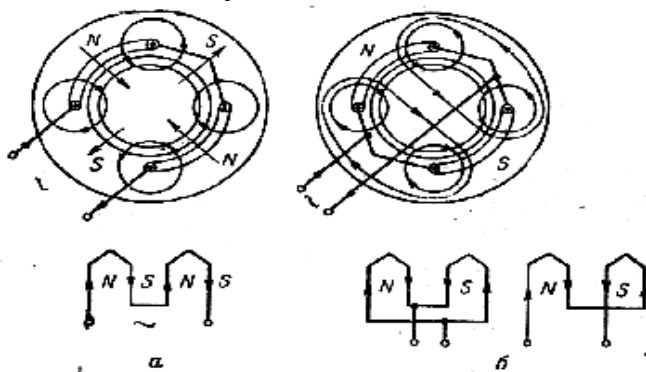
$$n_2 = n_1(1 - S)$$

Этот способ регулирования нельзя назвать экономичным, так как, электрические потери в роторе пропорциональны скольжению. Серьезным недостатком следует счи-

тать то обстоятельство, что при уменьшении нагрузки пределы регулирования скорости снижаются, например при уменьшении вращающего момента в 2 раза величина. К недостаткам же необходимо отнести зависимость скорости от нагрузки. Несмотря на указанные недостатки, этот способ регулирования широко распространен, так как позволяет осуществить плавное регулирование скорости в широких пределах.

**Регулирование скорости изменением частоты  $f_1$**  применяют весьма ограниченно, поскольку этот способ требует установки преобразователя частоты на группу двигателей, скорость которых нужно одновременно и в одинаковой степени изменять.

**Регулирование скорости изменением числа пар полюсов обмотки** статора наиболее распространенный способ регулирования скорости трехфазных асинхронных короткозамкнутых двигателей. Для этого обмотку статора выполняют так, что переключением групп катушек можно изменить число пар или на статоре укладывают две отдельные обмотки на пар полюсов. Ротор в этом случае делают обычный короткозамкнутый число полюсов его всегда равно числу полюсов обмотки статора. Рассмотрим одну фазу двигателя, состоящую из двух катушек которые могут быть включены последовательно и параллельно. Тогда при последовательном включении на статоре образуется две пары полюсов (рис. 6,а), а при параллельном - одна (рис 6, б). Два полюса обмотки статора можно получить и при последовательном соединении катушек, если поменять местами концы одной из катушек обмотки.



а – две пары полюсов; б – одна пара полюсов

Рис. 6 - Изменение числа пар полюсов переключением катушек обмотки

Для того чтобы при переключении катушек магнитная индукция в стали статора существенно не изменялась, прибегают к другой схеме соединения фазных обмоток. Широкое применение нашла схема двойная звезда - треугольник, в которой при последовательном соединении катушек фазные обмотки соединяют в треугольник (рис. 7, а), а при параллельном в двойную звезду (рис. 7, б). С этой целью точки 4С1 4С2 и 4С3 замыкают переключателем, а к точкам 2С1 2С2 и 2С3 подводят напряжение сети. Для лучшего представления о соединении обмоток в двойную звезду на

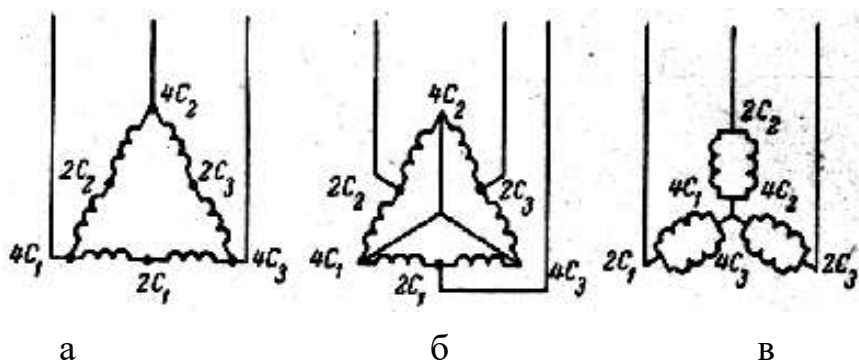


Рис. 7 Схема обмотки двухскоростного двигателя при соединении её в треугольник (а) и в двойную звезду (б и в) рисунке 7,в изображена та же схема, что и на рисунке 7, б, но с несколько иными двигателями, например четырехскоростные на синхронные скорости 1500/1000/750/500 об/мин.

Обозначения выводов обмоток остаются теми же, что и у обычных асинхронных двигателей, с добавлением впереди обозначения вывода цифры, показывающей число полюсов, при котором вывод должен, быть подключен к сети. Двухскоростные двигатели имеют 6 выводов на переключатель полюсов, трехскоростные - 9 и четырехскоростные - 12.

Многоскоростные двигатели применяют для электропривода станков и различных механизмов, скорость которых нужно регулировать в широких пределах.

### **Изменение направления вращения и торможение асинхронных двигателей.**

Для изменения направления вращения (реверсирования) ротора трехфазного асинхронного двигателя необходимо изменить направление вращения магнитного поля статора. С этой целью достаточно поменять местами два любых провода, подводящих ток к обмотке статора.

Торможение асинхронных двигателей иногда осуществляют методом противовключения, изменив направление вращения магнитного поля статора относительно направления вращения ротора. Для этого, как и при реверсировании, изменяют порядок чередования фаз на ходу двигателя. Так как ротор по инерции будет продолжать вращаться в прежнем направлении, то скольжение становится большим единицы:

$$S = \frac{n_1 - (-n_2)}{n_1} > 1$$

Поскольку электромагнитный момент, создаваемый вращающимся полем статора, направлен против направления вращения ротора, то он является тормозящим по отношению к ротору, и ротор вследствие этого очень быстро останавливается. Если обмотку статора не отключить своевременно от сети, то ротор начнет вращаться в противоположном направлении.

Если скольжение становится больше единицы, а электрические потери в роторе  $P_{M,rot} = sP_{эм}$  то при торможении электрические потери будут больше электромагнитной мощности. Часть мощности, расходуемой на потери в меди ротора при торможении, является электромагнитной, передаваемой через магнитное поле от статора к ротору, а часть этих потерь покрывается за счет механической мощности вращающихся по инерции частей двигателя и рабочей машины.

В режиме торможения противовключением при переключении проводов обмотки статора наблюдаются большие броски тока.

Перед тем как приступить к какой либо работе по обслуживанию электропривода, проверяют состояние защитного заземления но лишь при снятом напряжении. В отсутствие напряжения на электроприводе убеждаются с помощью указателя напряжения, при приближении которого к части электроустановки, заведомо находящейся под напряжением, он должен подтвердить наличие напряжения.

При осмотрах элементов работающего электропривода не следует приближаться к токоведущим частям электроустановки, необходимо проявлять осторожность при очистке элементов электропривода, так как такие работы выполняемые без снятия напряжения, создают опасность для исполнения.

Без снятия напряжения с электроустановки, но с соблюдением мер предосторожности можно при эксплуатации выполнять такие работы как чистку и обтирку корпу-

сов электрооборудования доливку масла в подшипники электродвигателей, замену трубчатых или пробочных предохранителей, шлифовку колец и коллекторов по специальным инструкциям.

Если требуется произвести какие-либо ремонтные работы в электродвигателях или аппаратах управления, а также заменить плавкие вставки открытого типа, то их поручают одному лицу после предварительного отключения электродвигателя или аппарата от источников питания не менее чем в двух местах (например, на щите и непосредственно на месте работы) рубильником, со снятием предохранителей. На месте работ, на рукоятках отключающих аппаратов, при помощи которых может быть подано напряжение, вывешивают предупредительные плакаты «Не включать - работают люди». По окончании работ плакаты снимают.

Если указанное отключение по каким-либо причинам не может быть выполнено, ремонтные работы производятся двумя лицами.

При вращении электродвигателей производить какие-либо работы в его цепях опасно, но если это все же необходимо, то нужно поднять щетки или полностью вывести реостат. Эту работу выполняют в диэлектрических перчатках или инструментом с изолированными рукоятками, стоя на резиновом коврике.

Если электродвигатель длительно работает с повышенной вибрацией (вредно для здоровья обслуживающего персонала), то её необходимо устранить в короткий срок.

### **3.2.Методика выполнения работы.**

31. Ознакомиться с инструкцией по технике безопасности.
  32. Выполнить прямой пуск электродвигателя, запуск на пониженном напряжении.
  33. Выполнить изменение направления вращения электропривода.
- 4.Оформить отчет

### **Содержание отчёта**

1. Титульный лист установленного образца.
2. Электрическая схема прямого пуска вход асинхронного двигателя.
3. Электрическая схема пуска в ход асинхронного двигателя на пониженном напряжении.
4. Электрическая схема пуска в ход асинхронных двигателей с фазным ротором.
5. Описать способы регулирования скорости вращения асинхронного двигателя.

### **4. Контрольные вопросы.**

- 1 Что такое электропривод?
2. Назовите способы пуска асинхронного двигателя.
3. По каким параметрам подбирают электродвигатели?
4. Как изменить направление вращения асинхронного двигателя?
5. Из какой стали изготавливают активные части электрического двигателя?


### **5. Список используемых источников**

- 1.Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - ЗАО «Ксения», 2001
2. Гурин В.В. Электропривод часть1 Проектирования нерегулируемого электропривода -Мн.: БГАТУ, 2007г – 256 с.

З.Пястолов А.А. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования. – М.: Колос, 1981

**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 № 37**

**Тема. Техническое обслуживание и ремонт электрифицированного инструмента**

**Цель:** Освоить методику проведения технического обслуживания и текущего ремонта электрифицированного инструмента применяемого при проведении ремонтных работ.

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** сверлильная машина, мегомметр, омметр, ручные электрические машины, шкурка шлифовальная, набор ключей, пинцет, ветошь обтирочная, плоскогубцы комбинированные, отвёртки, паяльник электрический, надфиль плоский.

**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. 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 мастерской**

- 2.1 Получить допуск к работе у преподавателя.
- 2.2 Освоить методику технического обслуживания ручного электрифицированного инструмента.
- 2.3 Освоить методику определения неисправностей электрифицированного инструмента.
- 2.4 Провести техническое обслуживание заданной электрической машины.
- 2.5 Определить неисправности заданной электрической машины.
- 2.6 Сделать вывод о техническом состоянии всех проверенных аппаратов.
- 2.7 Оформить отчет.
- 2.8 Убрать рабочее место.

### **3. Методические указания.**

#### **3.1. Теоретические сведения.**

Эксплуатацию электроинструмента рассмотрим на примере сверлильной машины ИЭ 1032-1.

Машина состоит (в соответствии с рисунком 1.) из пластмассового корпуса, асинхронного коллекторного электродвигателя, кнопочного переключателя и двухступенчатого редуктора.

Корпус электродвигателя 2 выполнен как одно целое с рукояткой. В корпусе размещен коллекторный электродвигатель. Внутри рукоятки смонтированы: двухполюсный выключатель 11 с курковым приводом и фиксатором выключенного положения и устройство 1 для подавления помех радиоприему. Вал ротора 4 электродвигателя установлен на двух шарикоподшипниках 12,13, один из которых расположен в корпусе, и другой в промежуточном щите 8. На валу ротора размещен вентилятор 9, служащий для охлаждения электродвигателя в процессе работы. На переднем конце вала нарезана косозубая шестерня, которая входит в зацепление с блоком шестерен.

Машина снабжена кабелем со штепсельной вилкой для включения в электросеть переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220 В.

Включение машины осуществляется нажатием на курок выключателя (включенное положение фиксируется нажатием на кнопку фиксатора, выключенное - повторным нажатием на курок).

#### ***Подготовка сверлильной машины к работе и порядок работы***

1. Перед началом работы с машиной необходимо выполнить все требования раздела руководства по эксплуатации. После этого проверить безотказность работы выключателя и общее техническое состояние сверлильной машины путем ее пуска вхолостую в течение одной минуты. Если при этом никаких дефектов не обнаружено, можно приступать к работе.
2. Закрепить сверло в патроне. Для этого необходимо вставить сверло в патрон (кулачки должны быть разведены); вставить ключ в патрон и, проворачивая его по часовой стрелке, надежно закрепить сверло в патрон.
3. При сверлении в металле рекомендуется наметить точку сверления центровочным керном и использовать смазочно - охлаждающую жидкость (кроме обработки чугуна и латуни, которые рекомендуется сверлить всухую).
4. При сверлении отверстий необходимо прочно закрепить обрабатываемое изделие; работать заточенным сверлом, уменьшать нагрузку при выходе сверла при сквозном сверлении.
5. После окончания работы машину следует очистить от пыли и грязи, снять сверло, кабель протереть сухой ветошью и аккуратно смотать.

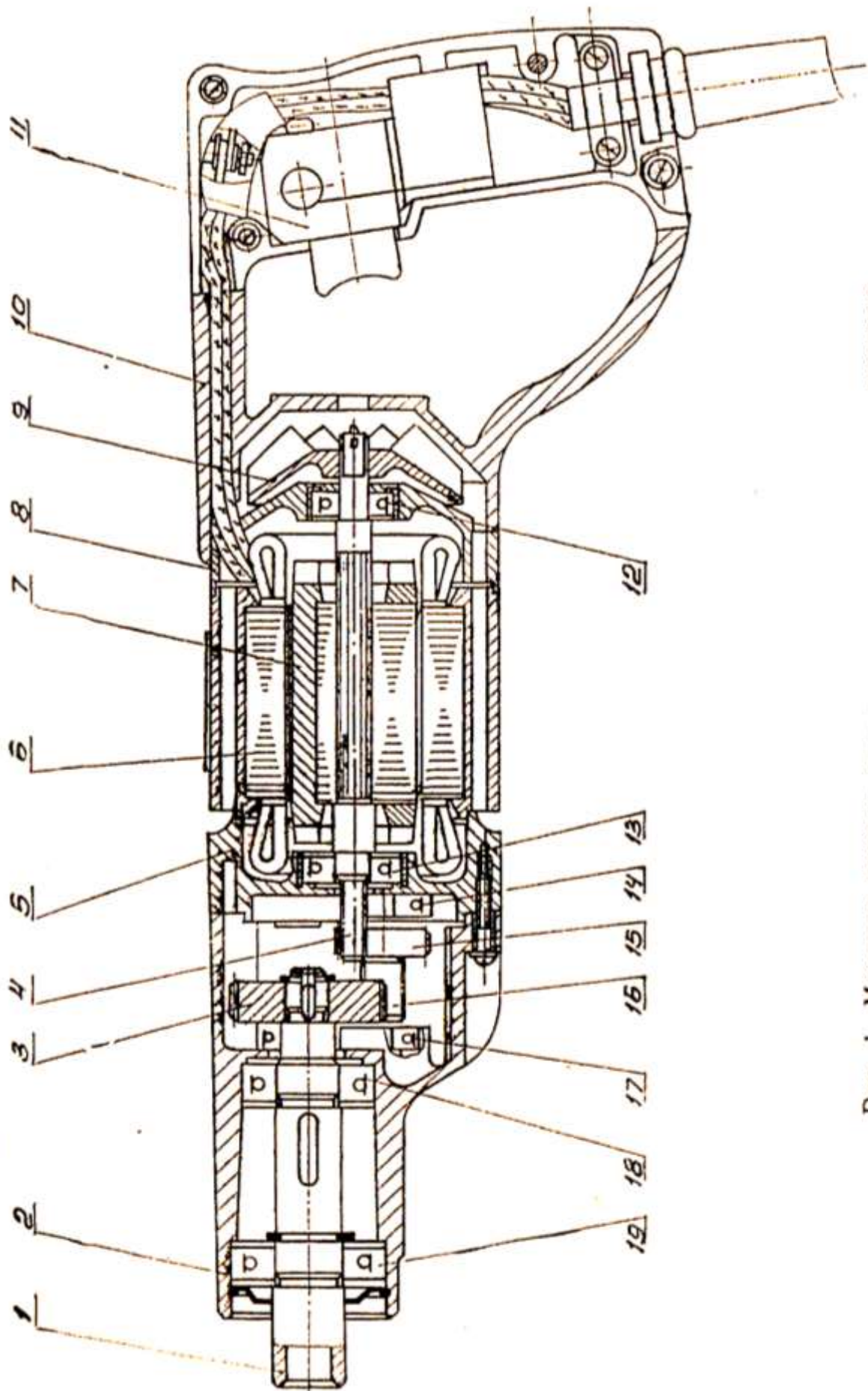


Рис. 1. Машинка ручная сверлильная электрическая ИЭ1033.  
 1. Шпиндель. 2. Корпус редуктора. 3. Колесо зубчатое. 4. Вал ротора. 5. Щит передний. 6. Статор. 7. Ротор. 8. Щит задний. 9. Вентильатор. 10. Рукоятка. 11. Выключатель. 12, 13, 14, 17, 18, 19. Подшипники. 15. Колесо зубчатое. 16. Вал-шестерня.

### 3.2.Методика выполнения работы.

#### 1. Провести техническое обслуживание предложенного электроинструмента.

1.1. Заменить смазку редуктора. Для этого необходимо отвернуть три винта на корпусе редуктора и снять его.

1.2. Очистить внутреннюю полость редуктора и подшипников от старой смазки, промыть их в бензине или керосине и заложить новую смазку, установить корпус редуктора на место.

1.3. Провести очистку деталей электродвигателя от угольной пыли. Рекомендуется удалять угольную пыль мягкой кисточкой или струей воздуха с помощью резиновой груши. После этого, поверхности деталей следует протереть хлопчатобумажной салфеткой, смоченной бензином.

1.4. При необходимости заменить щетки электродвигателя. Замену щеток производить после того, как их длина в результате износа стала равной менее 6 мм.

1.5. Проверить работоспособность машины.

#### 2. Провести ремонт предложенного электроинструмента. Обнаружить и устранить имеющиеся неисправности согласно таблицы 1.

**Таблица1** – Возможные отказы и методы их устранения

Наименование отказа, внешние его проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Методы устранения
1. При включении электродвигатель не работает.	Неисправен выключатель.  Нет контакта щетки с коллектором из-за износа щетки или заклинивания ее в щеткодержателе. Загрязнение коллектора	Заменить или отремонтировать выключатель.  Протереть коллектор бензином или спиртом
2. Корпус электродвигателя перегревается.	Машина перегружена.	Ослабить нажатие. Заточить сверло.
3. Машина во время работы стопорится	Неисправен электродвигатель	Отремонтировать или заменить электродвигатель
4. Электродвигатель работает, а шпиндель не вращается.	Поломка зуба шестерни редуктора Вышел из строя один из подшипников Большое усилие нажатия Износ зубьев шестерни или	Заменить шестерню  Заменить подшипник Уменьшить силу нажатия Заменить шестерни

#### 3. По данным работы заполнить таблицу 2.

**Таблица 2.** – Результаты ремонта средств измерения электроинструмента

Аппарат	Обнаруженная неисправность	Способ устранения

#### 4. Сделать вывод о техническом состоянии всех проверенных аппаратов

## Содержание отчёта

1. Титульный лист установленного образца.
2. Необходимые таблицы.
3. Порядок проведения технического обслуживания и текущего ремонта электроинструмента.
4. Возможные неисправности электроинструмента, ручных электрических машин, способы их устранения.
5. Вывод о пригодности к дальнейшей эксплуатации электроинструмента имеющегося в лаборатории.

### 4. Контрольные вопросы.

1. На какое напряжение используется электроинструмент в помещениях с повышенной опасностью?
2. Какие работы выполняют при подготовке электроинструмента к работе?
3. Какие работы выполняют при техническом обслуживании электрического инструмента?
4. Какие неисправности электрического инструмента вы знаете?

### 5. Список используемых источников

13. Алиев, И.И. Электротехнический справочник: учеб/ И.И. Алиев [и др.]. – М.: РадиоСофт, 2006. – 384с.
14. Воробьев, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учеб/ В.А. Воробьев. – Москва: «Колос», 2004. – 335с.
15. Правила устройства электроустановок. – ОАО «Полеспечать», 2006, – 638с. – 2000 экз. – ISBN 9986-683-10-06
16. ПТЭ и ТБ. – ОАО «Полеспечать», 2009, – 564с. – 5000 экз. – ISBN 998668309-2
17. Пястолов, А.А. Эксплуатация и ремонт электроустановок: учеб/ А.А. Пястолов [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 271с.
18. 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 АГ-**  
**РАРНО-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 №38**

**Тема.** Аппараты тормозные и конечные выключатели-ремонт и установка

**Цель:** Аппараты тормозные и конечные выключатели-ремонт и установка

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** ручной монтажный инструмент, осветительные коробки, кронштейны, стойки, держатели, конструкции для крепления светильников, розетки, выключатели, патроны, 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 электрослесарной 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 путевых выключателях
- 2.2. Записать краткие теоретические сведения об конечных выключателях.
- 2.3. Записать краткие теоретические сведения об видах торможений.
- 2.4. Записать краткие теоретические сведения об обслуживании аппаратов.
- 2.5. Показать выполненную работу.
- 2.6. Сдать инструмент, крепёжные изделия и установочные материалы.
- 2.7. Убрать рабочее место.

### **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

#### **3. Методические указания.**

- 3.1 Теоретические сведения.

## **Торможение электрических приводов**

*Электрическим торможением* называется такой режим электропривода, при котором вращающий момент электродвигателя направлен навстречу направлению вращения его вала. Электрическое торможение используется для быстрой и точной остановки

или изменения направления движения производственного механизма. По физической сущности электрическое торможение является генераторным режимом, так как именно в этом случае электромагнитный момент машины направлен противоположно вращению вала, а к валу подводится механическая энергия. Вырабатываемая в электрической машине электрическая энергия в зависимости от особенностей тормозного режима либо возвращается в электрическую сеть, либо рассеивается в активных элементах цепей машины.

Существуют два способа электрического торможения: динамическое и противовключением. Динамическое торможение асинхронных двигателей создается отключением обмотки статора от питающей сети переключением их на источник постоянного тока. При этом в обмотках статора создается неподвижное магнитное поле. Во вращающейся по инерции обмотке ротора индуцируется электрический ток. В результате взаимодействия магнитного поля возбуждения статора и тока ротора возникает вращающий момент, направленный противоположно вращению вала (для гашения энергии, вырабатываемой в обмотках фазного ротора, к ним на кольцах подключают тормозные резисторы).

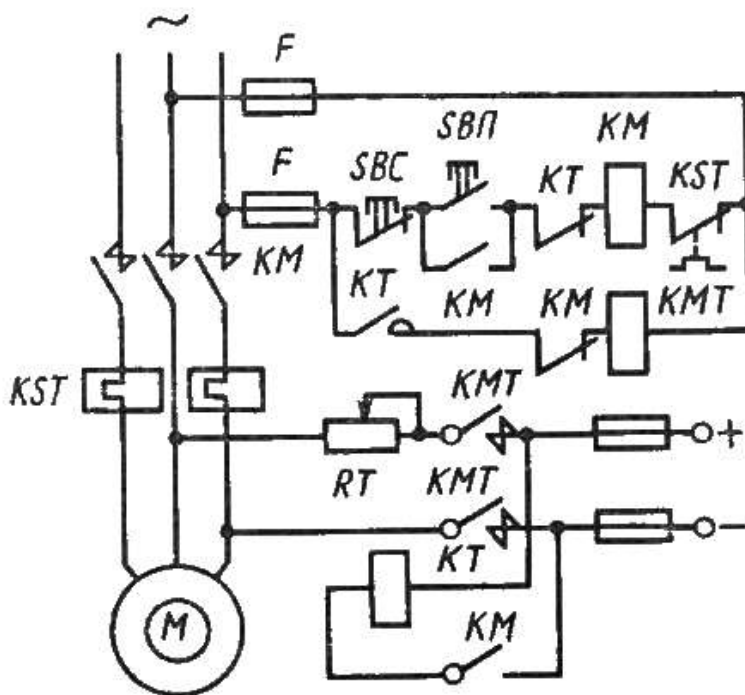


Рис. 93. Схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с использованием динамичного торможения

В схеме динамического торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (рис. 93) используется реле времени КТ, которое питается от источника постоянного тока. Нажатие кнопки SBC отключает электродвигатель, контакт КМ размыкается, что приводит к присоединению обмотки статора двигателя к сети постоянного тока. Начинается режим торможения, продолжительность которого ограничивается уставкой реле КТ. По истечении установленной выдержки времени контакт реле КТ разомкнется, цепь постоянного тока отключается от статора, цепь приводится в исходное положение.

Чтобы избежать одновременного включения контакторов КМ, КМТ, их катушки взаимно блокированы размыкающими вспомогательными контактами КМ и КМТ. Рези-

стор R1 служит для ограничения постоянного тока. Предохранители F защищают цепь постоянного тока от короткого замыкания.

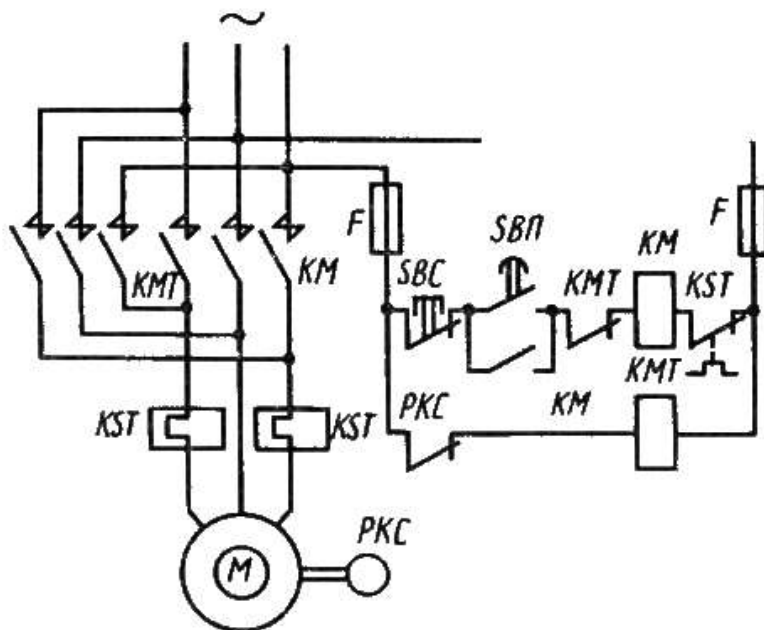


Рис. 94. Схема управления асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с использованием торможения противовключением

*Торможение противовключением* создается реверсированием двигателя на ходу. Для асинхронного электродвигателя оно осуществляется с помощью реле контроля скорости РКС, которое механически связано с валом двигателя (рис. 94). Контакт реле РКС при небольшой угловой скорости разомкнут. Отключение электродвигателя осуществляется нажатием кнопки SBC, после чего замыкается вспомогательный размыкающий контакт КМ. Так как контакт реле РКС замкнут, то контактор КМТ получает питание и статор оказывается подключенным к сети. С включением контактора КМТ две фазы переключаются, изменяя порядок чередования. Реле РКС размыкает контакт, когда угловая скорость двигателя становится близкой к нулю, катушка КМТ отключается, и двигатель останавливается.

## Путевые и концевые выключатели и переключатели

Контакты путевых, концевых выключателей и переключателей включаются главным образом во вспомогательные цепи (катушки контакторов и реле), и только в редких случаях эти приборы обслуживают силовые цепи.

Конечные выключатели и ограничители. Сюда относятся конечные или концевые и путевые выключатели, переключатели и ограничители, предназначенные для ограничения пути движения механизма, груза, крана или для предупреждения опасных перекосов противоположных сторон моста и башен кабель-кранов. Конечные выключа-

тели используются также в качестве переключателей для снижения скорости механизма и выключателей ограничителей грузоподъемности и в различных защитных и программных устройствах.

Замыкающий контакт с механической связью (путевого выключателя, концевого выключателя, этажного переключателя)

Путевые выключатели и выключатели точной остановки устанавливаются на кабине лифта и приводятся в действие отводками, установленными в шахте лифта. Концевые выключатели устанавливаются в шахте лифта и приводятся в действие отводками, установленными на кабине лифта. Рычаг путевых выключателей и выключателей точной остановки после прекращения действия на него отводки возвращается в свое исходное положение. Концевые выключатели не должны иметь самовозврата возвращение их рычага в исходное положение производится обслуживающим персоналом. Этажные переключатели устанавливаются в шахте для каждой этажной площадки и приводятся в действие отводкой на кабине. Рычаг этажного переключателя может находиться в одном из трех положений — правое, среднее или левое.

## ПУТЕВЫЕ И КОНЦЕВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

К аппаратуре управления лифтом относятся контакторы, реле, этажные переключатели, концевые и путевые выключатели, контакты и т. п. приборы пуска и блокировки лифта. Электрические / цепи лифта можно подразделить на две группы цепь главного тока, в которую включен двигатель, и цепь управления, в которую включается аппаратура, служащая для пуска и остановки двигателя, и основная часть аппаратуры защиты..

Рис. . Концевой выключатель мгновенного действия (путевой переключатель). Коромысла 5 и 7 заклинены на оси 10. В среднем положении коромысло 5 удерживается фиксаторами 4. Положение включающего рычага фиксируется шариком 6 с пружиной 8. При повороте коромысла 8, например по часовой -стрелке, вначале отжимается левый фиксатор 4, затем поворачивается коромысло 5, а следовательно, и коромысло 7, производящее мгновенное переключением контактов 9. Коромысла 1 и 3 связаны кольцевыми разрезными пружинами 2.

1000 Раздел 14. Гидромеханические передачи и аппаратура управления

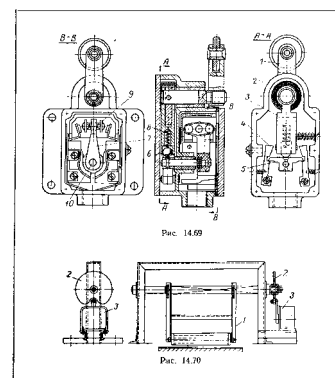
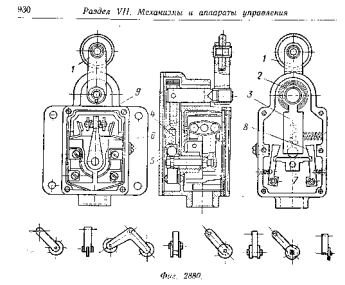


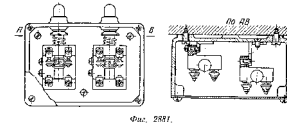
Рис. 14.69 Кошковый выключатель мгновенного действия (путевой переключатель). Коромысла 5 и 7 заклинены на оси 10. В среднем положении коромысло 5 удерживается фиксаторами 4. Положение включающего рычага фиксируется шариком 6 с пружиной 8. При повороте коромысла 7, изгибается по часовой стрелке, поворачивается левый фиксатор 4, затем поворачивается коромысло 5, а следовательно, и коромысло 7, производящее мгновенное переключением контактов 9. Коромысла 1 и 3 связаны кольцевыми разрезными пружинами 2.

Рис. 14.70 Флажковый выключатель с контактно-релеаром, применяемый в электрических лифтах. При ударе пружиняющей шпильки о флажок 7 профилированный диск 2, поворачиваясь, воздействует на ролик контактно-релеарта 3.

Концевой выключатель мгновенного действия (путевой переключатель). При повороте рычага 1, связанного пружиной 2 с поводком 3, пружина 4 воздействует посредством шарика 5 на жестко соединенную с рычагом 6 планку 7, которая, освобождаясь от собачки 8, производит мгновенное переключение" контактов 9. Внизу показаны различные варианты исполнения рычага 1, применяемые для путевого управления. Усилие нажатия около 8 кг.



Фиг. 2880. Концевой выключатель мгновенного действия (путевой переключатель). При повороте рычага 1, связанного пружиной 2 с поводком 3, пружина 4 воздействует посредством шарика 5 на жестко соединенную с рычагом 6 планку 7, которая, освобождаясь от собачки 8, производит мгновенное переключение контактов 9. Внизу показаны различные варианты исполнения рычага 1, применяемые для путевого управления. Усилие нажатия около 8 кг.



Фиг. 2881. Двухполюсный концевой выключатель, применяемый для программного управления автоматическими станками и станками с ЧПУ.

Выбор той или иной системы управления оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели линии, ее производительность, точность и надежность в работе. По степени централизации различают централизованные, децентрализованные и смешанные системы управления линиями. При централизованной системе всем технологическим циклом линии управляют с помощью центрального командного устройства (командоаппарата, кулачкового вала и т. д.). В таких системах управления продолжительность рабочего цикла для каждого исполнительного механизма постоянна. К недостатку таких систем управления следует отнести необходимость иметь дополнительные предохранительные устройства, контролирующие положение и действия исполнительных механизмов линии. В децентрализованных системах управления используются датчики (путевые переключатели и концевые выключатели), включаемые движущимися рабочими элементами машин и механизмов и обрабатываемых изделий.

1. Тема и цель работы.
2. Зарисовать и записать виды и устройство конечных выключателей.
3. Зарисовать схему с динамическим торможением.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Составить отчет о проделанной работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите назначение динамического торможения.
2. Назовите марки конечных выключателей.
3. Назовите назначение концевых выключателей.

4. Чем отличаются динамическая схема от схемы противовключением.
5. Какое отличие путевого выключателя от конечного.
6. Где применяется схема динамического торможения.
7. Где применяются схемы с концевыми и путевыми выключателями..

## **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

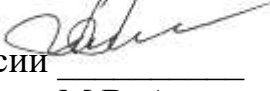
4. Правила устройств электроустановок.- ЗАО Ксения, 2001

5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - ЗАО Ксения, 2001

6. Луковников А.В. Охрана труда. – М.: ВО Агропром , 1991

**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 №39**

**Тема.** Блокировки электромагнитные и электромеханические-ремонт устройств и регулировка.

**Цель:** изучить блокировки электромагнитные и электромеханические овладеть приёмами ремонта и обслуживания.

**Время выполнения:** 6 часов

**Место выполнения:** Электромонтажная мастерская

**Дидактическое и методическое обеспечение:** ручной монтажный инструмент, стенд, 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 электрослесарной 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: [8], с.80-88.
- 1.2 Изучите инструкцию по технике безопасности.
- 1.2 Подготовьте бланк отчета.

### **2. Работа в мастерской**

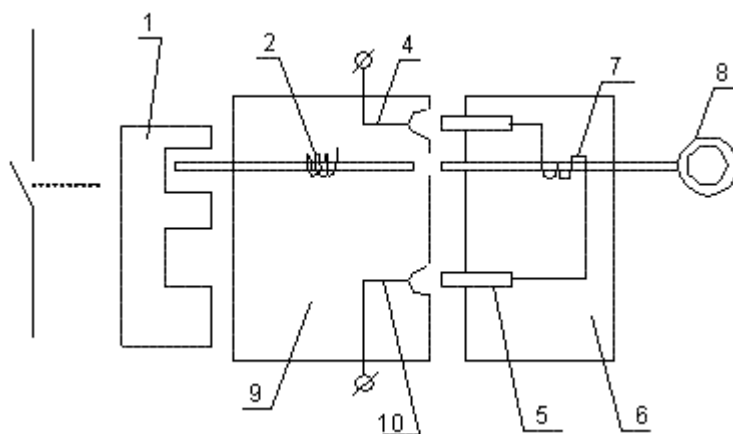
- 2.1 Получить допуск у преподавателя предоставить на проверку заготовку отчёта.
- 2.2 Записать краткие теоретические сведения об бланкировках.
- 2.3. Вычертить и зарисовать схемы электромагнитных и электромеханических бланкировок.
- 2.4. Произвести техническое обслуживание и ремонт бланкировок.
- 2.5. Показать выполненную работу.
- 2.6. Сдать инструмент, крепёжные изделия и установочные материалы.
- 2.7. Убрать рабочее место.
- 2.8. Оформить отчёт.

### **3. Методические указания.**

## Принцип действия электромагнитной блокировки:

Исполнительным органом электромагнитной блокировки является блок-замок, устанавливаемый на приводе каждого коммутационного аппарата. В этом замке есть контакты, на которых напряжение будет только в том случае, если допускаются операции с приводом. Блок-замок отпирается с помощью электромагнитного ключа.

Ключ – один на все присоединения.



Бло

кировка состоит из электромагнитного замка 9, устанавливаемого на приводе 1, и

универсального переносного ключа 6. Замок 9 состоит из пластмассового корпуса, в котором размещается шток электромагнитного замка 3, пружина 2, гнезда 4 и 10. Под действием пружины 2 стержень 3 выходит из корпуса и запирает привод 1. Переносной ключ 6 состоит из пластмассового корпуса, в котором размещены шток ключа с выступом и кольцом 5, электромагнитная катушка 7 и сердечник катушки 8.

Если при вставлении ключа на замке имеется постоянное напряжение, происходит намагничивание штока ключа до соединения со штоком замка, намагничиваются оба штока и за кольцо их вынимают. Поворачивают шток ключа и фиксируют на этом положении с помощью выступа.

При аварийной ситуации или неисправности замка у диспетчера имеется универсальный ключ, который может взять персонал с разрешения руководителя предприятия. В данном случае универсальный ключ представляет собой постоянный магнит.

Условные обозначения:

Старые	Действующие	Пояснения
В	Q	Выключатель
Р	QS	Разъединитель

ЗН	QSG	Заземляющий нож
ШБ	ЕВ	Питающая шинка (шинка блокировки)
ШБР	ЕВQ	Дополнительная шинка питания
ЭР	У	Электромагнитный замок разъединителя
ЭЗН	УG	Электромагнитный замок заземляющего ножа
		Электромагнитный замок
		Нормально открытый контакт (блок)
		Нормально закрытый контакт (блок)
		Путевой выключатель

#### Статьи - Электромонтажные работы



**Назначение оперативной блокировки** – исключение ошибочных действий оперативного персонала при операциях с разъединителями, отделителями, работе с тележками КРУ и с заземляющими ножами.

При отключении и включении рабочих токов, включении **заземляющих ножей** на участок ошиновки, находящейся под напряжением, возникает открытая дуга между контактами, которая представляет опасность для оперативного персонала и приводит к повреждению оборудования.

Чтобы не допустить такой ситуации все **разъединители** должны быть сблокированы со своими выключателями, а заземляющие ножи – со своими разъединителями.

#### Основные требования к оперативной блокировке:

- Блок-замки блокировки должны запирать приводы разъединителей только в крайних положениях «включено» и «отключено»; они не должны запирать при-

вод разъединителя в промежуточном положении;

- Оперативная блокировка не должна давать ложное разрешение на операции с разъединителями при исчезновении напряжения оперативного тока или неисправностях самой оперативной блокировки.

**В том случае, если блокировка не разрешает проведение какой-либо операции, необходимо прекратить переключения и проверить:**

- Правильность выбранного присоединения;
- Положение коммутационных аппаратов, связанных с производством переключений;
- Целостность предохранителей в цепях питания блокировки или включенное положение автоматов;
- Исправность электромагнитного ключа.

Если будет выявлена неисправность оперативной блокировки, об этом необходимо сообщить лицу, отдавшему распоряжение о переключениях. Оперативному персоналу самовольно запрещается деблокировать оперативную блокировку.

Деблокирование (со снятием пломб) производится с разрешения лица, имеющего на это право приказом по предприятию (обычно старший диспетчер, начальник ПС и главный инженер).

Бланк переключений переписывается заново, в него вносится запись о деблокировке. Ну, и, конечно, релейный персонал организовывается на поиск неисправности.

### **Виды блокировок:**

1. Механическая;
2. Электромеханическая;
3. Электромагнитная;
4. Логическая (цифровая).

**Механическая блокировка** – это блокировка непосредственного действия, которая может быть выполнена на близко расположенных аппаратах. Например, блокировка разъединителя со своим выключателем в КРУ выполняется в виде запирающей рукоятки, когда при включенном положении выключателя запирается разъединитель и оперировать им не разрешается. Точно таким же образом выполнена механическая блокировка заземляющих ножей со своим разъединителем (когда разъединитель включен, заземляющие ножи надежно заперты рукоятками). Такая блокировка применяется в РУ до 220кВ. Достоинство этой блокировки – простота, недостаток – узкая область примене-

ния, может быть выполнена только на близко расположенных аппаратах.

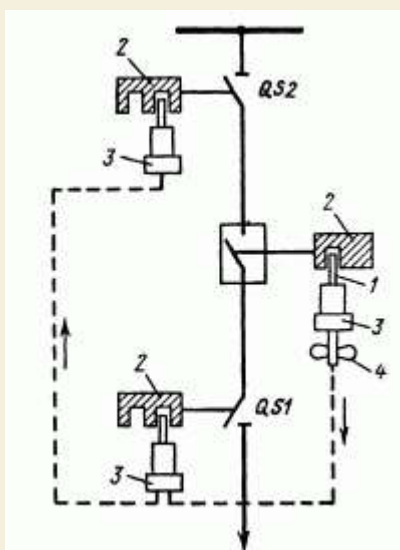
**Электромеханическая блокировка** более сложная, она применяется в тех случаях, когда есть только дистанционное управление аппаратами со щита управления. Эта блокировка состоит из целого комплекса замков на ключах управления, каждый из которых имеет свои секреты. Открываются эти замки своими ключами только в том случае, если операции с данным аппаратом оперативная блокировка разрешает. Эта блокировка достаточно надежная, однако у нее есть один недостаток – она может быть выполнена только при отсутствии местного управления и только в пределах одной ячейки или системы шин.

**Электромагнитная блокировка** лишена всех этих недостатков. Она универсальна и может охватывать любое количество присоединений на любой по площади территории. Она условно надежна. Недостатком можно считать наличие длинных кабелей, плохая регулировка контактов КСА разъединителей и ножей, обрывы в кабельных жилах.

Наибольшее распространение получили **механические и электромагнитные блокировки**.

#### Принцип действия механической блокировки:

На **рис.1.** показан пример выполнения механической замковой блокировки разъединителей в схеме с одной системой сборных шин. Каждый разъединитель и выключатель имеют свой запорный замок, который состоит из корпуса **3** и подвижного стержня с выступающей частью **1**, Стержень входит в стопорное отверстие привода **2** блокируемого аппарата. На втором конце подвижного стержня, который находится внутри корпуса, имеются специальные выступы, соответствующие прорезям переносного ключа **4**. Ключ может быть вставлен в замок или вынут из него только в конечных положениях привода, когда фиксирующий стержень входит в предназначенное для него отверстие. Во избежание ошибок ключ и замок выполняются с определенным секретом.



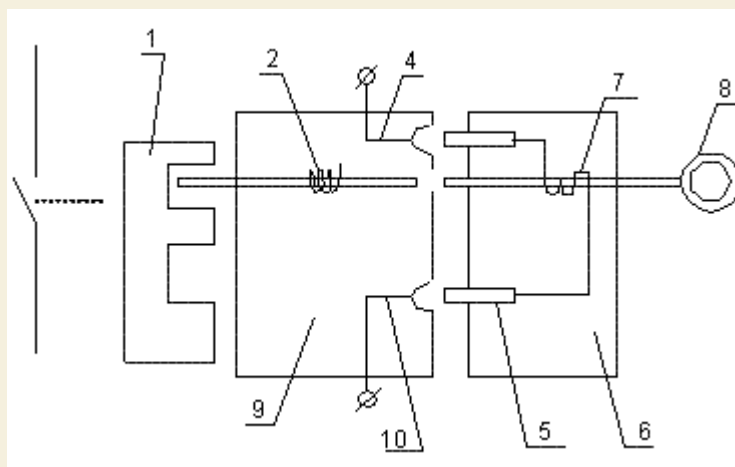
**Рис.1.** Принципиальная схема механической замковой блокировки разъединителей.

Порядок работы блокировки следующий. Нормально ключ находится в замке выключателя. Вынуть его можно только в отключенном положении выключателя. При снятии ключа фиксирующий подвижный стержень замка запирает привод выключателя в отключенном положении. После этого вынутым ключом производят отпирание замка линейного разъединителя: вставляют ключ в отверстие корпуса, зацепляют подвижный стержень и вытягивают его поворотом ключа. Затем отключают линейный разъединитель QS1. После отключения разъединитель запирают замком в новом положении, а ключ освобождают. Аналогично производят операции и с шинным разъединителем QS2. Для включения электрической цепи все действия производят в обратном порядке.

Механическую блокировку применяют обычно в схемах с малым числом присоединений (обычно до 10).

### Принцип действия электромагнитной блокировки:

Исполнительным органом электромагнитной блокировки является блок-замок, устанавливаемый на приводе каждого коммутационного аппарата. В этом замке есть контакты, на которых напряжение будет только в том случае, если допускаются операции с приводом. Блок-замок отпирается с помощью электромагнитного ключа. Ключ – один на все присоединения.



Блокировка состоит из замка 9, устанавливаемого на приводе 1, и универсального переносного ключа 6. Замок 9 состоит из пластмассового корпуса, в котором размещается стержень 3, пружина 2, гнезда 4 и 10. Под действием пружины 2 стержень 3 выходит из корпуса и запирает привод 1. Переносной ключ 6 состоит из пластмассового корпуса, в котором размещены штыри 5, катушка 7 и сердечник катушки 8. Если отключение привода разрешено, то от источника постоянного тока подводится напряжение к гнездам 4 и 10. Оперативный персонал вставляет ключ штырями в гнезда замка. По катушке 7 протекает ток, намагничивая сердечник 8 и соприкасающийся с ним стержень 3. Оперативный персонал при помощи кольца вытягивает сердечник 8 и стержень 3, отпирая привод 1. Кроме этого, у замков старого образца имеются сбоку два рычажка с отверстиями для пломбировки (или язычок). У замков нового типа ничего этого нет, зато есть деблокирующий магнитный ключ, для которого наличие напряжения совершенно

не нужно. Пользоваться, по понятным причинам оперативному персоналу этим ключом запрещено, теряется весь смысл оперативной блокировки.

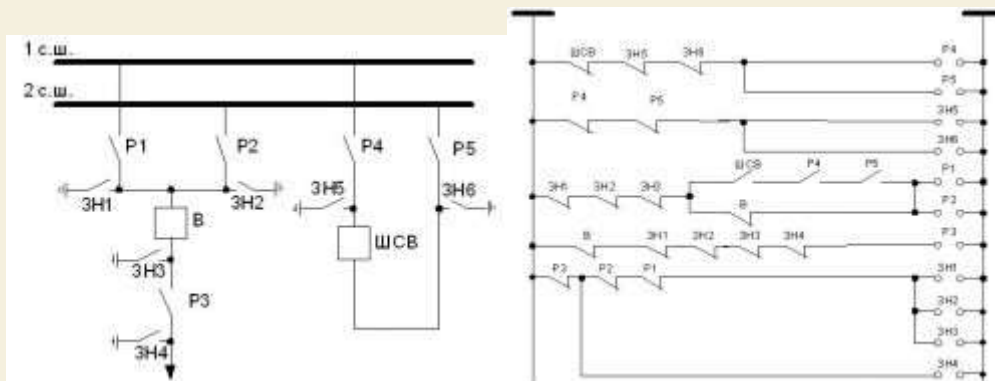
## Принципы выполнения схем электромагнитной блокировки

Схемы электромагнитной блокировки состоят из отдельных логических цепочек, которые можно анализировать независимо друг от друга. Чтобы читать схемы электромагнитной блокировки нужно помнить правило: схемы рисуются для отключенного положения коммутационных аппаратов.

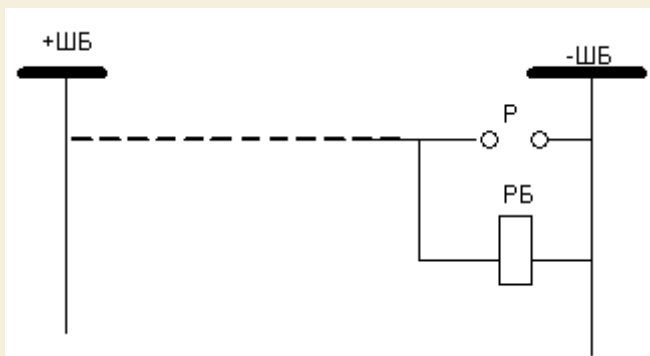
В качестве примера рассмотрим кусок схемы с двумя системами шин, одной линией, присоединенной к ним и шиносоединительным выключателем.

**При составлении схем надо соблюдать несколько правил:**

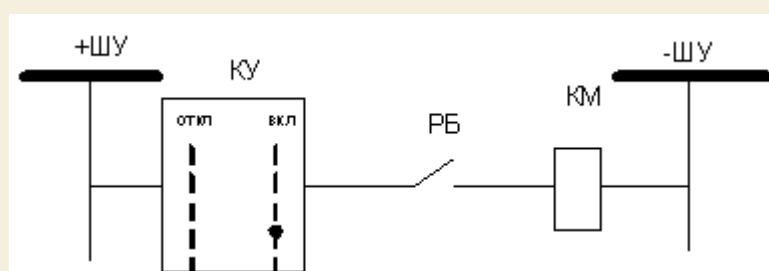
1. Разъединители могут быть отключены только при отключенных выключателях присоединений;
2. Шинные разъединители могут быть отключены при объединенных системах шин;
3. Разъединители не могут быть включены на участок ошиновки до следующего разъединителя с включенными заземляющими ножами;
4. Заземляющие ножи могут быть включены при отключенных разъединителях, примыкающих к месту установки заземляющего ножа.



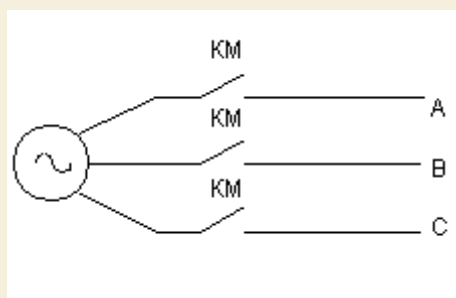
Нарисованная здесь схема – только для ручного привода, т.к мы видим лишь блок-замки, которые оперативный персонал отпирает и далее может вручную оперировать коммутационным аппаратом. Однако ручной привод используется только на напряжении до 220кВ. Поэтому мы должны посмотреть, как же у нас будет осуществляться блокировка разъединителями и ножами при дистанционном или местном управлении при наличии двигателей.



Параллельно блок-замкам в схему электромагнитной блокировки ставятся обмотки реле электромагнитной блокировки (вы все их хорошо знаете, они стоят в шкафах приводов разъединителей).



Контакты этих реле стоят в цепях ключей дистанционного и местного управления приводами разъединителей и ножей и подают напряжение на обмотку пускателей.



Контакты пускателей, в свою очередь, подают трехфазное переменное напряжение на двигатели приводов, и оперативный персонал начинает отключать или включать аппараты.

Естественно, ничего этого не произойдет, если не соберутся те логические цепочки, которые мы разбирали в основной схеме.

**Действия оперативного персонала при запрете операций со стороны оперативной блокировки:**

1. Проверить правильность выбранного присоединения и своих действий;
2. Целостность предохранителей в цепях блокировки (или включенное положение

автоматов);

3. Исправность электромагнитного ключа;
4. Если все правильно – блокировка признается неисправной и ее нужно деблокировать с разрешения лица, имеющего на это право приказом по предприятию и с переписыванием бланка оперативных переключений.

#### **Возможные неисправности электромагнитной блокировки:**

- Не перебросились КСА разъединителя или заземляющего ножа;
- Обрыв в кабеле;
- Отключен автомат питания;
- Неисправен электромагнитный ключ.

### **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1. Тема и цель работы.
2. Зарисовать и записать виды и устройство блокировок.
3. Зарисовать таблицу с условными обозначениями.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Составить отчет о проделанной работе.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назовите назначение блокировок.
2. Назовите виды блокировок.
3. Назовите назначение электромагнитной блокировки.
4. Назовите назначение электромеханической блокировки.
5. Назначение оперативной блокировки.
6. Где применяются блокировки.

### **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

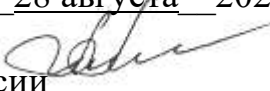
А.М. Максимчук

**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 №40**

**ТЕМА:** Командоаппараты, исполнительные механизмы, датчики температуры — проверка, ремонт и наладка

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Приобрести навыки работы и ремонта с исполнительными механизмами, датчиками температуры и командоаппаратами..

**ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:** 6 часов

**МЕСТО ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:** Электромонтажная мастерская

**ДИДАКТИЧЕСКОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:** методические указания и рекомендации по выполнению практической работы, электроустановочная аппаратура, электромонтажные изделия, ПРА, монтажный инструмент.

**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: [8], с.80-89.
- 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 командоаппаратах .
- 2.3. Зарисовать схемы и рисунки командоаппаратов .
- 2.4. Записать краткие теоретические сведения об датчиках температуры.
- 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.

Командоаппараты - устройства преимущественно ручного управления,

предназначенные для переключений в цепях управления электрическими аппаратами постоянного и переменного тока. Замыкая и размыкая при помощи командоаппарата те или иные цепи, оператор может дистанционно подать команду на запуск или остановку электрической машины или на изменение режима ее работы.

Командоаппараты выполняются как контактными, так и бесконтактными. Контактные командоаппараты можно разделить на следующие основные группы:

1. кнопки управления;
2. универсальные переключатель и пакетные ключи;
3. командоконтроллеры;
4. путевые и конечные выключатели и переключатели.

Командоаппараты могут приводиться в действие, ручным или ножным приводом (кнопки управления, универсальные переключатели и пакетные ключи, командоконтроллеры), двигательным приводом (командоконтроллеры), рабочей машиной (путевые и конечные выключатели и переключатели). Они могут выполняться с фиксированным положением, когда после снятия воздействия коммутационное положение аппарата остается неизменным, - и с самовозвратом, когда после прекращения воздействия его контакты возвращаются в исходное (нулевое) положение.

**Кнопки управления** (рис. 2.14) применяются главным образом для дистанционного управления электромагнитными аппаратами постоянного и переменного тока напряжением до 500 В.



Рис.2.14. Кнопки управления

Несколько кнопок (рис. 2.15), установленных на общей панели или вмонтированных в общем кожухе, образуют кнопочный пост.



Рис.2.15. Кнопочные посты управления

**Универсальные переключатели** (рис. 2.16) предназначены для ручного переключения цепей постоянного и переменного тока напряжением до 500 В. Они применяются для редких переключений цепей управления, как переключатели для вольтметров и амперметров и как коммутаторы для управления серводвигателями и различными электроустановками с неавтоматическим замыканием и размыканием тока, а также для переключения полюсов многоскоростных асинхронных двигателей малой мощности.



Рис.2.16. Универсальные переключатели

**Командоконтроллеры** применяются для производства переключений в цепях управления сложных схем автоматизированного электропривода при большой частоте переключений и когда требуется строгое чередование в последовательности действия отдельных механизмов. Они предназначены для работы в цепях до 440 В постоянного и 500 В переменного тока. Большей частью это аппараты ручного или ногового управления.

Командоконтроллеры могут иметь и двигательный электропривод, тогда их иногда называют программным реле. Командоконтроллер состоит из ряда контактных элементов и соответствующих конструктивных деталей, замыкающих или размыкающих контактные элементы в зависимости от угла поворота вала. По конструктивному исполнению различают плоские, барабанные и кулачковые командоконтроллеры. Плоские командоконтроллеры имеют более простую конструкцию и меньшие размеры, но и меньшую разрывную способность контактов и допускают меньшую частоту переключений в час по сравнению с кулачковыми и барабанными. Наибольшее применение находят нерегулируемые и регулируемые кулачковые командоконтроллеры. Допустимый длительный ток контактов командоконтроллеров составляет 10-15 А, ток вклю-

чения 50 - 75 А, отключаемый постоянный ток при индуктивной нагрузке 0,5 - 2,5 А соответственно при напряжении 440-110 В, отключаемый переменный ток 10 А при напряжении до 500 В.



Рис.2.17. Кулачковый командоконтроллер.



Рис.2.18. Командоконтроллер в исполнении джойстика

**Путевые и конечные** выключатели осуществляют переключения в цепях управления в зависимости от пути, проходимого управляемым механизмом (путевые выключатели), или от положения управляемого или защищаемого механизма (конечные выключатели). Конечные выключатели, например, применяются для ограничения хода механизмов в подъемнотранспортных устройствах, ограничения хода суппортов в металлорежущих станках и многих других механизмах, а также для запуска и остановки

электродвигателей в зависимости от пути, проходимого обрабатываемым изделием (например, пуск, остановка и реверс рольганга в зависимости от положения слитка).



Рис.2.19. Путьевые и конечные выключатели.

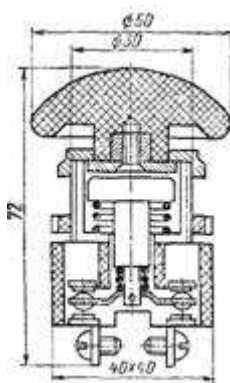


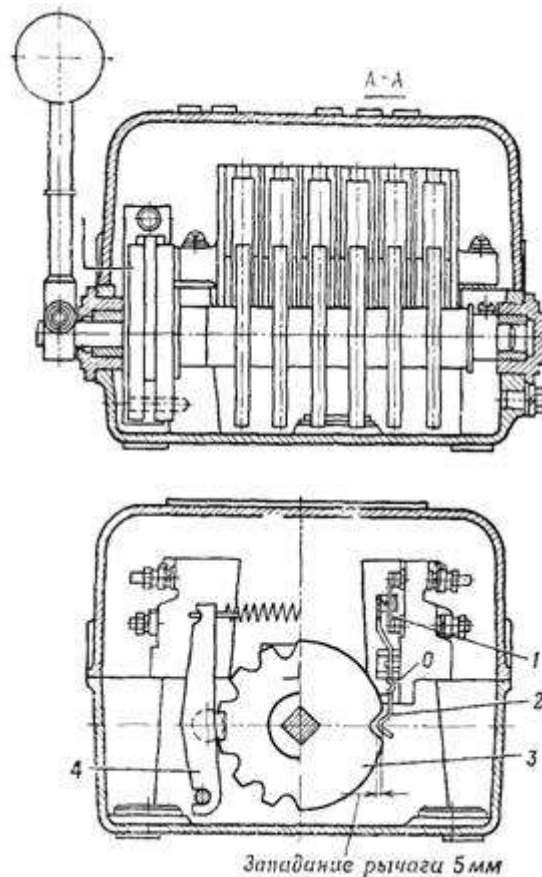
Рис.5. Кнопка управления.

### Командоконтроллеры.

Широкое распространение получили нерегулируемые кулачковые командоконтроллеры. На рис.6 представлен разрез командоконтроллера постоянного тока. Принцип действия аналогичен принципу действия силового кулачкового контроллера. С помощью мостикового контакта *1* в отключаемой цепи создаются два разрыва, что облегчает гашение дуги. Кулачковый привод, большое расстояние контактов от центра вращения *O* рычага *2*, большой межконтактный промежуток позволяют получить высокую скорость расхождения контактов и увеличить ток отключения почти в 4 раза по сравнению с током отключения кнопочного элемента. Моменты замыкания и размыкания контактов зависят от профиля кулачка *3*. Положение вала фиксируется с помощью рычажного фиксатора *4*. При вращении вала командоконтроллера происходит управление соответствующими силовыми контакторами, которые в свою очередь осуществляют коммутацию в силовых цепях двигателя.

При необходимости точной регулировки момента срабатывания применяются регулируемые кулачковые командоконтроллеры. Достоинством такого механизма является независимость скорости размыкания контактов от частоты вращения вала. Это даёт возможность использовать регулируемый командоконтроллер в качестве путевого выключателя с малой частотой вращения вала.

Рис.6. Нерегулируемый кулачковый командоконтроллер.



**Путевые, конечные выключатели и микровыключатели.** Путевой выключатель предназначен для замыкания или размыкания контактов цепи с небольшим током в зависимости от положения рабочего органа управляемой машины или аппарата. Конечные выключатели являются частным случаем путевых, поскольку конечный выключатель служит для коммутации цепей в крайних положениях органа управляемой машины.

Путевые выключатели в зависимости от способа привода контактов можно разбить на кнопочные, рычажные и шпindelные. В кнопочном путевом выключателе контролируемый орган машины воздействует на шток кнопочного элемента (рис.5). Особенностью этого выключателя является размыкание и замыкание контактов с такой же скоростью, что и скорость контролируемого органа. При небольшой величине тока гашение дуги происходит за счет механического растяжения, и при малом растворе контактов она вообще может не погаснуть.

В том случае, когда требуется остановить машину или сделать соответствующие переключения с высокой точностью применяются микропереключатели (рис.7).

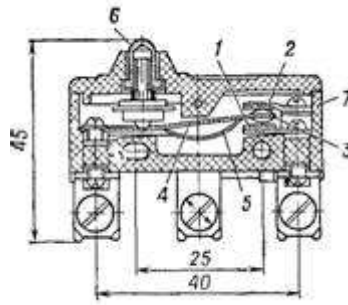


Рис.7. Путьевой микропереключатель.

Неподвижные контакты *1* и *2* укреплены в пластмассовом корпусе *7*. Подвижный контакт *3* укреплен на конце специальной пружины. Пружина состоит из двух частей: плоской *4* и фигурной *5*. В указанном положении пружина создаёт давление на верхний контакт *2*. При нажатии на головку происходят деформация пружины и переброс контакта в крайнее нижнее положение. Переход контакта из верхнего положения в нижнее совершается очень быстро.

Если необходимо обеспечить надежную работу переключателя при больших ходах и больших токах, применяются рычажные переключатели. Принцип действия одного из таких переключателей показан на рис.8. Контролируемый орган воздействует на ролик *1*, укрепленный на конце рычага *2*. На другом конце рычага находится подпружиненный ролик *12*, который может перемещаться вдоль оси рычага. В указанном на рисунке положении замкнуты контакты *7* и *8*. Положение механизма надежно зафиксировано защелкой *6*. При воздействии на ролик *1* рычаг *2* поворачивается против часовой стрелки. Ролик *12* поворачивает тарелку *11* и связанные с ней контакты *8* и *9*. При этом контакты *7* и *8* размыкаются, а *9* и *10* замыкаются. Замыкание и размыкание контактов происходит с большой скоростью, не зависящей от скорости движения ролика *1*.

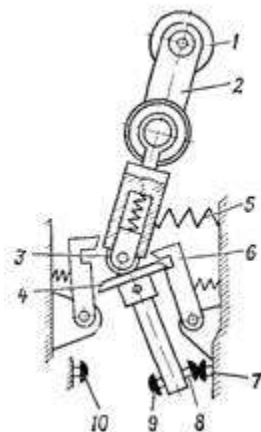


Рис.8. Рычажный путьевой переключатель.

### Проверка приборов для измерения температур.

Для манометрических термометров характерны три вида методических погрешностей: барометрическая, связанная с нестабильностью барометрического давления, гидроста-

тическая, связанная с высотой столба рабочей жидкости в системе и присущая жидкостным термометрам, температурная, связанная с разницей между температурами соединительного капилляра (и манометрической пружины) и термобаллона.



Проверка манометрических термометров включает: внешний осмотр и опробование, определение основной погрешности и вариации, установление качества записи и проверку погрешности хода диаграммы (для самопишущих приборов), проверку погрешности срабатывания сигнального устройства для сигнализирующих приборов, проверку электрической прочности и сопротивления изоляции электрических схем, которую выполняют только после ремонта прибора.

Аналогично проверяют биметаллические и dilatометрические термометры и термодатчики.

Проверка термопары включает определение зависимости термо-ЭДС от температуры рабочих концов при термостатированных (при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) свободных концах. Температуру рабочего конца можно установить по реперным точкам при затвердевании различных металлов и лишь с помощью термопары более высокого класса — методом сличения. Зависимость ЭДС от температуры для ряда термопар нелинейна, поэтому для более точного определения термо-ЭДС ГОСТ предусматривает специальные градуировочные таблицы. Так как свойства электродов при эксплуатации термопар могут немного изменяться, то градуировочные таблицы для каждой конкретной термопары требуется корректировать.

При измерениях необходима стабилизация температуры свободных спаев термопары вследствие того, что характеристика термопары нелинейна, а градуировочные таблицы составлены для температуры свободных спаев, равной  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Проверка технических термометров сопротивления включает: внешний осмотр (выявление видимых повреждений как защитной арматуры, так и чувствительного элемента, удаленного из защитной арматуры), измерение сопротивления изоляции мегаомметром на  $500\text{ В}$  (при этом зажимы каждого чувствительного элемента соединяются коротко), проверку отношения  $R_{100}/R_0$  путем сравнения поверяемого термометра с контрольным с помощью двойного моста, в котором контрольный термометр служит образцовым сопротивлением, а поверяемый — неизвестным.

Мост должен уравниваться дважды: первый раз после помещения и выдержки контрольного и поверяемого термометров в течение  $30\text{ мин}$  в насыщенных парах кипящей воды, а второй раз — в тающем льде. Так как температура  $0$  и  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  при таком методе не поддерживаются с высокой точностью, отношения не обязательно должны соответствовать табличным — важно, чтобы они были одинаковыми у контрольного и поверяемого термометров.

Сопротивления можно измерять и потенциометрической установкой. При этом измеряют падение напряжений на поверяемом и контрольном термометрах, включаемых последовательно.

Градуировке термисторов, предназначенных для измерения температуры, должны предшествовать внешний осмотр и определение допустимой мощности рассеяния, необходимой для расчета силы измерительного тока.

При градуировке сопротивление термистора измеряют с помощью моста или компенсационным методом в заданном интервале температур через каждые 10 К. Измеренные значения сопротивлений и температур наносят на графики, откладывая по оси абсцисс температуру, а по оси ординат — сопротивления, и полученные точки соединяют плавной кривой. Промежуточные значения сопротивлений определяют по полученной опытной кривой. Допускается в пределах до 100 К определять характеристику термистора расчетным путем.

## **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1. Тема и цель работы.
2. Зарисовать и записать виды и устройство командоаппаратов.
3. Зарисовать необходимые рисунки.
4. Выполнить индивидуальное задание.
5. Составить отчет о проделанной работе.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что называют командоконтролером.
2. Где применяются командоконтролеры и исполнительные механизмы..
3. Для чего применяют путевые и концевые выключатели..
4. Принцип работы рычажного путевого выключателя.
5. Назовите виды датчиков температуры.
6. Принцип работы датчиков температуры..

## **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