



ГБПОУ «Пермский политехнический колледж имени  
Н.Г. Славина»

**Методические указания**  
для обучающихся по выполнению практических работ  
по  
**МДК.01.02 «Организация работ по  
сборке, монтажу и ремонту  
электрооборудования промышленных  
организаций»**  
профессии  
**13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию  
электрооборудования (по отраслям)**

Рассмотрено на заседании  
Предметной цикловой комиссии  
*Рабочие профессии*  
Протокол №8  
от 17 марта 2021 г.  
Председатель ЦКК  
 Н.Ф. Шкулина

**Автор(ы):**

преподаватель  
ГБПОУ «ЦПК им. Н.Г. Славина»  
*Рякин Дмитрий Алексеевич*

Пермь - 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1</b>	Пояснительная записка	3
<b>2</b>	Содержание практических работ	5
	ПР № 1 «Применение ручного инструмента для выполнения электромонтажных работ»	5
	ПР № 2 «Чтение электрических схем включения светильников различной сложности.»	15
	ПР № 3 «Монтаж осветительной арматуры. Ремонт люминесцентных светильников».	20
	ПР № 4 «Отработка приёмов разметки трасс проводок. Дырорезные работы».	26
	ПР№5 «Монтаж открытых проводок».	33
	ПР№6 «Разделка и оконцовка кабелей»	40
	ПР№7 «Монтаж штыревых изоляторов и арматуры для монтажа СИП»	47
	ПР№8 «Разборка и сборка автоматов и магнитных пускателей»	56
	ПР№9 «Основные неисправности электрических машин и возможные причины их возникновения»	64
	ПР№10 «Присоединение вводов и шинных выводов к трансформатору»	67
	ПР№11 «Замена листов магнитопровода трансформатора небольшой мощности»	79
	ПР№12 «Монтаж и демонтаж измерительных трансформаторов»	93
	ПР № 13 «Монтаж оборудования камер сборных одностороннего обслуживания».	98
	ПР № 14 «Контроль изоляции и измерение сопротивления изоляции мегомметром».	107
	ПР№15 «Установка соединительных муфт и обеспечение соосности полумуфт»	110
<b>3</b>	Критерии оценок	115
<b>4</b>	Список источников и литературы	116

## Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических занятий обучающимися по дисциплине МДК.01.02 «Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций» обучающихся по профессии 13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)».

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в выполнении практических работ по МДК.01.02 «Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций» код наименования дисциплины

Настоящие методические указания содержат работы, которые позволят обучающимся закрепить теоретические знания, сформировать необходимые умения и навыки деятельности по специальности /профессии, направлены на формирование следующих компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.

ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.

ОК 4. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 7. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей)

ПК 1.3. Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта.

ПК 1.4. Составлять дефектные ведомости на ремонт электрооборудования.

В результате выполнения практических занятий по «МДК 01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций» обучающиеся должны:

иметь практический опыт

- проведения подготовительных работ для сборки электрооборудования;
  - сборки по схемам приборов, узлов и механизмов электрооборудования
- уметь:
- выполнять ремонт осветительных электроустановок, силовых трансформаторов, электродвигателей;
  - выполнять монтаж осветительных электроустановок, трансформаторов, комплексных трансформаторных подстанций;
  - выполнять прокладку кабеля, монтаж воздушных линий, проводов и тросов;
  - выполнять такие виды работ, как пайка, лужение и другие;
  - читать электрические схемы различной сложности;
  - выполнять сборку, монтаж и регулировку электрооборудования промышленных предприятий;
  - ремонтировать электрооборудование промышленных предприятий в соответствии с технологическим процессом;

- применять безопасные прием ремонта;  
знать:
- - технологические процессы сборки, монтажа, регулировки и ремонта: слесарные, слесарно-сборочные операции, их назначение;
- приемы и правила выполнения операций; рабочий (слесарно- сборочный) инструмент и приспособления, их устройство, назначение и приемы пользования;
- наименование, маркировку, свойства обрабатываемого материала;
- требования безопасности выполнения слесарно-сборочных и электромонтажных работ.

Описание каждого практического занятия содержит: раздел, тему, количество часов, цели работы, что должен знать и уметь обучающийся, теоретическую часть, порядок выполнения работы, контрольные вопросы, учебно-методическое и информационное обеспечение.

На выполнение практических занятий по МДК 01.02 «Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций» отводится указывается количество 24 часа.

## Содержание практических занятий

### Практическая работа №1

**Раздел:** МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

**Тема:** «Применение ручного инструмента для выполнения электромонтажных работ»»

**Количество часов:** 2час

#### Цели:

1. Получить практические навыки работы с механизмами, инструментами и приспособлениями для крепления электроконструкций
2. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

#### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

#### Теоретическая часть

Монтаж электрооборудования связан с выполнением крепежных работ, которые отличаются большой трудоемкостью. Поэтому дыропробивные и крепежные работы должны быть максимально механизированы. Для этих целей широко применяют электрифицированный и пороховой инструменты .

Электрифицированный инструмент. Промышленность России (Пермская научно-производственная приборостроительная компания (Пермская НППК), ОАО «Конаковский завод механизированного инструмента и др.) и зарубежных стран (Makita, Hitachi - Япония, BOSCH - Германия и др.) выпускает универсальный и специализированный инструмент: электродрели, электродрели ударного действия, перфораторы, молотки электрические ударные, электрические пилы и др.

Отечественные универсальные дрели с функцией удара (МЭС – 550ЭРУ, МЭС – 600 ЭРУ, ИЭ 1505 БЭ, ИЭ 1511 БЭ и т.п.) выполняют ударно-вращательное действие с реверсом при регулировании и фиксации необходимой скорости вращения и предназначены для сверления, сверления с ударом, резания мягких металлов, завинчивания и вывинчивания винтов, нарезания резьбы, шлифования, полирования и др.

Максимальный диаметр сверления, например дрели МЭС-600ЭРУ мощностью 600 Вт с частотой вращения 0-1600 об/мин и частотой 0-25600 ударов минуту, составляет:

- в металле 13 мм;
- в дереве 25 мм;

- в бетоне 16 мм.

Перфоратор (рис.) предназначен для бурения отверстий в бетоне, образования ниш, штраб, проемов, обработки и разрушения строительных материалов, сверления (табл.

Класс электробезопасности перфоратора – II в изолирующем корпусе (двойная изоляция).



Рис Перфоратор ERP-1000

Предохранительная муфта ограничивает усилие на руки оператора при заклинивании инструмента.

Кроме того, в перфораторе предусмотрены:

- автоматический переход на безударный режим;
- встроенная виброзащита;
- быстрая смена инструмента;
- использование буров с хвостовиком "GROSSE KEILWELLE";
- возможность использования буров с хвостовиками "SDS-plus" посредством переходника;
- фиксирование курка выключателя;
- встроенный фильтр для устранения радиопомех;
- встроенный переключатель режимов работы: ударно-вращательный, вращательный.

Для получения отверстий различной формы (квадратной, прямоугольной), а также для расширения проемов различных форм, прокладки канавок используется в составе перфораторов ударный инструмент. К этому инструменту относятся различные по типу пики (обычно длиной 250-320 мм), долота (канавочные и плоские, например шириной 22-26 мм и 20-40 мм соответственно). Данный инструмент работает только в ударном режиме, для этого в импортных перфораторах (BOSCH PBN 240RE, Makita HR 2010 и др.) предусмотрено отключение вращательного движения. В отечественных перфораторах, например, Пермской НППК, для ударного инструмента предусмотрена специальная насадка, которая крепится под съемную ручку перфоратора и удерживает ударный инструмент от вращения, при этом хвостовик ударного инструмента имеет специальную конструкцию.

Таблица 1. Техническая характеристика перфоратора ERP-1000

Номинальная мощность, Вт	1010
Частота питающего напряжения, Гц	$50 \pm 2,5$
Номинальное напряжение, В	$220 \pm 22$
Диапазон диаметров сверления, мм	
- бурами	6-40
- коронками до	90
Средняя скорость бурения по бетону с прочностью 20 МПа буром диам. 22 мм не менее, мм/мин	100
Режим работы	продолжительный
Масса, кг	5,8
Габаритные размеры, мм	373x82x209

Молоток электрический ударный (рис. 1.2) имеет трехпозиционный переключатель режимов работы и предназначен для различных видов работ: пробивки борозд и штрабления в бетонных и кирпичных основаниях, выдалбливания пазов, гнезд и отверстий, чистки и рихтовки поверхностей, рубки металла, снятия керамической плитки и т.п. (табл. 1.2).

Рис..Молоток МЭУ-125



Таблица 1.2 Технические характеристики электромолотка МЭУ-125

Номинальное напряжение, В	$220 \pm 22$
---------------------------	--------------

Частота питающей сети, Гц  $50 \pm 2,5$

Потребляемая мощность, Вт 125

Частота ударов в минуту 50; 25; 16; 6

Энергия удара, Дж 0,7

Режим работы S2 (повторно кратковременный)

Габаритные размеры, мм 320x80x105

Масса, кг 1,5

Для выборки борозд под скрытые электропроводки в кирпичных, гипсолитовых и им подобных основаниях применяют электрические бороздоделы (рис. 1.3): основной рабочий орган – дисковая фреза с зубьями. Например, японская фирма «Hitachi» выпускает модели CNF 35 U мощностью 1500 Вт со скоростью вращения 10000 об/мин и CNF 35 U мощностью 2400 Вт со скоростью 6600 об/мин на максимальную глубину и ширину реза 35, 25 мм и 65, 40 мм соответственно [5].



Рис. 1.3. Бороздодел



Для работы с ручным электроинструментом допускаются обученные лица не моложе 18 лет, имеющие II-ю квалификационную группу по электробезопасности и получившие удостоверение.

Персонал, работающий с электроинструментом, обязан выполнять следующие требования [1]:

- запрещается работать без очков, с приставных лестниц, под дождем, ремонтировать и передавать инструмент другому лицу, оставлять или переносить его во включенном состоянии;

- перед включением в электрическую сеть проверить исправность электроинструмента.

При осмотре и проверке электроинструмента до включения в сеть необходимо убедиться в исправности всех его составных частей и сборочных единиц. Шпиндель редуктора должен легко и без шума проворачиваться усилием руки.

Отверткой или ключом проверяют затяжку винтов, крепящих узлы и детали. Мегомметром проверяют сопротивление питающих проводов. При отключенном положении выключателя электроинструмента мегомметр должен показывать не менее 0,5 МОм, при включенном – нуль.

При измерении сопротивления изоляции один зажим мегомметра 3 (земля) присоединяют к металлической части корпуса электроинструмента, другой зажим Л (линия) – поочередно к каждому из выводов вилки. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

Пороховые инструменты [1]. К ним относятся ручные инструменты, где в качестве источника энергии применяют патроны с пороховым зарядом. Такие инструменты предназначены для забивки дюбелей из термически обработанной стали в бетонные, кирпичные и металлические основания.

Принцип работы пистолета заключается в следующем (рис. 1.4, а): дюбель-гвоздь или дюбель-винт 1 вставляют в направляющий пистолета 2, а в ствол 3 с подвижным поршнем 4 заряжают патрон 5. На строительное основание 9 устанавливают монтажное изделие 8 и прижимают к основанию прижимом 7, при помощи спускового механизма 6 осуществляется выстрел. Пороховые газы в канале ствола 3 разгоняют поршень 4, он ударяет по дюбелю 1 и забивает его.

Аналогично работает колонка (рис. 1.4, б) с той только разницей, что поршень 4 выполнен как одно целое с пробойником 10, которым делают отверстия в бетонных перекрытиях толщиной до 50 мм.

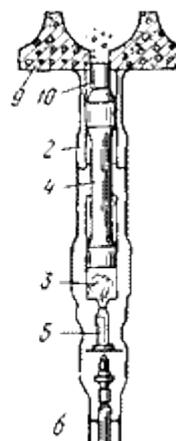
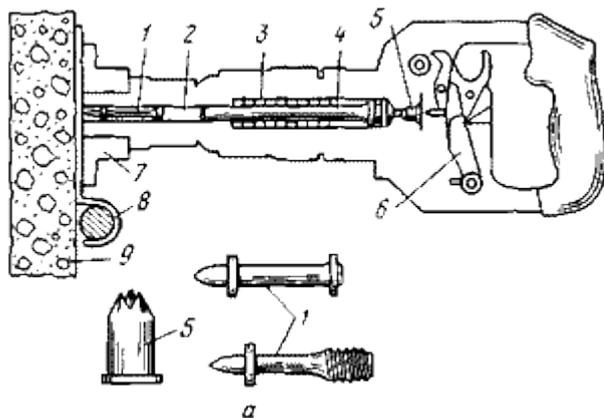
Для работы с пороховым инструментом допускаются обученные лица не моложе 18 лет с образованием не ниже семи классов и квалификацией по основной специальности не ниже третьего разряда, проработавшие не менее двух лет и получившие удостоверение.

Инженерно-технические работники (ИТР) должны быть обучены и аттестованы на право руководства работами с применением пороховых инструментов.

Рис. 1.4. Устройство пороховых инструментов:



а – монтажный поршневой пистолет ПЦ-84; б – ударная пороховая колонка УК-6



Запрещается крепить дюбелями конструкции, подверженные вибрации и динамическим нагрузкам; вести пристрелку в присутствии посторонних лиц; оставлять или переносить пистолет в заряженном состоянии; передавать пистолет посторонним.

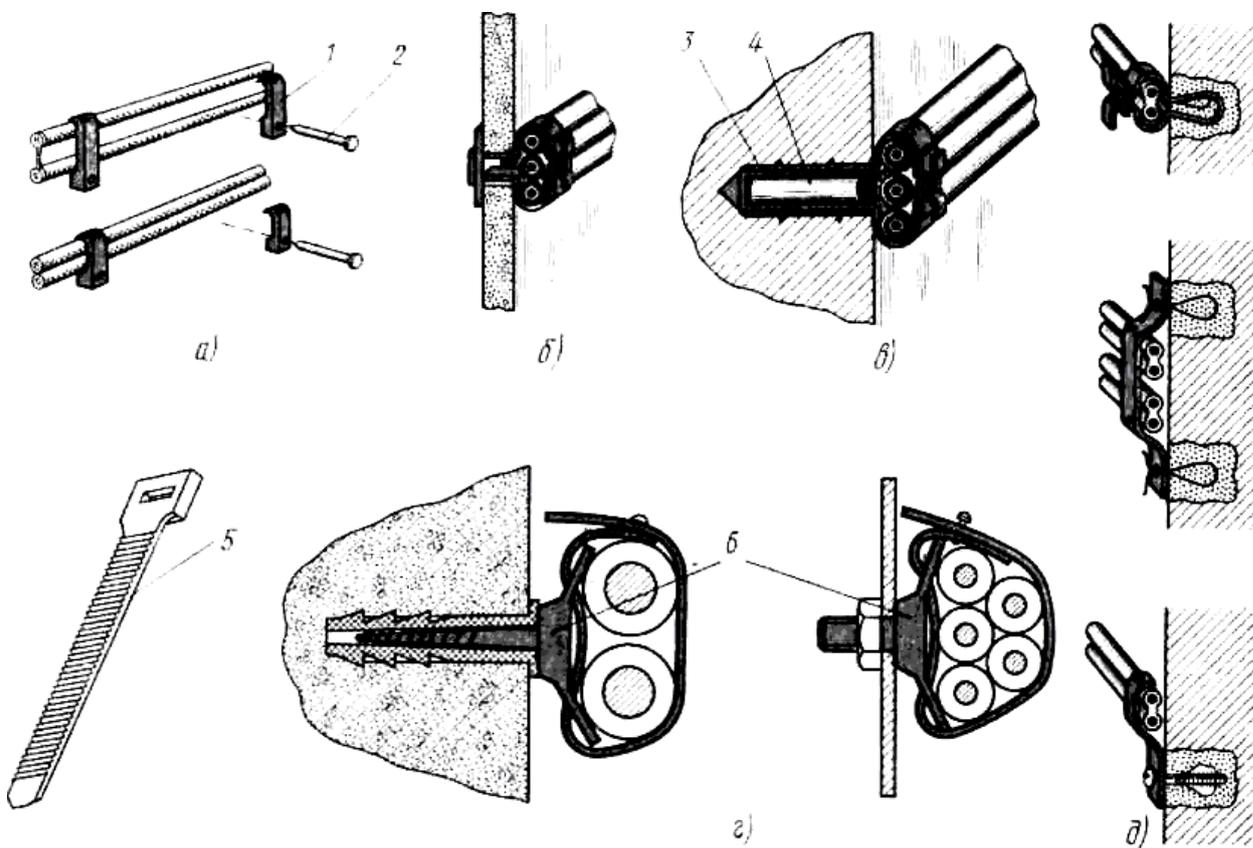
Крепление электроконструкций пороховым инструментом [1]. До начала работ ИТР (мастер) обязан осмотреть рабочее место, проинструктировать рабочих и обеспечить инвентарем, проверить наличие индивидуальных средств защиты и соблюдение правил безопасности.

При разметке места закрепления электроконструкций необходимо: изучить чертеж и определить способ крепления; определить материал строительного основания (бетон, кирпич, марка стали и т. п.), выбрать тип дюбеля и патрона; при помощи шаблона разметить точки крепления; в железобетонных основаниях определить места расположения арматуры арматуроискателем типа ИА-25.

Оператор, выполняющий монтаж, должен работать в специальной одежде, в рукавицах, в каске, с противозумными наушниками. Лицо должно быть защищено маской из небьющегося стекла, на поясе подвешивают сумки для патронов и дюбелей, на пистолете обязательно закрепляют прижим.

Крепление к закладным деталям. Закладные детали устанавливают в строительные основания: при кладке кирпича (рис. 1.5, а), при бетонировании или изготовлении железобетонных изделий на заводах.

Рис. 1.5. Способы крепления электрических конструкций:

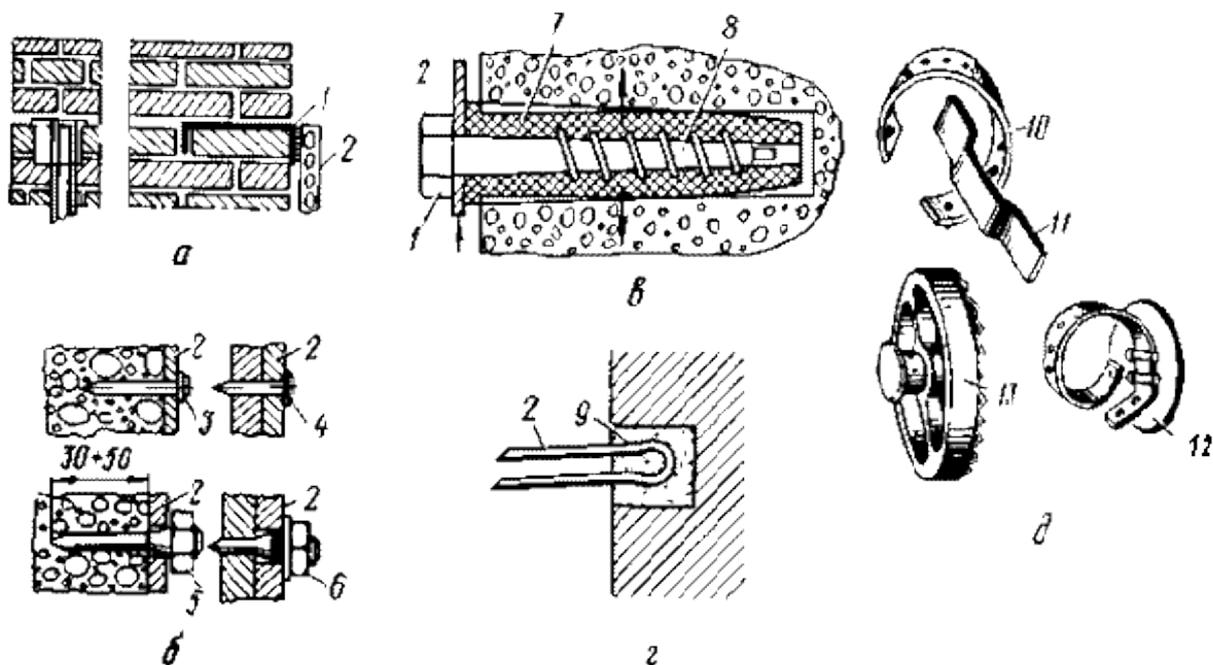


Электроконструкции крепят к закладным деталям непосредственно сваркой или через переходные элементы – скобы, планки на болтах. Закладные детали обеспечивают наиболее экономичное и надежное крепление элементов электроустановок.

Крепление забивными дюбелями. Несъемные конструкции крепят к бетонным и кирпичным основаниям при помощи пистолета ПЦ-84 забиванием дюбель-гвоздей типа ДГП размерами от 3,7x20 до 6,8x100 мм; к стальным основаниям дюбель-гвоздями типа ДГН.

Съемные конструкции по бетону крепят дюбель-винтами типа ДВ размером от М4x35 до М10x60 мм, по стали – дюбель-винтами типа ДВН (см. рис. 1.5, а).

Способы крепления стальной полосы заземления на прокладках и кабельных конструкций показаны на рисунке 1.5, б.



Крепление распорными дюбелями. В практике электромонтажных работ применяют пластмассовые и металлические дюбеля.

Принцип крепления распорными дюбелями основан на распираии стенок дюбеля винтом (рис. 1.5, в), в результате чего дюбель плотно закрепляют в отверстии строительного основания.

Технология крепления: в строительном основании электродрелью или ручным пробойником типа ПО-1У с оправкой ОПКМУ1 делают отверстие соответственно диаметру и длине дюбеля; выбирают типоразмер дюбеля и устанавливают его в отверстие заподлицо с основанием; устанавливают деталь, вставляют винт и закручивают его ключом.

Запрещается использовать для крепления электроконструкций деревянные пробки вместо дюбелей, а также забивать винты или шурупы в дюбеля.

Крепление алебастровым раствором. Применяют для крепления деталей массой до 5 кг при малых объемах работ и отсутствии средств механизации.

Принцип крепления основан на быстром твердении алебастрового раствора в отверстии строительного основания с крепежной деталью (рис. 1.5, г).

Технология крепления: заготовить отверстие, удалить пыль и промыть его водой; размешать в гипсовке алебастр и воду (на 100 г алебастра 40...70 г воды). Раствор использовать за 4...6 мин; заполнить отверстие раствором на 1/4 глубины и установить деталь. Уплотнить раствор и через 20 мин зачистить заподлицо с основанием. Алебастр затвердевает через 1,5...2 ч.

Крепление приклеиванием [1]. Приклеиванием можно крепить к любым строительным основаниям детали массой до 200 г с площадью соприкосновения не менее 6 см<sup>2</sup>. Детали для приклеивания изготавливают из стали и пластмассы (рис. 1.5, д).

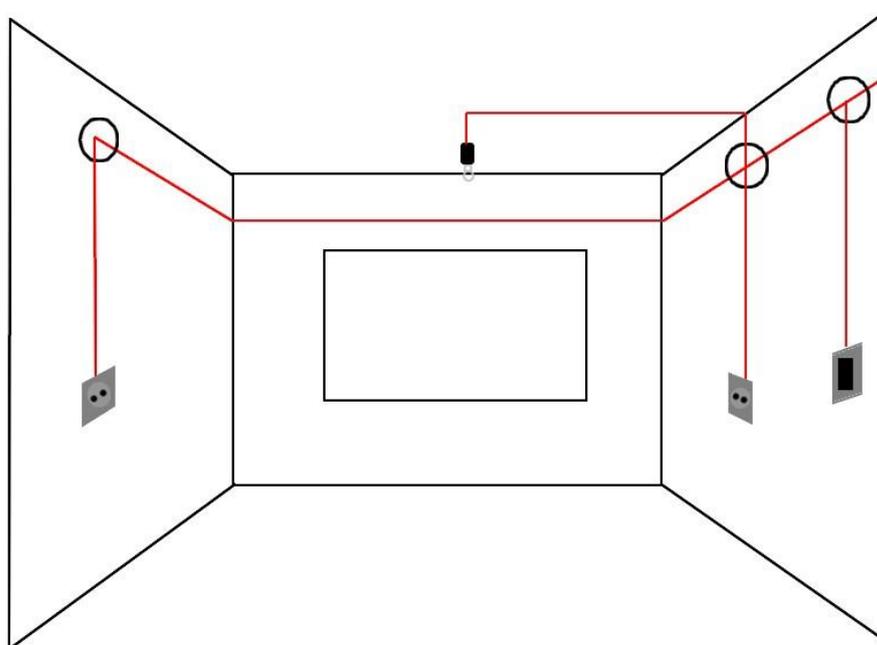
Технология приклеивания: строительное основание и деталь зачищают щеткой от побелки, краски, смазки и т. п.; клей БМК-5К наносят на основание слоем 0,5...1 мм; деталь покрывают клеем такой же толщины, прижимают к основанию и удерживают 3...5 с до схватывания.

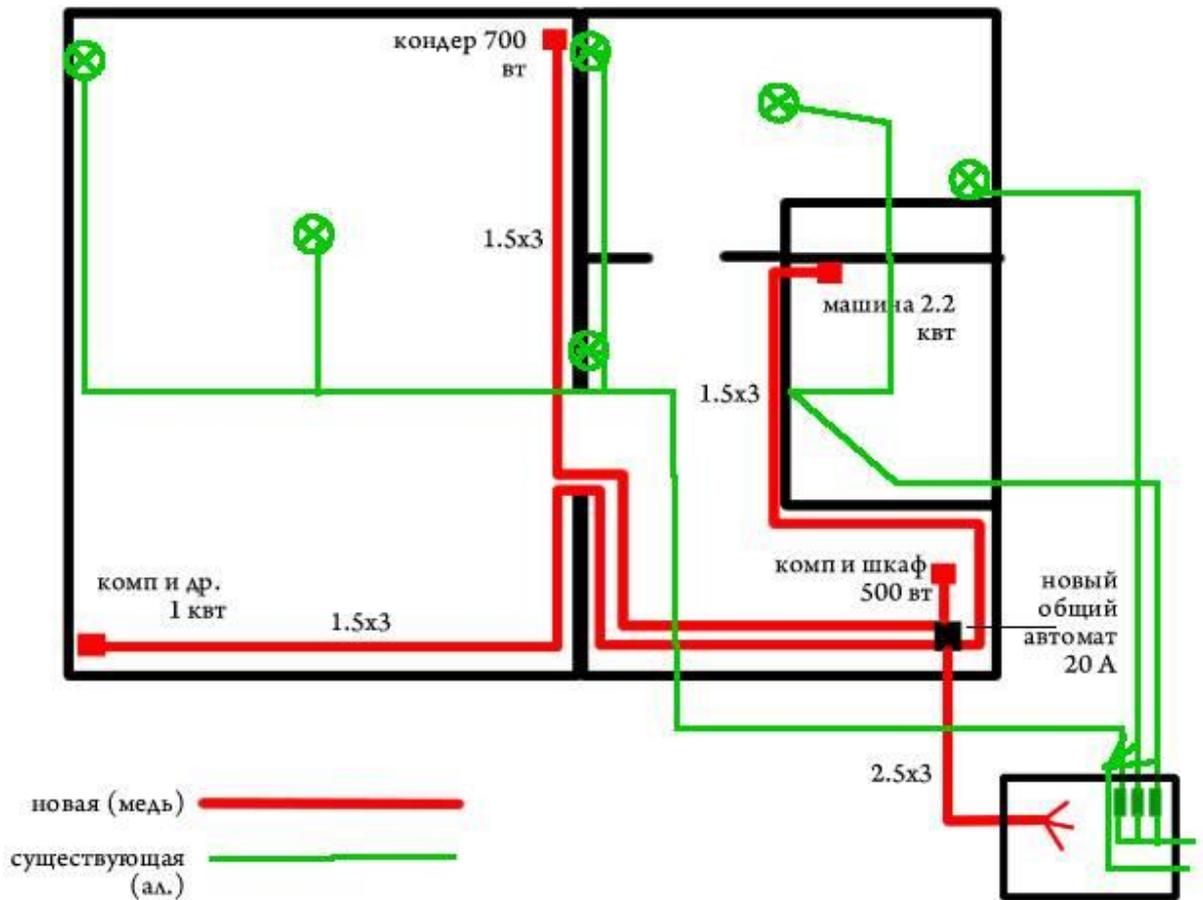
Последующие монтажные работы можно выполнять через 24 ч. Клей БМК-5К ядовит и пожароопасен, поэтому при работе с клеем необходимо строго соблюдать правила безопасности.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить образцы деталей, механизмов и инструмента для крепежных работ по схеме.
2. В соответствии индивидуальным заданием вычертите эскиз электропроводки с элементами крепления и составьте указания по монтажу.
3. Составьте заявку на материалы и инструменты для монтажа узла крепления по заданию.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1





### Контрольные вопросы

1. Перечислите способы крепления электроконструкций.
2. Какие существуют средства механизации крепежных и пробивных работ?
3. Расскажите правила проверки и работы с электрифицированным инструментом.
4. Укажите основные операции, которые можно выполнить перфоратором.
5. В чем отличие электродрели ударного действия от перфоратора?
6. Для чего предназначены молотки электрические ударные?
7. Расскажите технологию штрабления оштукатуренной кирпичной стены под электропроводку.
8. Опишите технологию крепления электроконструкций распорными пластмассовыми дюбелями.
9. Расскажите правила работы с пороховым инструментом.
10. Как используют для крепления электроконструкций деревянные пробки?

## Практическая работа №2

Раздел: МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

Тема: «Чтение электрических схем включения светильников различной сложности.»

Количество часов: 2 час

Цели:

1. Получить практические навыки со схемами включения люминесцентных ламп (ЛЛ) в сеть
2. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть

Люминесцентная лампа – это длинная стеклянная трубка (колба) 1, внутренняя поверхность которой покрыта слоем люминофора 2 (рис. 6.1) [1, 2, 7]. В герметически закрытых торцах колбы на молибденовых электродах 3, прикрепленных к стеклянной ножке 5, смонтирована вольфрамовая оксидированная моноспираль 6. К электродам 4 спирали 6 припаяны штырьки 8, изолированные от цоколя лампы 7 специальной мастикой.

Лампа заполнена аргоном и небольшим количеством ртути. Электрический разряд в такой лампе начинается в атмосфере инертного газа, а затем, по мере испарения ртути, продолжается в ее парах.

Преобразование электрической энергии в световое излучение в люминесцентных лампах имеет две фазы: электрический разряд в парах ртути сопровождается коротковолновым ультрафиолетовым излучением (первая фаза); возникающая ультрафиолетовая радиация, воздействуя на люминофор, вызывает его фотолюминесценцию (вторая фаза). Таким образом, люминофор преобразует ультрафиолетовое излучение в видимое. Спектр излучения лампы зависит от химического состава люминофора.

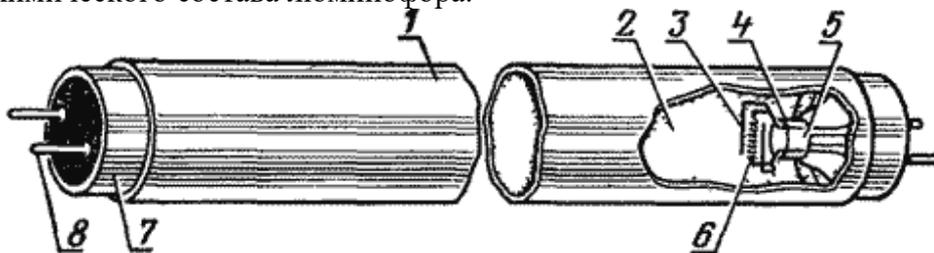


Рис. 6.1. Устройство люминесцентной лампы: 1 – стеклянная трубка (колба); 2 – люминофор; 3 – проволочные экраны; 4 – электроды; 5 – ножка; 6 – оксидированная моноспираль; 7 – цоколь; 8 – ножки-штырьки

В зависимости от цветности и назначения люминесцентные лампы отечественного производства имеют соответствующую маркировку: ЛД – лампа дневного света, ЛБ –

лампа белого света, ЛХБ – лампа холодно-белого света, ЛТБ – лампа тепло-белого света, ЛДЦ – лампа улучшенной цветопередачи, ЛФ – лампа с высокой фотосинтетической эффективностью. Цифры в маркировке лампы, например ЛТБ - 80, означают потребляемую мощность в ваттах.

Мощность выпускаемых люминесцентных ламп составляет: 15, 20, 30, 40, 65 и 80 Вт. Средняя продолжительность горения всех типов ламп не менее 10 тыс. часов при оптимальных условиях:  $t = 18 \dots 25 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха не более 70 %.

Для разогрева электродов люминесцентной лампы и облегчения её зажигания в схеме включения часто применяют стартер. Стартер (рис. 7.2) представляет собой миниатюрную газоразрядную лампу 3 с биметаллическими (одним или двумя) электродами 1 и 2, заполненную смесью 60 % аргона, 28,8 % неона и 11,2 % гелия.

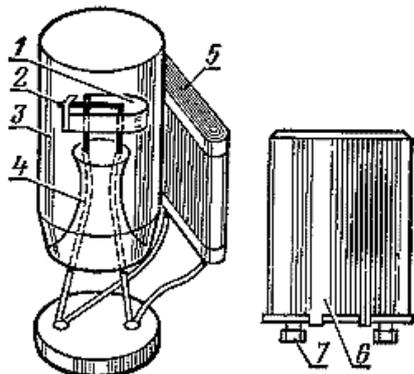


Рис. 7.2. Устройство стартера тлеющего разряда: 1, 2 - биметаллические электроды; 3 - газоразрядная лампа; 4 - токоподводы; 5 - конденсатор; 6 - металлический корпус; 7 - контактные электроды

Стеклянная колба лампы стартера помещена в металлический корпус цилиндрической формы 6. Напряжение зажигания газоразрядной лампы составляет 70 В для стартера, рассчитанного для работы в сети 127 В и 128 В для стартера на 220 В. Присоединение стартера к схеме осуществляется контактными электродами 7.

#### Схемы включения газоразрядных ламп

Схемы включения газоразрядных ламп могут быть стартерными и бесстартерными [1, 2].

Стартерная схема включения трубчатой люминесцентной лампы низкого давления показана на рис. 6.3.

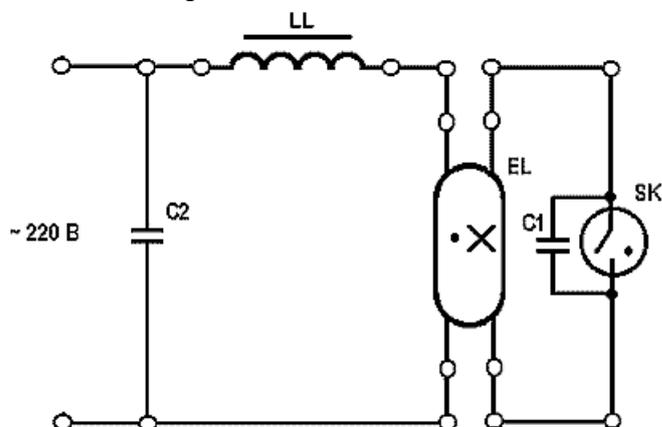


Рис. 6.3. Стартерная схема включения люминесцентной лампы

При подаче напряжения на схему ток через лампу EL не течет, так как газовый промежуток является изолятором и для его пробоя нужно напряжение, превышающее напряжение сети. В стартере SK при этом возникает тлеющий разряд, сопровождающийся протеканием тока (20...50 мкА) в электрической цепи (дроссель LL,

нить накала электродов люминесцентной лампы EL, стартер SK). Биметаллические электроды стартера SK разогреваются, изгибаются, накоротко замыкаются друг с другом и замыкают цепь накала электродов люминесцентной лампы EL через дроссель LL на напряжение сети. Проходящий при этом по нитям накала электродов ток в 1,4...1,5 раза превышает номинальный рабочий ток люминесцентной лампы.

За 1...2 с электроды люминесцентной лампы разогреваются до 700...900 °С, вследствие чего увеличивается электронная эмиссия, и облегчаются условия пробоя газового промежутка. После прекращения тлеющего разряда в стартере его электроды охлаждаются и, возвращаясь в исходное положение, размыкают цепи накала электродов люминесцентной лампы. В момент разрыва цепи возникает электродвижущая сила самоиндукции в дросселе LL, величина которой пропорциональна индукции дросселя и скорости изменения тока в момент разрыва цепи. Образовавшийся за счет э.д.с. самоиндукции импульс повышенного напряжения (700...1000 В) прикладывается к электродам лампы. Происходит пробой и лампа начинает светиться. К стартеру же, включенному параллельно лампе, прикладывается приблизительно половина напряжения сети, которого недостаточно для повторного пробоя его газоразрядной лампы, и поэтому она больше не зажигается. Если лампа не зажглась, зажигание автоматически повторяется.

Дроссель (катушка с железным сердечником) служит также и для ограничения тока в лампе, обеспечивая её стабильную работу. Для уменьшения радиопомех в цепь стартера включен конденсатор C1. Пускорегулирующие аппараты (ПРА) в схеме ламп расходуют около 30% их номинальной мощности.

В схеме используется конденсатор C2, который компенсирует реактивную мощность, создаваемую дросселем и тем самым увеличивает коэффициент мощности светильника с ЛЛ до 0,9...0,95.

Общий недостаток газоразрядных источников света заключается в том, что световой поток их пульсирует с частотой равной 100 Гц. Глаз не в состоянии уловить непрерывное мелькание света благодаря зрительной инерции. Однако при освещении пульсирующим светом вращающихся и движущихся предметов может возникнуть стробоскопический эффект, который заключается в появлении ложного представления неподвижности, обратного направления вращения или множественности движущихся предметов. Это очень опасно в производственных условиях.

В стартерных (одноламповых) схемах включения применяют дроссели типа 1УБК и 1УБИ (рис. 6.4, а).

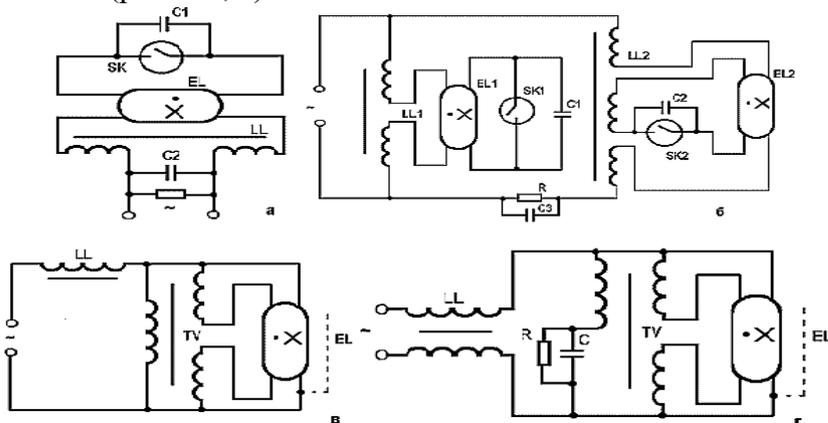


Рис. 6.4. Схемы включения люминесцентных ламп:  
а – одноламповой с ПРА типа 1 УБИ и 1 УБК; б – двухламповой стартерной с ПРА типа 2 УБК;  
в – одноламповой бесстартерной с ПРА типа 1 АБИ;  
г – одноламповой бесстартерной с ПРА типа 1 АБК.

Для устранения стробоскопического эффекта газоразрядные лампы включают по двухламповой схеме (рис. 6.4, б), которая обеспечивает изменение светового потока каждой из ламп со сдвигом по фазе. Вследствие этого суммарный световой поток двух ламп почти не пульсирует, что достигается включением в цепь одной из ламп конденсатора СЗ и разрядного резистора R.

Учитывая то, что стартерные схемы включения газоразрядных ламп недостаточно надежны в работе, промышленность выпускает бесстартерные схемы (рис. 6.4, в, г), где балластные устройства 1 АБИ и 1 АБК имеют обычный или симметрированный дроссель, накальный трансформатор TV с вторичной обмоткой, разделенной на симметричные части и проводящей проволочки (или полоски) на лампе. Эта проволочка (на рис.6.4 изображена пунктиром) облегчает зажигание лампы.

При включении люминесцентной лампы по схемам (рис. 6.4, в, г) на лампу одновременно подается напряжение от первичной обмотки накального трансформатора TV для зажигания и для подогрева электродов лампы от накальных обмоток.

Однако качество освещения и продолжительность срока службы люминесцентной лампы зависят от устройства, обеспечивающего ее зажигание и поддержание рабочего режима.

Электромагнитные пускорегулирующие аппараты, описанные выше, из-за своих недостатков (мерцающего света, нестабильности освещенности при колебаниях напряжения сети, повышенного уровня шума, низкого коэффициента мощности, отсутствия возможности управления светом) не позволяют в полной мере раскрыть все возможности освещения с использованием люминесцентных ламп [5, 6]. Устранить эти недостатки и получить дополнительные возможности энергосбережения позволяют электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), второе название которых – электронные балласты. Современные электронные балласты обеспечивают:

- мгновенное (без мерцаний и шума) зажигание ламп;
- комфортное освещение (приятный немерцающий свет без стробоскопических эффектов и отсутствие шума) благодаря работе в высокочастотном (40 кГц) диапазоне;
- стабильность освещения независимо от колебаний сетевого напряжения;
- отсутствие миганий и вспышек неисправных ламп, отключаемых электронной системой контроля неисправностей;
- близкий к единице коэффициент мощности благодаря потреблению синусоидального тока с нулевым фазовым сдвигом.

Электронные балласты являются достаточно дорогими устройствами, однако начальные затраты компенсируются их высокой экономичностью, которая характеризуется:

- уменьшенным на 20 % энергопотреблением (при сохранении светового потока) за счет повышения светоотдачи лампы на повышенной частоте и более высокого к.п.д. ЭПРА;
- увеличенным на 50% сроком службы ламп благодаря щадящему режиму работы и пуска;
- снижением эксплуатационных расходов за счет сокращения числа заменяемых ламп и отсутствию необходимости замены стартеров;
- дополнительным энергосбережением до 80% при работе в системах управления светом.

Электронные балласты производятся в массовом количестве и имеют высокий спрос на Западе, где интенсивно внедряются энергосберегающие технологии. В настоящее время электронные балласты находят растущее применение в изделиях ведущих электротехнических и светотехнических фирм "OSRAM", "PHILIPS", "GENERAL ELECTRIC", "SYLVANIA", "TRIDONIC", "MOTOROLA LIGHTING" и др. [6–10].

ЭПРА являются преобразователями тока сетевой частоты (50 Гц) в ток повышенной частоты (40 кГц) и содержат необходимые узлы для поддержания оптимального режима зажигания и работы лампы, а также устройства контроля работоспособности ламп и средства защиты от аномальных режимов [6, 7]. Модификации ЭПРА имеют возможность работы с устройствами управления светом. Электронные балласты, предназначенные для установки в двухламповые светильники 2x40 (36) Вт, 2x20 (18) Вт, выполнены по схеме, представленной на рис. 7.5, и содержат следующие узлы: сетевой узел защиты, сетевой фильтр, выпрямитель, корректор коэффициента мощности, инвертор, узел защиты, модуль управления.



Рис. 6.5. Силовая блок-схема ЭПРА

### ЗАДАНИЕ

1. Изучите элементы схем включения люминесцентных ламп.
2. Ознакомьтесь с монтажной схемой включения люминесцентных ламп.
3. Монтажными проводами соберите схему включения ламп.
4. Ответьте на контрольные вопросы

### Контрольные вопросы

1. В чем принципиальные отличия газоразрядных источников света от ламп накаливания?
2. Каковы функции дросселя, стартера, конденсатора?
3. Назовите основные преимущества и недостатки люминесцентных ламп.
4. Может ли работать люминесцентная лампа без балластного устройства? Без стартера?
5. Как осуществляется предварительный нагрев электродов?

## Практическая работа №3

Раздел: МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

Тема: «Монтаж осветительной арматуры. Ремонт люминесцентных светильников»

Количество часов: 2 час

### Цели:

1. Получить практические навыки работы. С элементами схем включения люминесцентных ламп.

2. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.

2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть

#### Способы крепления светильников

Для крепления светильников с люминесцентными лампами используют конструкции КЛ (рис. 7.6), в комплект которых входят коробка КЛ – 1УЗ и КЛ – 2УЗ, заглушки КЛ – 3УЗ, потолочные скобы КЛ – СПУЗ и тросовые подвесы КЛ – ПТУЗ, изготавливаемые с лакокрасочным покрытием [3, 4].

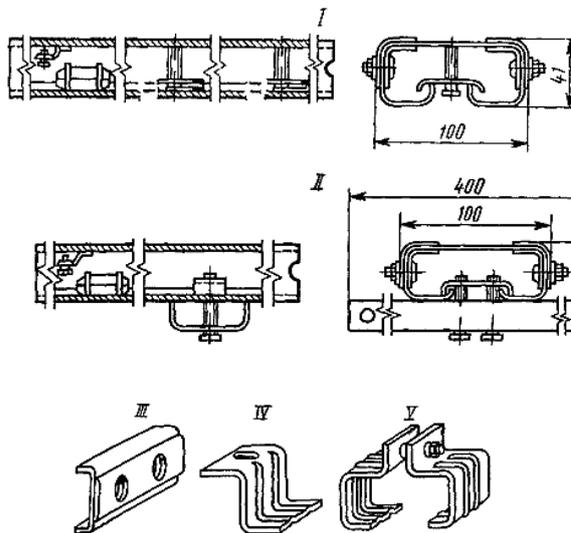


Рис. 7.6. Конструкции КЛ для светильников с люминесцентными лампами

Коробка КЛ-1УЗ – (I) и КЛ-2УЗ – (II) служат для прокладки в них проводов электропроводки, крепятся между собой накладками и стандартными резьбовыми болтами, что обеспечивает не только надежное механическое их соединение, но и непрерывную электрическую связь заземления. В коробах КЛ-1УЗ предусмотрена однорядная подвеска светильников, а в КЛ-2УЗ – двухрядная, при этом первый тип коробов крепится на расстоянии 2 м между опорами и имеет допустимую нагрузку 700 Н, а второй тип – соответственно 1 м и 1400 Н.

Короба поставляют с ответвительными сжимами У739МУЗ для присоединения светильников к магистральным проводам (из расчета три сжима на два короба). Для осмотра или ремонта светильники опускают на двух подвесах, которые в рабочем положении складываются и заходят внутрь короба.

Заглушки КЛ-ЗУЗ (III) используют для закрывания торцов коробов, потолочные скобы КЛ – СПУЗ (IV) – для крепления коробов к перекрытиям с помощью болтов или дюбелей. А тросовые подвесы КЛ – ПТУЗ (V) – для подвески коробов на катанке – проволоке или тросе диаметром 8 мм.

Люминесцентные светильники 1 (рис. 6.7) с помощью тросового подвеса 8 устанавливают на коробах 2, которые крепят к перекрытию 6 подвесом 4 через закладную деталь 5. Питание светильников рабочего освещения осуществляется кабелем 3, а аварийного освещения – кабелем 7.

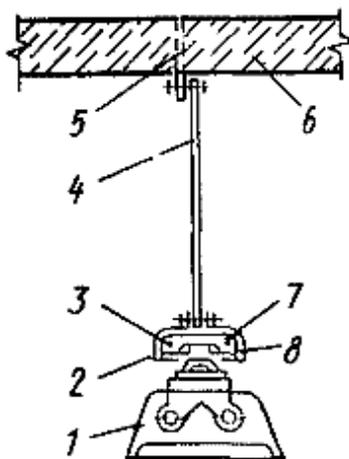


Рис. 6.7. Способы подвески конструкций КЛ

Светильники присоединяют к сети внутри коробов с помощью осветительных сжимов У739 без разрезания проводов. При этом короба собирают в линию длиной 20 м из десяти двутавровых секций, что позволяет подвешивать на них 15 люминесцентных светильников при однорядном и 30 при двухрядном расположении.

**Крепление светильников ЛПО с помощью дюбелей.** Для освещения жилых и общественных помещений предназначены, например, потолочные светильники типа ЛПО (табл. 6.1), выпускаемые заводом «Люмсвет» (г. Москва) с одним, с двумя отражателями (крыльями) или без отражателя, с одной или двумя лампами (18 Вт, 36 Вт и 58 Вт) (рис. 6.8) [10].

В корпусе светильника имеется отверстие для проводки питающего провода. Стальной корпус светильника обычно крепят к потолку дюбель-гвоздями, дюбель-винтами или распорными дюбелями.

Таблица 6.1 Технические характеристики светильников ЛПО

Наименование	Кол-во ламп	Мощность, Вт	Габаритные размеры, мм		
			Длина	Ширина	Высота
ЛПО-71-1x18-703	1	18	620	200	105
ЛПО-71-2x18-703	2	18	620	200	105
ЛПО-71-1x36-703	1	36	1227	200	105
ЛПО-71-2x36-703	2	36	1227	200	105
ЛПО-71-1x58-703	1	58	1527	200	105
ЛПО-71-2x58-703	2	58	1527	200	105
ЛПО-71-1x18-803	1	18	620	60	90

ЛПО-71-2x18-803	2	18	620	100	85
ЛПО-71-1x36-803	1	36	1227	60	90
ЛПО-71-2x36-803	2	36	1227	100	85
ЛПО-71-1x58-803	1	58	1527	60	90
ЛПО-71-2x58-803	2	58	1527	100	85
ЛПО-71-1x18-903	1	18	620	90	160
ЛПО-71-1x36-903	1	36	1227	90	160
ЛПО-71-1x58-903	1	58	1527	90	160



а б в

Рис. 6.8. Общий вид светильников ЛПО: а – ЛПО-71-703 (с двумя крыльями); б – ЛПО-71-803 (без крыльев); в – ЛПО-71-903 (с одним крылом)

Светильники ЛВО-27 (рис. 6.9) типа Down Light [10] предназначены для освещения общественно-административных и жилых помещений (рис. 6.10). Легко устанавливается в подвесной потолок при помощи пружинных клипс. Зеркальный отражатель обеспечивает световой поток с нужным углом рассеивания. В светильнике используются компактные люминесцентные лампы или лампы накаливания. Светильники поставляются белого, черного, серебристого (алюминиевого) цветов, другие цвета – по заказу. Комплекуются электромагнитными или электронными пускорегулирующими аппаратами.



Рис. 7.9. Светильник ЛВО-27-190-110 под две компактные люминесцентные лампы мощностью 18 Вт



Рис. 6.10. Светильники направленного света серии Down Light

Завод светильников "ЛЮМСВЕТ" [10] выпускает также встраиваемые растровые светильники. Светильники могут комплектоваться любым отражателем по желанию заказчика – двойным параболическим "Парабола", "Милано", "Верона", V-образным ("Алора").

V-образный зеркальный отражатель состоит из трех центральных угловых и двух боковых зеркальных параболических алюминиевых профилей, соединенных между собой семью поперечными планками из рифленого алюминия. В комплект отражателя входит контакт заземления.

К корпусу светильника отражатель крепится при помощи металлических пружин, позволяющих легко осуществлять замену ламп и стартеров.

Встраиваемый светильник ЛВО-13-4x18-151 с V-образным отражателем (рис. 6.11) устанавливается в T-профильный модульный потолок со структурой 600x600, 600x1200 мм и видимой поддерживающей системой 24 мм. Он может также устанавливаться в помещениях, где эпизодически используется небольшое количество техники. Светильники могут комплектоваться электронными балластами.



Рис. 6.11. Встраиваемый светильник с зеркальным V-образным отражателем (ALORA)–ЛВО-13-4x18-151

Встраиваемые в подвесные потолки Armstrong (рис. 7.12) светильники широко используются для освещения общественно-административных зданий.



Рис. 6.12. Подвесной потолок Armstrong

#### Типовые неисправности светильников с люминесцентными лампами.

Неисправность	Причина	Способ устранения
Срабатывает защита при включении светильника	1. Пробой компенсирующего конденсатора (от радиопомех) на входе светильника. 2. Замыкание в цепи за автоматом.	1. Заменить конденсатор. 2. Проверить напряжение на контактах патронов и стартера. 3. Заменить лампу на исправную. 4. Проверить целостность спиралей лампы.
Лампа не зажигается.	На патроне светильника со стороны питающей сети нет	Проверить индикатором или тестером наличие и значение напряжения питания.

	напряжения, низкое напряжение сети.	
Лампа не зажигается, на концах лампы нет свечения.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Плохой контакт между штырьками лампы и контактами патрона или между штырьками стартера и контактами держателя стартера.</li> <li>2. Неисправность лампы, обрыв или перегорание спиралей.</li> <li>3. Неисправность стартера - стартер не замыкает цепь накала электродов лампы.</li> <li>4. Неисправность в электрической схеме светильника.</li> <li>5. Неисправен дроссель.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пошевелить в стороны лампу и стартер.</li> <li>2. Установить заведомо исправную лампу.</li> <li>3. Если отсутствует свечение в стартере, заменить стартер.</li> <li>4. Проверить все соединения в электрической схеме.</li> <li>5. Если обрыва проводов, нарушения контактных соединений и ошибок в электрической схеме не обнаружено, то, неисправен дроссель.</li> </ol>
Лампа не зажигается, концы лампы светятся.	Неисправен стартер.	Заменить стартер.
Лампа мигает, но не зажигается, имеется свечение на одном конце.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ошибки в электрической схеме.</li> <li>2. Замыкание в электрической цепи или патроне, которое может закорачивать лампу.</li> <li>3. Замыкание выводов электродов лампы.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лампы вынуть и вставить, поменять местами концы. Если светится ранее несветящийся электрод, то лампа исправна.</li> <li>2. Если свечение отсутствует на том же конце лампы, проверить, есть ли замыкание в патроне со стороны несветящегося электрода.</li> <li>3. Если замыкание не обнаружено, проверить схему соединений.</li> <li>4. Заменить лампу</li> </ol>
Лампа не мигает и не зажигается, свечение имеется на обоих концах электродов.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ошибка в электрической схеме.</li> <li>2. Неисправность стартера (пробой конденсатора для подавления радиопомех или залипание контактов стартера).</li> </ol>	Заменить стартер.
Лампа мигает и не зажигается	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неисправен стартер.</li> <li>2. Ошибки в электрической схеме.</li> <li>3. Низкое напряжение сети.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проверить тестером напряжение сети.</li> <li>2. Заменить стартер.</li> <li>3. Заменить лампу.</li> </ol>
При включении лампы на ее концах наблюдается оранжевое свечение, через некоторое время свечение исчезает и лампа не зажигается.	Неисправна лампа, в лампу попал воздух	Необходимо заменить лампу

Лампа попеременно зажигается и гаснет	Неисправность лампы	1. Необходимо заменить лампу. 2. Если мигание продолжается, то заменить стартер.
При включении лампы перегорают спирали ее электродов.	1. Неисправность дросселя (нарушена изоляция или межвитковое замыкание в обмотке). 2. В электрической схеме имеется замыкание на корпус.	1. Проверить электрическую схему. 2. Проверить изоляцию проводов. 3. Проверить в электрической схеме замыкание на корпус светильника
Лампа зажигается, но через несколько часов работы появляется почернение ее концов.	1. Замыкание на корпус светильника в электрической схеме. 2. Неисправность дросселя.	1. Проверить замыкание на корпус, проверить изоляцию проводки. 2. Тестером проверить величину пускового и рабочего тока, если эти величины превосходят нормальные значения, заменить дроссель.
Лампа зажигается, при ее горении начинается вращение разрядного шнура и проявляются перемещающиеся спиральные и змеевидные полосы	1. Неисправна лампа. 2. Сильные колебания напряжения сети. 3. Плохой контакт в соединениях. 4. Лампа охватывает магнитные силовые линии рассеяния дросселя.	1. Необходимо заменить лампу. 2. Проверить напряжение сети. 3. Проверить контактные соединения. 4. Заменить дроссель.

## ЗАДАНИЕ

1. Изучите элементы схем включения люминесцентных ламп.
2. Ознакомьтесь с монтажной схемой включения люминесцентных ламп.
3. Монтажными проводами соберите схему включения ламп.
4. Ответьте на контрольные вопросы

## Контрольные вопросы

1. Какое напряжение должно быть на зажимах самой лампы, если она рассчитана для работы от сети 220 В?
2. От каких факторов зависит срок службы люминесцентной лампы?
3. Назовите основные преимущества электронных ПРА.
4. Во сколько раз индуктивность дросселя в электронной ПРА меньше, чем в ПРА стартерной схемы?
5. Опишите технологию монтажа встраиваемого светильника в подвесной потолок Armstrong.

## Практическая работа №4

**Раздел: МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.**

**Тема: «Отработка приёмов разметки трасс проводов. Дыропроводные работы»**

**Количество часов: 2 час**

### **Цели:**

1. Получить практические навыки работы по выполнению замеров, составлять эскизы и заявки на электропроводки
2. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### **Задачи:**

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### **Теоретическая часть**

Электропроводки в трубах выполняют с целью их защиты от механических повреждений или от воздействия окружающей среды (например, сырость, взрывоопасные смеси, химически активные газы).

Для электропроводок применяют: стальные обыкновенные водогазопроводные трубы; стальные легкие (тонкостенные) водогазопроводные трубы; полиэтиленовые и полипропиленовые трубы; винилпластовые трубы; металлические глухие стальные короба; металлические гибкие рукава, гибкие гофрированные трубы и гибкие армированные трубы.

Правилами устройства электроустановок установлены ограничения на применение труб:

- обыкновенные водогазопроводные трубы рекомендуют только для электропроводок в наружных установках, помещениях со взрывоопасной или химически активной средой; во всяких других помещениях – только как исключение, при наличии экономических обоснований;
- запрещено применение: стальных тонкостенных труб и коробов (с толщиной стенок 2 мм и меньше) в сырых, особо сырых помещениях и в наружных установках;
- неметаллических труб во взрывоопасных помещениях, а при открытой прокладке в зрелищных предприятиях, клубах, детских и лечебных учреждениях и на чердаках;
- полиэтиленовых и полипропиленовых в перечисленных выше помещениях для открытой и скрытой прокладки;
- полипропиленовых труб для прокладки в животноводческих помещениях.

Винилпластовые трубы по сгораемым основаниям должны прокладываться по намету штукатурки 5 мм или по асбесту толщиной 3 мм. Запрещено прокладывать провода в трубах, проложенных в земле вне зданий.

**Для открытой и скрытой электропроводки применяются гибкие гофрированные трубы из самозатухающего поливинилхлоридного (ПВХ)**

**пластиката и слабогорючего полиэтилена низкого давления (ПНД)**, которые производятся в России предприятием ДКС («Диэлектрические кабельные системы»). Кроме этого, ДКС производит армированные трубы, перфорированные короба, жесткие трубы, кабельные каналы и короба, металлические лотки и модульные щитки.

**Гибкая армированная труба ДКС для электропроводки** состоит из прочного спиралевидного каркаса, залитого ПВХ-пластикатом для герметизации.

Преимущества применения гофрированных труб ДКС при монтаже электропроводки:

- дополнительная изоляция кабеля (сопротивление изоляции не менее 100 МОм) – исключается возможность поражения током при повреждении изоляции кабеля;
- не поддерживает горение (тест проволокой, нагретой до 650 °С);
- механическая защита от повреждений кабеля – гарантия безопасности и качества сети;

- в гофрированную трубу на фабрике закладывается стальной трос (протяжка) – сначала труба с протяжкой укладывается в стену, а при монтаже кабеля нужно лишь соединить концы троса и кабеля и потянуть трос с противоположного конца трубы – временные затраты на монтаж кабеля уменьшаются в 3 раза;

- вся гофрированная труба уложена в небольшие герметично упакованные бухты по 100, 50 и 25 м, а жесткая труба – в упаковки длиной по 2 и 3 метра;

- труба "ДКС", в отличие от металлорукава и металлической трубы, легка и удобна в транспортировке, погрузке и складировании, не требует утомительной резки и сварки, не нуждается в заземлении, не подвержена коррозии;

- применяется для скрытой проводки в потолках, стенах из негорючих и слабогорючих материалов, в том числе и в полу;

- тяжелая и сверхтяжелая труба отличается дополнительной прочностью и специально предназначена для монтажа в цементной стяжке или под заливку бетоном.

Предприятие ДКС выпускает трубы серий: 7 (полипропилен, цвет оранжевый и черный, монтаж в диапазоне температур –40 ... +100 °С), 8 (слабогорючая композиция на основе полипропилена, цвет серый, диапазон температур –40 ... +100 °С), 9 (самозатухающий ПВХ-пластикат, цвет серый, монтаж при температуре –5 ... +60 °С) и 10 (самозатухающий полипропилен, цвет синий, монтаж при температуре –40 ... +100 °С). Трубы имеют внешний диаметр от 16 до 50 мм. В бухте может быть от 100 до 15 м трубы.

**Для монтажа открытой проводки по стенам, по потолкам из негорючих и трудногорючих материалов при температуре от –5 до +60 °С ДКС выпускает гладкую жесткую трубу из самозатухающего ПВХ-пластиката серого цвета наружным диаметром 16 ... 63 мм. Все жесткие трубы – в упаковке длиной по 2 и 3 метра.**

Работы по монтажу электропроводок в трубах выполняют в две стадии при помощи механизмов и промышленных заготовок.

**Заготовка трубопроводов для электропроводок.** Заготовку ведут в мастерских на участках энергетической службы хозяйства по предварительным замерам. Материал и диаметр труб должен соответствовать проекту. Замеры и эскизы электропроводок в трубах выполняют специально обученные лица или инженерно-технические работники. Трубы очищают и окрашивают внутри и снаружи. Изгибы труб выполняют с нормализованными радиусами и углами.

**Разметка трубных трасс и составление эскизов на заготовку.** Трассы размечают в соответствии с их расположением на чертежах. Сначала отмечают расположение концов труб, подходящих к щитам, электроприемникам, аппаратам управления. Затем размечают трассы электропроводок, места установки коробов, углы поворотов, точки крепления.

При составлении замерочных эскизов (рис. 3.1) используют условные графические обозначения, приведенные в таблице 3.1.

**Заготовка элементов трубопроводов.** Стальные трубы сначала осматривают, отбраковывают мятые, выправляют гнутые; очищают от грязи, ржавчины металлической щеткой; внутри очищают электросверлилкой с ершиком на гибком валу; окрашивают внутри и снаружи краскопультом или покрывают битумным лаком. Диаметр труб выбирают по номограмме [2] в зависимости от числа, площади сечения проводов и сложности трассы. По эскизам заготовки составляют ведомость.

Затем трубы размечают и режут ножовкой или абразивным кругом на маятниковой пиле; накатывают или нарезают резьбу (не менее пяти полных ниток) резьбонакатным патроном; снимают заусенцы в торцах райбером или напильником; изгибают ручным или механическим трубогибом, например ТРТ-24 (рис. 4.2), придерживаясь стандартных углов изгиба – 90°, 105°, 120°, 135°, 150° и радиусов изгиба – 800 мм и 400 мм; готовые элементы укомплектовывают коробками, муфтами, гайками, собирают в блоки, маркируют и отправляют на место монтажа.

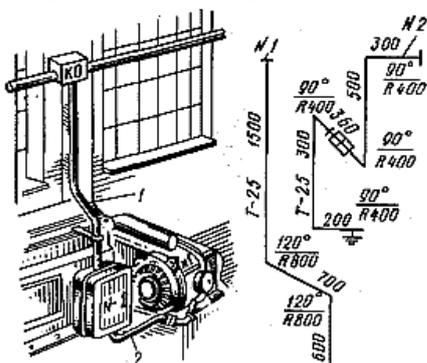
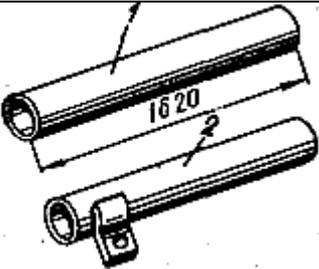
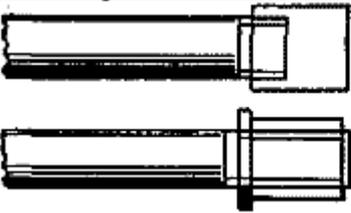
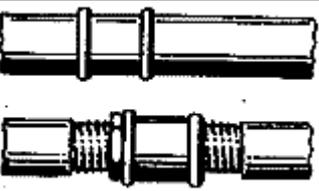
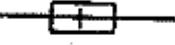
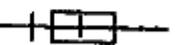


Рис. 3.1. Пример выполнения замерочного эскиза для трубной заготовки на ответвление к электродвигателю:

1 – участок от коробки ответвления до пускателя магнитного; 2 - участок от пускателя до электродвигателя

Таблица 3.1

Эскиз элемента	Условное обозначение	Наименования и пояснения
	$T-20 \ 1620$ 	Отрезки стальных труб без резьбы: 1 - труба диаметром 20 мм длиной 1620 мм; 2 - труба с фланжком для болта зануления
	 	Труба оканчивается короткой резьбой: полусгон – 0,5 длины муфты; труба оканчивается длинной резьбой: сгон для муфты и контргайки
	 	Трубы соединены муфтой на полусгонах; то же муфтой на сgone и полусgone

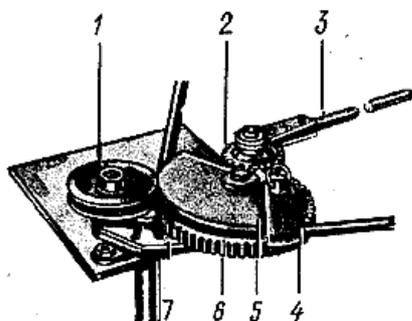
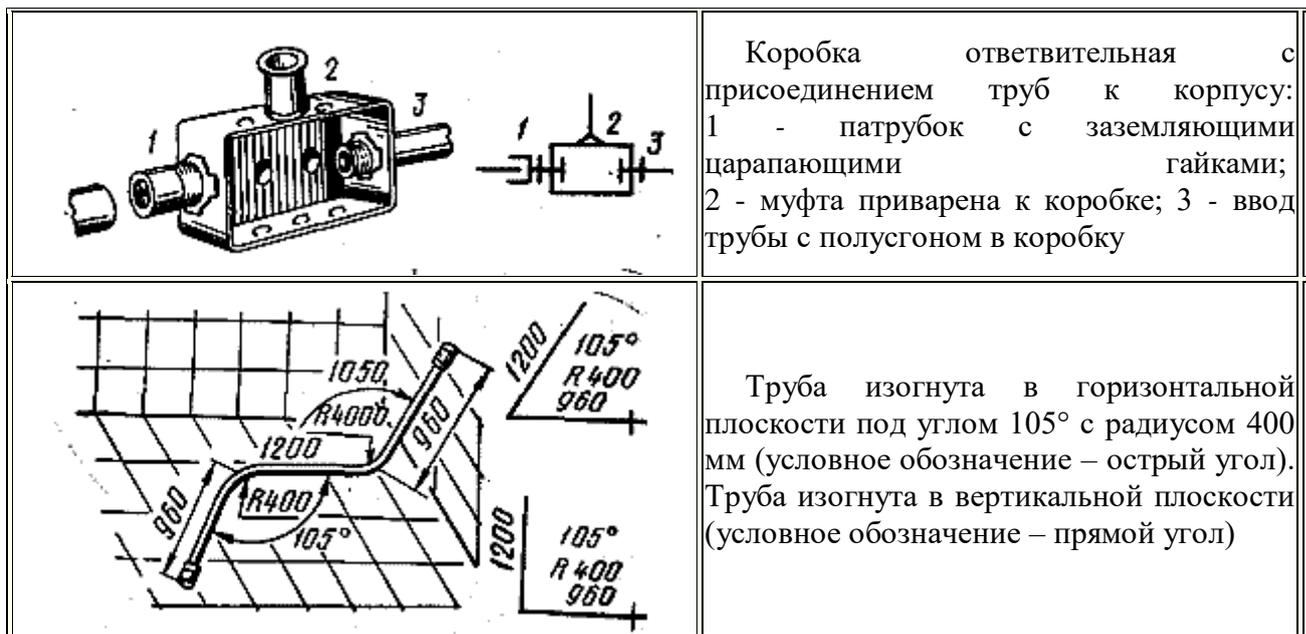


Рис. 3.2. Ручной трубогиб ТРТ-24: 1 - ролик; 2 - малая шестерня; 3 - рычаг; 4 - хомут; 5 - ручьевого сектора; 6 - большая шестерня; 7 - плита

Пластмассовые трубы изгибают только в горячем состоянии при температуре 100...130 °С; соединение выполняют склеиванием или сваркой на муфтах или раструбах, которые изготавливают приспособлением из нагретых отрезков пластмассовой трубы.

**Монтаж труб и электрических проводов.** Электропроводки в трубах должны монтироваться с учетом условий окружающей среды. Трубы укладывают с уклоном (не нормируется), чтобы не собиралась конденсирующаяся влага. Соединение труб во взрывоопасных и пожароопасных зонах, в наружных установках, во влажных, сырых и особо сырых помещениях, а также при скрытой прокладке выполняют только на резьбе с уплотнением лентой ФУМ или паклей с суриком.

Приваривать трубы электропроводок к конструкциям или оборудованию запрещено. Число и площадь сечения проводов в трубах определяют по проекту. Выполнять сварочные работы на трубах с проводами запрещено.

Все металлические элементы должны быть защищены от коррозии. Металлические части электропроводок в трубах зануляют или заземляют.

Соединение и присоединение труб. Для соединения труб в сухих, влажных, пыльных помещениях кроме муфт на резьбе применяют муфты ТР. Соединение труб с корпусами электроприемников выполняют сгоном муфты с трубы на приваренный патрубок или двумя заземляющими гайками (рис. 3.3, а). При соединении трубопроводов используют трубный ключ. Для гибкого подвода проводов, например к вибрирующему оборудованию, используют гибкие вводы из покрытого пластиком отрезка металлорукава. На концах труб для защиты изоляции проводов устанавливают разъемные или неразъемные пластмассовые втулки.

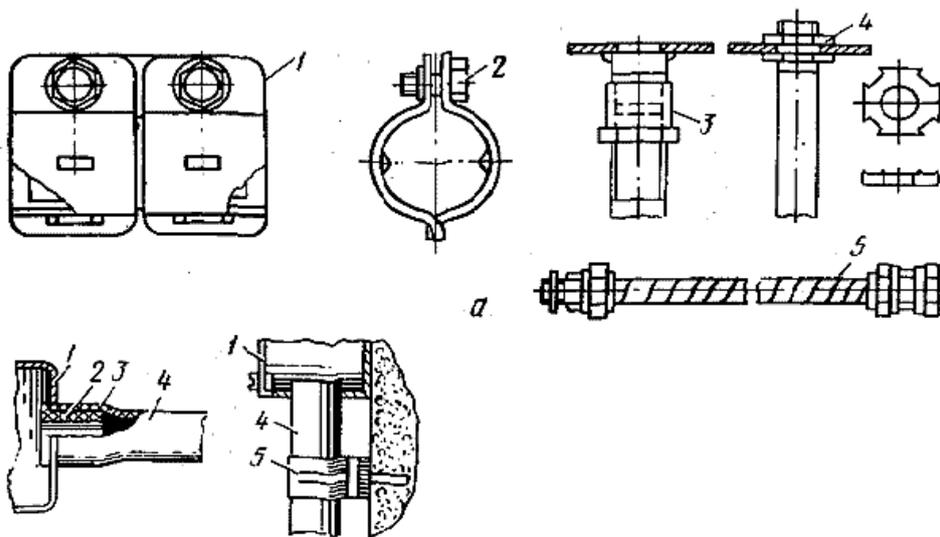


Рис. 3.3. Соединение и присоединение труб:

а - стальных: 1 - муфта типа ТР; 2 - болт с гайкой; 3 - сток; 4 - заземляющие гайки; 5 - гибкий ввод; б - пластмассовых: 1 - коробка; 2 - втулка; 3 - раструб; 4 - труба; 5 - скоба; 6 - компенсатор

Пластмассовые трубы присоединяют к коробке при помощи пластмассовой втулки и раструба, или свободно вводят в корпус и крепят скользящей пластмассовой скобой (рис. 3.3, б).

Виниловые трубы при колебаниях температуры изменяют свою длину (до  $\pm 1$  мм на  $10^\circ\text{C}$  на 1 м трубы). Для компенсации температурного удлинения труб устанавливают сальниковый компенсатор в виде отрезка виниловой трубы, закрепленной в скобе.

Для монтажа гибких гофрированных труб предприятие ДСК выпускает держатели различных типов, муфты и заглушки, соответствующие размерам труб [4, 5].

Для герметичного соединения жестких труб ДКС под углом  $90^\circ$  при открытой проводке во влажных, запыленных помещениях или снаружи зданий предназначен поворот RAL 7035 (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Поворот на 90 градусов труба-труба с малым радиусом, IP 65, ПВХ, цвет серый RAL 7035

Кроме этого, предприятие ДКС выпускает следующие аксессуары:

- муфта труба – труба с ограничителем и без него;
- коробки ответвительные с кабельными вводами;
- переходник армированная труба - жесткая труба;
- коробка с тремя выводами;
- муфта гибкая труба – труба;
- муфта труба – коробка;
- кабельный зажим с контргайкой;
- держатели с хомутом и защелкой и т.д.

В комплексе с гладкой жесткой трубой ДКС и аксессуарами для монтажа армированная труба позволяет осуществить проводку информационных и силовых сетей на любых сложных участках, встречающихся в процессе монтажа: при поворотах в разных плоскостях, при сферических поверхностях и т.д. Благодаря своей гибкости и устойчивости к динамическим нагрузкам возможно применение армированной трубы в

аппаратах и устройствах с подвижными частями в качестве изоляции проводки. Протяжка кабеля в армированной трубе не составляет больших трудностей благодаря гладкой внутренней поверхности трубы. Широкий выбор диаметров армированной трубы (от 10 мм до 50 мм) позволит изолировать практически любое количество кабеля различных сечений.

Зануление и заземление электропроводок выполняют гибкой медной перемычкой от трубы к корпусу или через трубу заземляющими гайками. Вставки из металлорукава соединяют заземляющей перемычкой из троса при помощи муфты ТР-3 (рис. 3.5).

Затягивание проводов. Перед затягиванием проводов трубопроводы проверяют и продувают воздухом или протягивают ершик. В трубы затягивают стальную проволоку диаметром 1,5...3,5 мм с петлей на конце. Провода выравнивают, протягивая их через зажатую сухую тряпку, присоединяют к проволоке и затягивают два монтера в рукавицах – один тянет проволоку, другой с противоположной стороны подает провода в трубу.

В коробках и у концов труб оставляют запас провода для присоединения. Соединение проводов делают только в коробках (в трубах соединять запрещено) и тщательно изолируют. На выводах проводов из труб укрепляют маркировочные бирки с указанием их назначения, марки и площади сечения проводов.

Проверка и испытание трубных проводок. Смонтированные электропроводки осматривают инженерно-технические работники (ИТР) и сверяют с проектом. Допущенные отступления от проекта, согласованные с заказчиком и не нарушающие требований ПУЭ, СНиП, ПЭЭП, вносят в исполнительные рабочие чертежи.

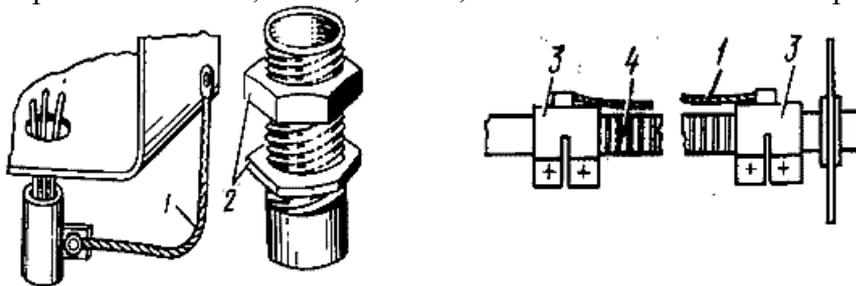


Рис. 3.5. Зануление (заземление) труб:  
1 - гибкая перемычка; 2 - заземляющие гайки; 3 - муфта типа ТР; 4 - металлорукав

Проверке подлежат: надежность креплений, соединения, наличие зануления, соединения проводов в коробках и с оборудованием.

У электропроводок в трубах испытывают: сопротивление изоляции проводов между собой и между каждым проводом и землей (трубой), норма не менее 0,5 МОм; непрерывность цепи зануления между корпусом электроприемника и нулевой шиной вводного щита. Испытания проводят мегомметром на 1000 В в последовательности, показанной на рисунке 3.6 (а, б, в).

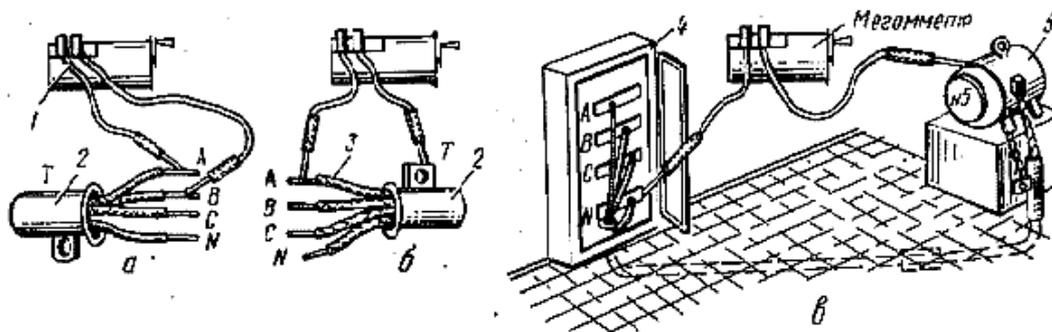
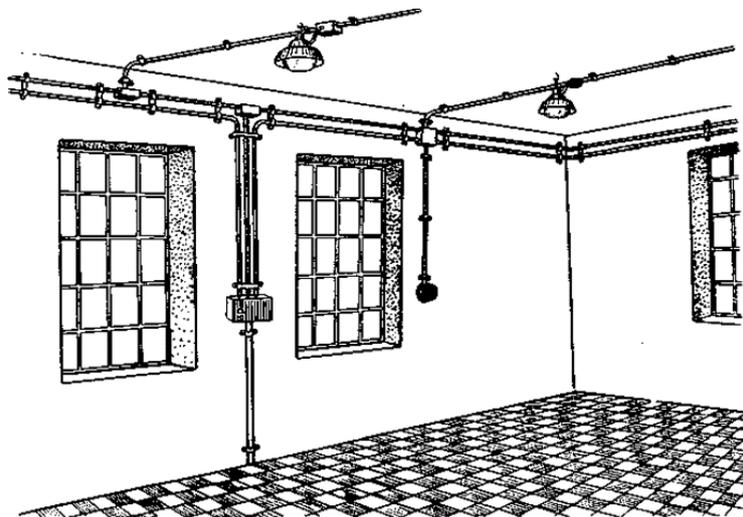


Рис. 3.6. Измерение сопротивления изоляции трубных электропроводок:  
а – между проводами; б – между каждым проводом и трубой; в – проверка непрерывности цепи зануления электродвигателя: 1 - мегомметр; 2 - труба; 3 - провод; 4 - шкаф; 5 - электродвигатель

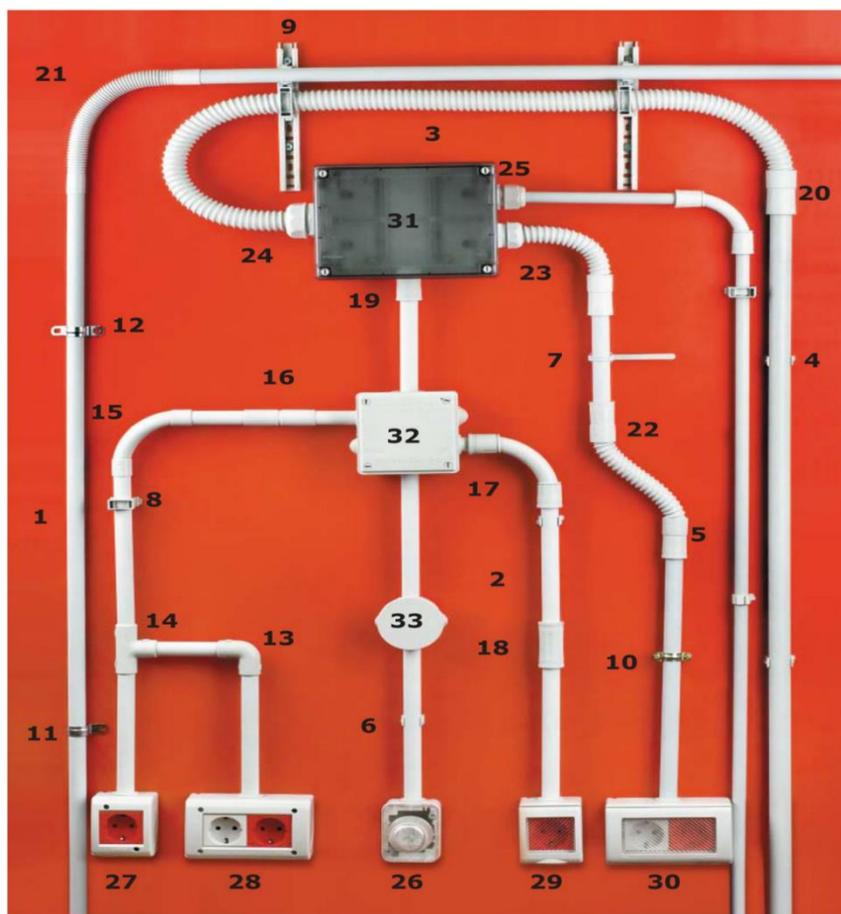
## ЗАДАНИЕ

1. Вычертите эскиз электропроводки в соответствии с вариантом задания и составьте указания по монтажу.
2. Вычертите замерочные эскизы и составьте трубозаготовительную ведомость.
- 3 Указать элементы на схеме.

### ВАРИАНТ 1



ВАРИАНТ 2



## Практическое занятие №5

**Раздел:** МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

**Тема:** «Монтаж открытых электропроводок»

**Количество часов:** 2час

### Цели:

1. Получить практические навыки выполнения одного из способов монтажа открытых проводок.
2. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть

Тросовыми называют электропроводки, у которых провода или кабели укреплены на натянутом несущем стальном тросе.

В сельском хозяйстве тросовые электропроводки применяют в производственных помещениях всех типов, в животноводческих и хозяйственных постройках и в наружных установках как для осветительных, так и для силовых сетей.

Проводки на собственном несущем тросе (рис. 4.1, а) выполняют специальными тросовыми проводами марок АРТ, АВТ-1; АВТС-1 и другими, содержащими в своей конструкции многопроволочный трос, вокруг которого навиты 2...4 изолированных проводника. Для отыскания одноименных жил в процессе монтажа на изоляции проводов имеется отличительная маркировка в виде полосок.

Проводки с креплением проводов и кабелей непосредственно к натянутому тросу или проволоке (рис. 4.1, б) выполняют незащищенными проводами марок АПВ, АПРВ, ПВ и другими, а также кабелями – АВРГ, АВВГ, ВРГ и др. Разновидность таких проводок – струнные электропроводки (рис. 4.1, в). Струну изготавливают из стальной проволоки диаметром 2...4 мм. Ее закрепляют вплотную к строительным основаниям, например, привариванием к закладным деталям или пристреливанием.

Струнные проводки применяют для монтажа проводов по железобетонным стенам, балкам и другим конструкциям, где крепление проводок другими способами затруднено.

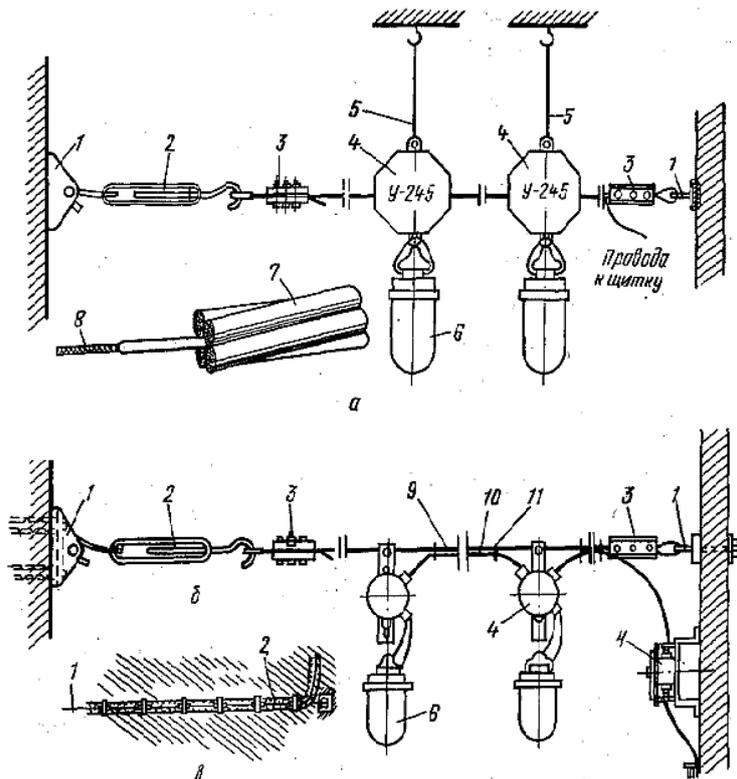


Рис. 4.1. Виды проводок:

а - тросовая; б – кабельная: 1 - анкерное крепление; 2 - натяжная муфта; 3 - тросовый зажим; 4 - ответвительная коробка; 5 - струнная подвеска; 6 - светильник; 7 - провод АРТ; 8 - трос; 9 - несущий трос; 10 - кабель; 11 - крепление кабеля к тросу; в - струнная: 1 - струна; 2 - провод

**Методы заготовки тросовых проводок.** При больших объемах работ по монтажу тросовых проводок организуют их централизованное изготовление на технологических линиях.

Для изготовления тросовых проводок составляют замерочные эскизы, где указывают: марку, площадь сечения и число жил проводов или кабелей; общую длину и размеры отдельных участков проводок; марку и диаметр несущего троса; способы закрепления проводов к тросу; типы концевых анкерных креплений, промежуточных подвесов и другие сведения (рис. 4.2).

В условиях электромонтажного участка заготовку тросовых проводок организуют в мастерской, оснащенной инструментом и приспособлениями для работы.

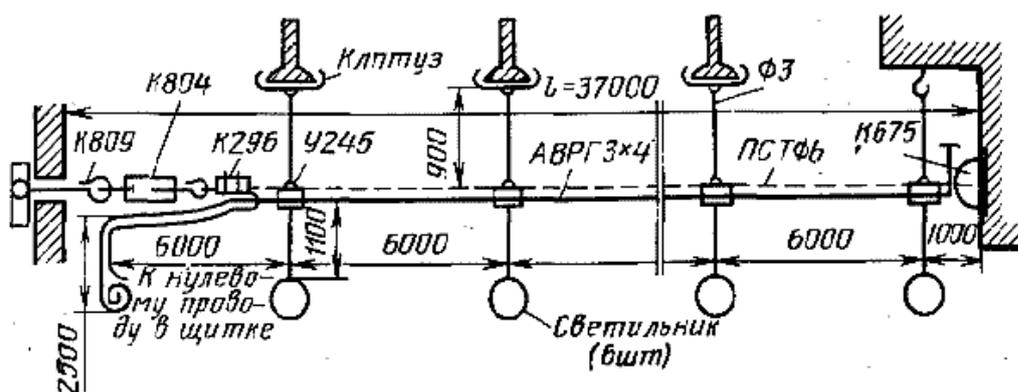


Рис. 4.2. Пример составления замерочного эскиза осветительной тросовой электропроводки

Отрезок или часть несущего троса приспособлениями натягивают между противоположными стенами на высоте 1,2...1,5 м. На верстаке при помощи механизмов для резки, зачистки и оконцевания проводов и тросов по замерочному эскизу нарезают отрезки проводов и кабелей. Предварительно подготовленные провода и материалы укладывают на передвижной монтажный столик, расположенный под тросом. Электромонтер, перемещаясь со столиком вдоль троса, собирает проводку в соответствии с эскизом. По мере готовности проводку наматывают на барабан и в таком виде доставляют на объект.

В специализированных электромонтажных организациях создают технологические линии для поточной заготовки проводок, оснащенные более производительными механизмами.

**Технология монтажа проводок.** Монтаж тросовых проводок выполняют в две стадии.

**На первой стадии** по фактическим замерам на объекте составляют замерочные эскизы и выдают задания на заготовку проводок. В зависимости от условий и сложности монтажа проводки выполняют полностью с установкой ответвительных коробок и светильников (без стекла) или секциями со светильниками или без них.

В качестве несущего троса рекомендуют использовать многопроволочные оцинкованные тросы диаметром 3...6,5 мм. Допускается использовать оцинкованную проволоку, а также горячекатаную проволоку (катанку) диаметром 5...8 мм, спрессованную слоем поливинилхлорида или защищенную другим антикоррозийным покрытием. Материал и диаметр несущего троса выбирают в соответствии с проектом.

Концевое крепление троса к строительным основаниям называют анкерным, оно воспринимает усилие натяжения троса. Анкерные крепления различают по конструкции: болтовой анкер с крюком; анкеры для крепления дюбелями или привариванием; анкер для крепления к металлическим фермам и др. Конструкцию анкера выбирают в зависимости от строительного основания.

Соединение несущего троса с анкером выполняют через натяжную муфту, которая предназначена для натяжения и регулирования стрелы провеса троса. В качестве натяжной муфты можно использовать болтовой анкер с удлиненной резьбой.

Трос закрепляют на крюке муфты или анкера болтовым зажимом при помощи коуша, а проволоку – стальной обоймой или закручиванием. На конец троса или проволоки устанавливают заземляющий наконечник для присоединения нулевого защитного проводника (рис. 5.3).

Крепление проводов и кабелей к тросу выполняют стальными полосками с пряжками или пластмассовыми перфорированными лентами (рис. 4.4). Расстояние между креплениями не более 500 мм. Кабели и провода на тросе и в местах перехода их с троса на конструкции зданий должны быть разгружены от механических усилий.

Ответвительные коробки для присоединения светильников к проводам и кабелям крепят к монтажной полосе или к пластине, которые подвешивают на трос. Можно крепить коробки при помощи скоб непосредственно к тросу. Для ответвления от тросовых проводов устанавливают специальные тросовые коробки типа У-245 [3]. Ответвление проводов в коробке выполняют только ответвительными сжимами без разрезания провода (рис. 5.5). Светильники подвешивают к пластинам или коробкам на подвесах. Подвешивать светильники на проводах не допускается.

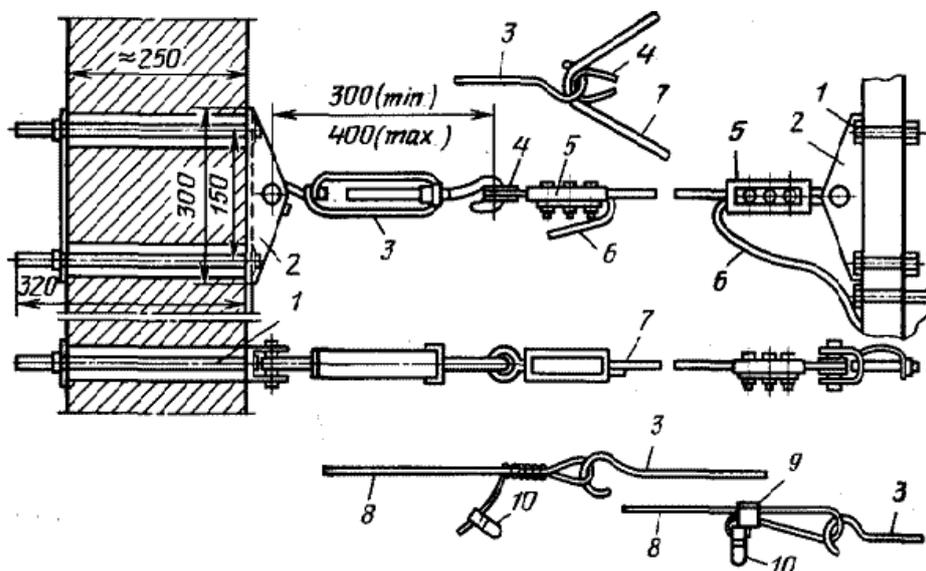


Рис. 4.3. Технология крепления анкеров и тросов: 1 - шпилька; 2 - анкер К300; 3 - натяжная муфта К-679; 4 - коуш; 5 - тросовый зажим; 6 - конец троса для зануления; 7 - трос; 8 - проволока; 9 - обойма; 10 - наконечник для зануления

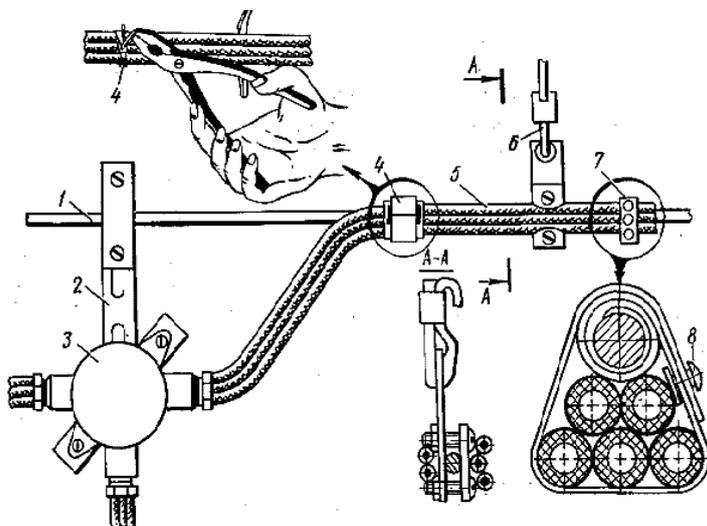


Рис. 4.4. Технология крепления проводов и коробок к тросу.

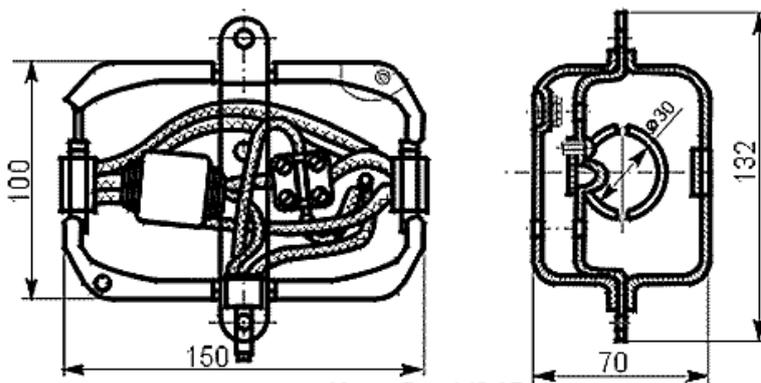


Рис. 4.5. Коробка У245  
 1 - трос; 2 - монтажная полоса; 3 - ответвительная коробка; 4 - пряжка; 5 - провода; 6 - тросодержатель; 7 - пластмассовая лента; 8 - кнопка

**На второй стадии** монтажа заготовленные в мастерских секции проводок доставляют на объект, раскатывают на полу вдоль линии расположения светильников и временно подвешивают на подставках высотой 1,2... 1,5 м для осмотра проводки, выпрямления проводов и подключения светильников. Подготовленную проводку поднимают и одним концом крепят к анкерной конструкции, натягивают вручную или полиспастом и крепят другой конец к противоположному анкеру.

В сетях с глухозаземленной нейтралью несущий трос зануляют в двух точках на концах линий – соединением троса и нулевого провода гибкой перемычкой.

Окончательно полиспастом или лебедкой натягивают трос. Стрелу провеса троса контролируют динамометром или прямым замером (визированием) так, чтобы она была в пределах от  $\frac{1}{40}$  до  $\frac{1}{60}$  длины пролета (для пролетов 6 м рекомендуют стрелу 100...150 мм, а для пролетов 12 м – 200...250 мм. Стрелу провеса регулируют натяжными муфтами.

По завершении монтажа до установки ламп в светильники измеряют сопротивление изоляции электропроводки (норма 0,5 МОм). Затем элементы светильников испытывают на стендах (рис. 5.6, а, б). После установки ламп и защитных стекол электропроводки опробывают под напряжением на световой эффект.

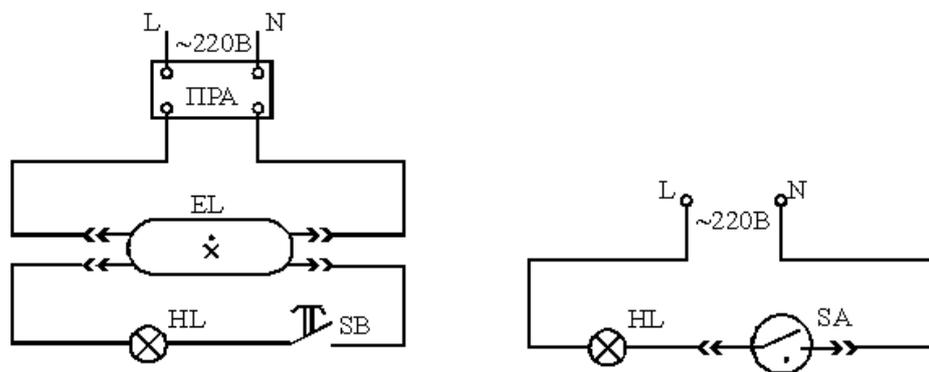
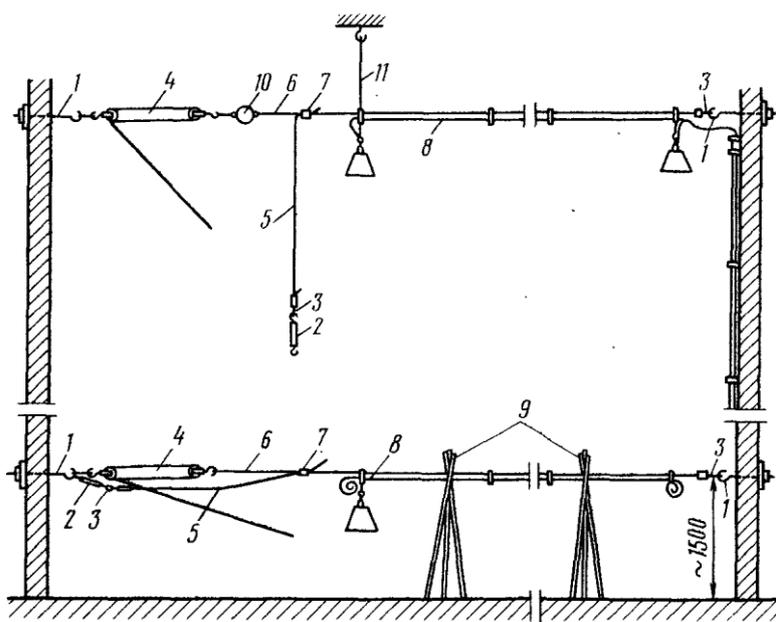
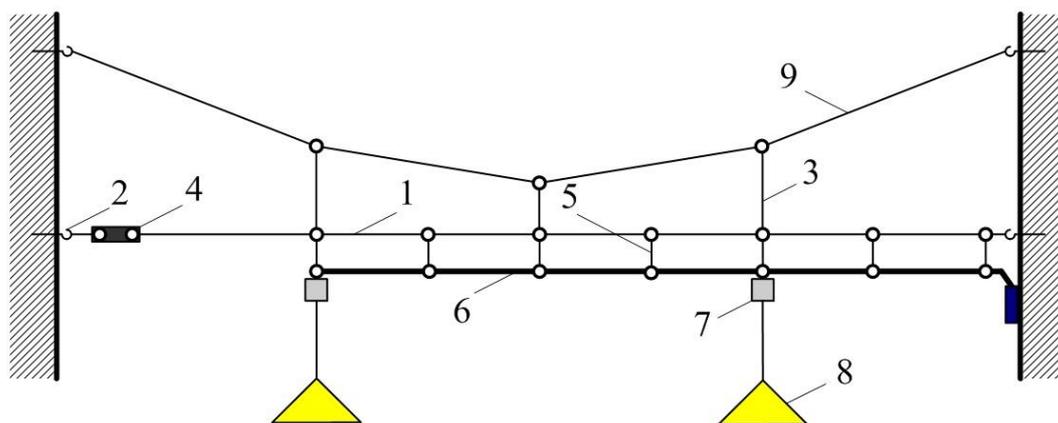


Рис. 4.6. Электрические схемы стендов:  
 а – для проверки люминесцентных ламп и пускорегулирующей аппаратуры (ПРА): EL – люминесцентная лампа; HL – лампа накаливания; SB – кнопка;  
 б – для проверки стартеров ламп накаливания: SA - стартер; HL - лампа накаливания

## ЗАДАНИЕ

1. Изучите технологию монтажа тросовых электропроводок, образцы материалов и инструмента для их монтажа.
2. Составьте замерочный эскиз и принципиальную схему на тросовую проводку.
3. Составьте принципиальную электрическую схему осветительной установки.
4. Составьте схему соединения оборудования осветительной установки для монтажа тросовой проводки.
5. Ответьте на контрольные вопросы



### Контрольные вопросы

1. Перечислите способы выполнения тросовых электропроводок.
2. Каков порядок составления замерочного эскиза проводок и сведений, содержащихся в нем?
3. Расскажите последовательность сборки тросовой проводки в мастерских.
4. Опишите технологию крепления проводов и коробок к тросу.

5. Опишите технологию соединения магистральных (тросовых) проводов и проводов светильника в коробке У-245.
6. Расскажите технологию монтажа тросовой проводки в коровнике.
7. Назовите требования, предъявляемые к стреле провеса и занулению несущего троса.
8. Как измеряют сопротивление изоляции тросовых электропроводок?
9. Как определить, исправен ли стартер?
10. Как определить, исправна ли люминесцентная лампа?

## Практическая работа №6

**Раздел:** МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

**Тема:** «Разделка и оконцовка кабелей»

**Количество часов:** 2час

### Цели:

1. Получить практические навыки работы по способам и методам соединений и оконцеваний.
2. Закрепить умения и навыки по монтажу открытых проводок электропроводок
3. Получить практические навыки выполнения одного из способов монтажа открытых проводок
4. Формирование и закрепление теоретических знаний по технологии монтажа электропроводок.
5. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть:

Качество соединения проводников между собой и с контактными выводами электрооборудования значительно влияет на надёжную работу электроустановок.

Особенно большие затруднения возникают при монтаже контактных соединений алюминиевых проводов:

- алюминий быстро (в течение нескольких секунд) окисляется на воздухе, пленка окиси алюминия обладает большой твердостью, большим электрическим сопротивлением и высокой температурой плавления (около 2000 °С), что препятствует пайке и сварке алюминия и ведет к перегреву контакта при работе;

- алюминий в сравнении с другими металлами имеет низкую прочность и высокую текучесть. При многократных присоединениях провода ломаются около контактов. Болтовые присоединения алюминиевых проводов со временем самопроизвольно ослабевают;

- алюминий обладает большой теплоемкостью и теплопроводностью, что вызывает подгорание изоляции при сварке проводов;

- в контакте с медью во влажной среде образуется гальваническая пара, алюминий сильно окисляется и разрушается.

Соединения жил выполняют разъемными и неразъемными. Разъемные соединения монтируют при помощи болтов, винтов; неразъемные - при помощи сварки, пайки, опрессовки.

Работы по монтажу контактных соединений должны поручаться только специально обученным электромонтажникам.

**Соединение алюминиевых жил болтовыми и винтовыми зажимами.** Зажимы для соединения алюминиевых и медных однопроволочных жил проводов и кабелей площадью сечения до  $10 \text{ мм}^2$  должны иметь ограничивающую шайбу-звездочку или другое устройство, препятствующее "выдавливанию" жилы, и разрезную пружинящую шайбу.

Все детали зажимов должны иметь гальваническое покрытие для защиты от коррозии. Проводники и контакты изолируют и смазывают кварцевазелиновой пастой.

Для монтажа соединений используют типовой набор инструментов электромонтажника НЭУ2 и набор инструментов коммутатчика НКОУ2. В комплект набора входят: инструмент МБ-1М для снятия изоляции, плоскогубцы универсальные электромонтажные, кусачки боковые, отвертки, ключи и другие инструменты. Кроме наборов применяют универсальные клещи КУ-1, инструмент М-1У1, клещи КСИ-2М и др.

Технология присоединения жил:

- определить длину жилы, необходимую для образования колечка. Удалить изоляцию клещами или ножом (нож держать под углом к жиле, чтобы не сделать на ней случайный поперечный надрез);

- жилу смазать слоем вазелина и зачистить наждачной бумагой. Сразу же после зачистки покрыть чистым слоем кварцевазелиновой пасты (50 % кварцевого мелкого песка и 50 % технического вазелина). Изогнуть конец жилы колечком по диаметру винта;

- определить площадь сечения жилы, выбрать винт, шайбу-звездочку, пружинящую шайбу (для проводов площадью сечения  $2,5; 4 \text{ мм}^2$  используют винты М4, М5, М6 и звездочки с наружным диаметром 8,5; 9,5; 10,5 мм; для проводов  $6, 10 \text{ мм}^2$  используют винты М6, М8 и звездочки с диаметром 12, 14, 16 мм). Присоединить провод, изгиб кольца направить по часовой стрелке. Винт или гайку затянуть до смыкания концов пружинящей шайбы в зазоре.

**Соединение проводов сети с медными проводами арматуры.** Разобрать люстровый зажим КЛ-2.5У3 (рис. 2.1). Одеть изолирующие половинки корпуса 1 на медный провод светильника 2 и алюминиевый провод сети 3. Зачистить, смазать провода и зажим. Присоединить провода и закрыть корпус.

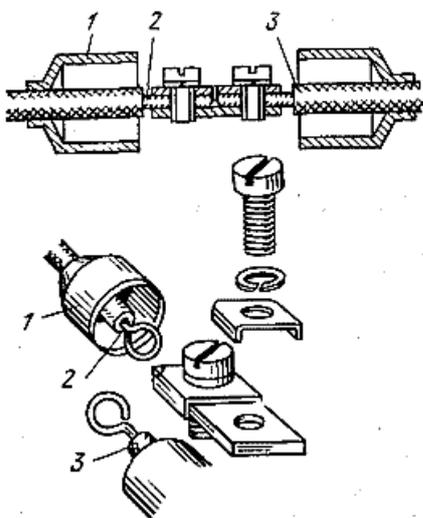


Рис. 2.1. Соединение алюминиевых проводов сети с медными проводами осветительной арматуры:

1 – изолирующая половинка корпуса; 2 – медный провод светильника;

3 – алюминиевый провод сети

**Оконцевание и соединение алюминиевых жил проводов и кабелей опрессовкой.** Внутренний диаметр наконечников и гильз должен соответствовать диаметру жил проводов. Запрещается выкусывание проволочек из жил или заполнение

наконечника выкушенными проволочками. Не допускается спрессовывать молотком или зубилом. Соединение надежно изолируют.

Для опрессовывания наконечников и гильз используют пресс-клещи ПК-1МУ1 и ПК-3У1, а также ручной механический пресс РМП-7МУ1. Для перерезания проводов и кабелей применяют секторные ножницы НС-1У1; НС-2У1.

Технология соединения жил (рис. 2.2):

- подобрать тип наконечника (алюминиевый ТА – для сухих помещений, медно-алюминиевый ТАМ – для помещений с агрессивной и влажной средой); внутренний диаметр – по диаметру жилы; диаметр отверстия под болт – по диаметру болта; матрицу и пуансон пресса – по наконечнику;

- подготовить наконечник и жилу провода: зачистить внутреннюю поверхность наконечника стальным ершиком; протереть ткань, смоченной бензином; смазать внутри кварцевазелиновой пастой; снять изоляцию и зачистить жилу щеточкой из кардоленты; протереть ткань с бензином; смазать кварцевазелиновой пастой;

- опрессовать наконечник (см. рис. 2.2): надеть наконечник до упора на жилу; вставить в матрицу пресса и опрессовать; изолировать липкой лентой с 50 %-ным перекрытием тремя слоями; каждый слой покрыть влагостойким лаком;

- зачистить контакт и смазать кварцевазелиновой пастой.

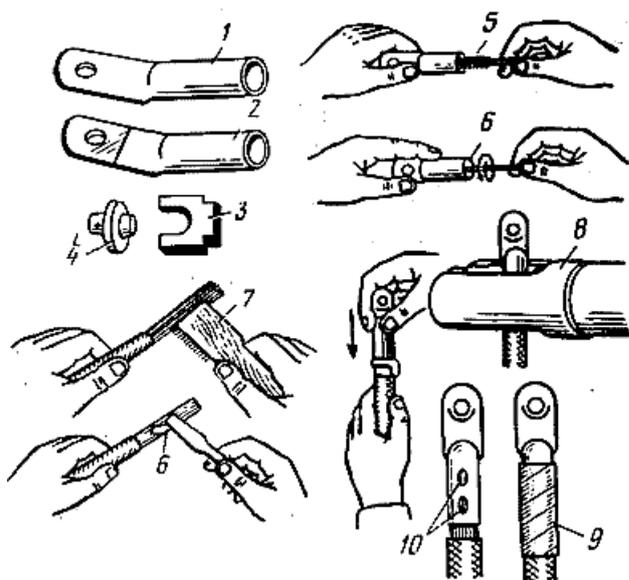


Рис. 2.2. Последовательность окончевания жилы провода опрессованием: 1 - наконечник типа ТА; 2 - наконечник ТАМ; 3, 4 - матрица пресса и пуансон; 5 - ершик; 6 - смазка; 7 - щеточка; 8 - пресс; 9 - изоляция; 10 - места опрессовки

Для окончевания алюминиевых и медных (многопроволочных и однопроволочных) жил силовых кабелей сечением 35-240 мм<sup>2</sup> предназначены наконечники кабельные с затяжным болтом НБ (табл. 2.1) .

Таблица 2.1 Наконечники НБ

Обозначение наконечника	Сечение жилы, мм <sup>2</sup>
НБ-1	35, 50
НБ-2	70, 95, 120
НБ-3	150, 185, 240

Монтаж осуществляется путем завинчивания затяжного болта. Происходит вдавливание жилы в нарезку на внутренней поверхности наконечника. Среднее время

монтажа оконцевания 0,1 минуты. При достижении определенного усилия затяжки болта происходит скручивание его головки (рис. 2.3).

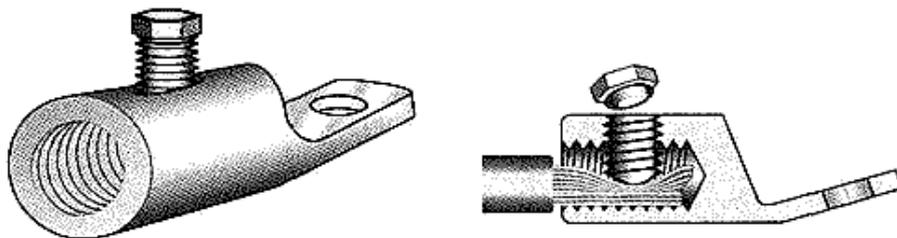


Рис. 2.3. Оконцевание жилы кабеля при помощи наконечника НБ

**Наконечники неизолированные SAL** (рис. 2.4) предназначены для подсоединения алюминиевых и медных проводов и кабелей [6]. Наконечники (табл. 2.2) изготовлены из коррозионно-стойкого алюминиевого сплава и покрыты оловом. В них используется болты со скручиваемой головкой, как в наконечнике НБ.

Таблица 2.2

Наконечники неизолированные SAL

№ п/п	Тип	Для проводов и кабелей с жилой сечением, мм <sup>2</sup>	L, мм	N, мм	W, мм
1	SAL 1.2	10 - 50 Al	50	10	20
2	SAL 1.27	10 - 50 Al/Cu	50	10	20
3	SAL 2.2	50 - 95 Al	74	12.5	25
4	SAL 2.27	50 - 95 Al/Cu	74	12.5	25
5	SAL 3.2	120 - 150 Al	85	16	30
6	SAL 3.27	120 - 150 Al/Cu	85	16	30

Аналогично производится **оконцевание жил проводов и кабелей изолированными алюминиевыми или медными наконечниками СРТАУ** (табл. 2.3) [6]. Наконечники (рис. 2.5) опрессовывают с помощью шестигранных матриц (рис. 2.6, б) гидравлическим прессом НТ 50 (рис. 2.6, а).

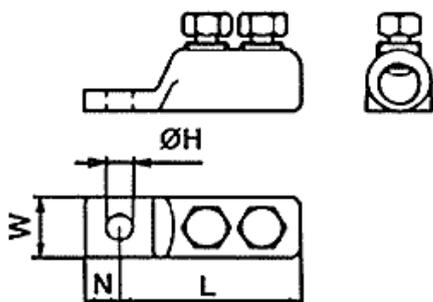


Рис. 2.4. Наконечник неизолированный SAL



Рис. 2.5. Наконечники СРТАУ

Таблица 2.3 Наконечники СРТАУ

№ п/п	Марка наконечника	Сечение, мм <sup>2</sup>	Матрица

1	СРТАУ 16 D 16	16	Е 140
2	СРТАУ 25 D 16	25	Е 140
3	СРТАУ 35	35	Е 173
4	СРТАУ 50	50	Е 173
5	СРТАУ 54	54	Е 173
6	СРТАУ 70	70	Е 173
7	СРТАУ 95	95	Е 215



Рис. 2.6. Гидравлический пресс НТ 50 (а) с матрицей Е 173 (б)  
 Пресс обеспечивает сжатие шестигранником изолированных гильз и наконечников типа МРВ, МРТ, СРТАУ, С-образных соединений, трубчатых гильз и наконечников.

Техническая характеристика гидравлического пресса НТ 50:

- развиваемое усилие 5 тонн;
- ход пуансона 13 мм;
- длина 350 мм;
- вес 2,3 кг;
- головка, поворачивающаяся на 180°.

**Соединение и окончание алюминиевых жил сваркой [1].** Алюминиевые жилы сваривают электрической, термитной и газовой сваркой, В ходе работ необходимо строго соблюдать правила электрической и пожарной безопасности. Для растворения пленки окиси алюминия, препятствующей сварке, необходимо применять флюс ВАМИ. Сварное соединение изолируют.

Сварка жил угольным электродом: снять изоляцию клещами, зачистить жилы; скрутить жилы плоскогубцами; смазать их флюсом ВАМИ (состав флюса: 50 % – хлористый калий, 30 % – хлористый натрий, 20 % – криолит. Флюс разводят водой до сметанообразного состояния); закрепить скрутку в зажиме; расплавить провода угольным электродом до образования шарика; очистить от шлака и флюса; покрыть лаком; надеть изолирующий колпачок (рис. 2.7, а).

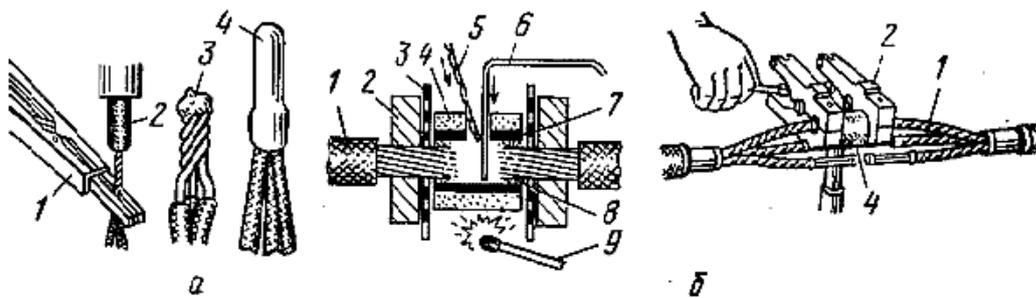


Рис. 2.7. Соединение проводов свариванием:  
 а – угольным электродом: 1 – зажим; 2 – электрод; 3 – сварное соединение 4 – колпачок;  
 б – термитным патроном: 1 – провод; 2 – охладители; 3 – экран; 4 – патрон; 5 – присадочный пруток; 6 – мешалка; 7 – кокиль; 8 – шнур; 9 – спичка

Сварка жил кабелей термитными патронами:

- подготовить жилы 1 к варке, зачистить и смазать их вместе с присадочным прутом 5 флюсом (рис. 2.7, б);
- подобрать по размеру жилы термитный патрон 4;
- установить на жилы и уплотнить кокиль 7 асбестовым шнуром 8;
- установить асбестовые экраны 3 и охладители 2;
- термитной спичкой 9 зажечь патрон 4. При плавлении жил 1 добавлять пруток 5 и помешивать мешалкой 6;
- после остывания удалить массу и кокиль, зачистить место сварки, промыть бензином и изолировать соединение.

**Контроль качества и прямо-сдаточные испытания контактных соединений.** Основные методы контроля — внешний осмотр: измерение падения напряжения или сопротивления.

Болтовые соединения — выборочно проверяют качество затяжки сборки и подготовки контактов со вскрытием 2...3 % соединений.

Опрессованные соединения — проверяют метрические размеры спрессованной части на соответствие диаметру провода, глубине вдавливания, обжатия; отсутствие на соединении трещин, механических повреждений и следов коррозии.

Сварные соединения — проверяют непосредственно после сварки, не допускаются трещины и усадочные раковины, пережог и под-плавление жил, подгорание изоляции, нарушение сварки при перегибе проводов, остатки в соединении флюса, шлака.

Все виды контактных соединений выборочно (3...5 %) испытывают на падение напряжения или переходное сопротивление. Принципиальная схема измерения падения напряжения на контактном соединении и точки подключения милливольтметра показаны на рисунке 2.8, а, б. Значение падения напряжения на контактном соединении длиной,  $l_k$  не должно превышать падения напряжения на участке целого провода  $l_n$  той же длины и площади сечения более чем в 1,2 раза. При этом  $l_k$  и  $l_n$  выбирают в зависимости от площади сечения проводов и вида соединения.

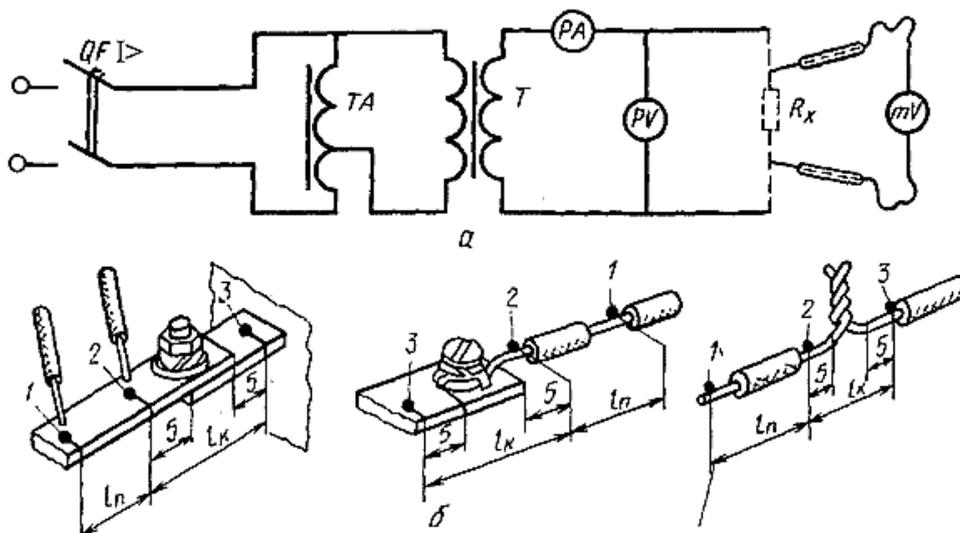


Рис. 2.8. Измерение напряжения на контактах:  
 а – принципиальная электрическая схема стенда;  
 б – подключение милливольтметра при измерениях:  
 $l_n$  – участок целого проводника (точки 1, 2);  $l_k$  – участок контакта (точки 2, 3)  
 принимают  $l_n = l_k$

### Порядок выполнения работы:

1. Изучите образцы инструмента для соединения жил и примеры соединений, выполненные различными способами.
2. Соедините провода марки АПВ площадью сечения  $2,5 \dots 6 \text{ мм}^2$  следующими способами: сваркой угольным электродом; опрессовкой гильзой ГАО; болтовым присоединением.
3. Ответьте письменно на вопросы

### Контрольные вопросы:

1. Назовите требования, предъявляемые к контактному присоединению.
2. Перечислите особенности соединения алюминиевых проводов.
3. Какие способы соединения проводников вы знаете?
4. Назовите особенности соединения алюминиевых и медных проводов.

## Практическая работа №7

**Раздел:** МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

**Тема:** «Монтаж штыревых изоляторов и арматуры для монтажа СИП»

**Количество часов:** 2час

### Цели:

1. Закрепить умения и навыки по монтажу открытых проводок электропроводок
2. Получить практические навыки выполнения монтажа штыревых изоляторов и арматуры для монтажа СИП
3. Изучить конструктивные особенности изоляторов, их назначение и применение в зависимости от условий работы.
4. Формирование и закрепление теоретических знаний по технологии монтажа электропроводок.
5. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть:

Изоляторы предназначены для крепления токоведущих частей и изоляции их между собой и по отношению к земле. Они делятся на линейные, штыревые и подвесные для установки на ВЛ; опорные и проходные для РУ подстанций, опорные и проходные различной формы, устанавливаются в различных электрических аппаратах. Изоляторы обозначают следующим образом: О – опорный, П – проходной, Н – наружной установки, Р – с ребристой наружной поверхностью, К – для установки в КРУ, У – усиленный по внешней изоляции, И – изолятор  
Изолятор проходной ИПУ-10/630-7,5 УХЛ1



Проходной керамический Изолятор ИПУ-10 применяется для изоляции и проведения токоведущих частей закрытых распределительных устройств, для соединения с открытыми распределительными устройствами или с линиями электропередач на переменное напряжение до 10 кВ. Может использоваться как для работы в атмосфере, так и для закрытых токопроводов.

Структура условного обозначения:

И – изолятор

П – проходной

У – усиленное исполнение

10 – номинальное напряжение, кВ

630 – номинальный ток, А

7,5 – минимальная механическая разрушающая сила на изгиб, кН

I – конструктивное исполнение (овальный фланец)

УХЛ – климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69

1 – категория размещения по ГОСТ 15543.1-89

Устройство и принцип действия:

Конструкция проходного изолятора ИПУ 10 состоит из фарфоровой детали, внутри которой проходит токоведущая металлическая шина или группа шин, шина крепится в металлических колпаках. Для крепления изолятора ИПУ 10 применяется металлический фланец, непосредственно соединённый с самой фарфоровой деталью. Изолятор проходной армированный изготовлен по ГОСТ 22229-83, ГОСТ 20454-85. Материал изоляционной части - электротехнический фарфор подгруппы 110 ГОСТ 20419-83 и соответствует требованиям ГОСТ 5862-79. Арматура изолятора выполнена из алюминиевых сплавов ГОСТ 1583-93. Токоведущая шина изолятора ИПУ 10 выполняется из алюминия или алюминиевых сплавов ГОСТ 15176-89. Контактные выводы изоляторов ИПУ 10 должны обеспечивать присоединение к ним шин распределительных устройств, проводов, кабелей при помощи болтов ГОСТ 15176-89. Крепежные детали для изоляторов ИПУ 10 выполнены из устойчивого к коррозии материала ГОСТ 17412. Покрытие арматуры и цементных швов сделано из эмали ПФ-115 ГОСТ 6465-76, швы должны иметь толщину не менее 2мм. Герметизация шины в колпаке производится эпоксидной эмалью ЭД-16 ГОСТ 10587-84.

Технические характеристики:

Номинальное напряжение: 10 кВ

Номинальный ток: 630 А

Испытательное напряжение грозового импульса: 80 кВ

Минимальная разрушающая сила на изгиб: 7,5 кН

Длина утечки пути: 300 мм

Масса: 8,5 кг

Требования к условиям эксплуатации:

Номинальные значения климатических факторов среды по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70 для проходных изоляторов - согласно климатическому исполнению УХЛ категории размещения 1.

Высота установки должна находиться на высоте не более 1000 метров над уровнем моря. Температура воздуха окружающей среды должна лежать в пределах от - 45 до + 45°С. Окружающая среда должна быть невзрывоопасной, не должна содержать агрессивные газы и пары в концентрациях, которые могут спровоцировать разрушение фарфора, глазури, арматуры и армирующей связи. На глазури фарфора не должно быть сколов и волосяных трещин.



### Проходной изолятор ИП-10/630-7,5 УХЛ2

Проходные изоляторы ИП-10/630-7,5 УХЛ2 предназначены для проведения и изоляции токоведущих частей закрытых распределительных устройств электрических станций и подстанций, комплектных распределительных устройств напряжением до 10 кВ и частотой 100 Гц для работы в атмосфере типов I и II по ГОСТ 15150-69, а также для вывода проводов высокого напряжения из баков трансформаторов, масляных и воздушных выключателей, а также для изоляции проводов, проходящих через стены зданий. Проходные изоляторы ИП-10/630-7,5 УХЛ2 состоят из фарфоровой детали, через внутреннюю полость которой проходит токоведущий металлический стержень прямоугольного сечения (шина) или группа шин. Если изолятор поставляется без шин, то встраивание и закрепление токоведущих частей в эти изоляторы производят непосредственно на монтажных участках. Для крепления проходного изолятора ИП-10/630-7,5 УХЛ2 на крышке бака или на стене он снабжен металлическим фланцем. Фланец соединен с фарфоровой деталью с помощью цементно-песчаного состава. Токоведущая шина крепится в металлических центрирующих шайбах или в металлических колпаках. Колпаки, а также фланец закрепляют на фарфоровой детали с помощью цементно-песчаного состава. Проходные изоляторы ИП-10/630-7,5 УХЛ2 имеют далеко выступающие ребра (крылья), которые защищают от дождя расположенные под ними части изолятора. Проходные изоляторы ИП-10/630-7,5 УХЛ2 могут работать в установках при температурах от  $-45$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  при высоте установке не более 1000 м над уровнем моря.

### *Изолятор И4-80 II УХЛ2*

Марка изолятора:

И4-80 II УХЛ2

Номинальное напряжение:

10 кВ

Минимальная разрушающая сила, кН:

4 кН

Климатическое исполнение:

УХЛ, Т

Масса, кг:

1,6 кг

Изоляторы И4-80 II УХЛ2 предназначены для изоляции и крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и распределительных устройствах.

### *Изолятор ИОР-10-3,75 II УХЛ2*



Опорные изоляторы ИОР-10-3,75 УХЛ2 применяются для изоляции и крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и распределительных устройствах номинальным напряжением сети до 10 кВ частотой до 60 Гц. Изоляторы ИОР-10-3,75 УХЛ2 изготовлены в соответствии с требованиями ТУ 3493-003-53962489-2004.

Производитель гарантирует соответствие изоляторов ИОР-10-3,75 УХЛ2 требованиям ТУ 3493-003-53962489 в течении всего срока службы при соблюдении условий транспортирования, хранения и эксплуатации изоляторов.

Технические характеристики изолятора ИОР-10:

Марка изолятора: ИОР-10-3,75 II УХЛ2

Номинальное напряжение: 10 кВ

Минимальная разрушающая сила: 3,75 кН

Климатическое исполнение: УХЛ2

Масса: 1,6 кг



*Изолятор ИО-10-3,75 I У3*

Марка: ИО-10-3,75 I У3

Класс напряжения: 10 кВ

Климатическое исполнение: У3

Вес, кг: 1,32

Опорные изоляторы ИО-10-3,75 I У3 предназначены для изоляции и крепления высоковольтных предохранителей, токоведущих частей в электрических аппаратах и распределительных устройствах номинальным напряжением сети до 10 кВ частотой до 60 Гц.

Изготовитель гарантирует соответствие изоляторов ИО-10-3,75 I У3 требованиям ТУ в течении всего срока службы при соблюдении условий транспортирования, хранения и эксплуатации изоляторов.

*Изолятор ИО-10-3,75 II У3*

Технические характеристики:

Марка изолятора: ИО-10-3,75 II У3

Номинальное напряжение: 10 кВ

Испытательное напряжение: 80 кВ

Минимальная разрушающая сила, кН: 3,75 кН

Климатическое исполнение: У3

Масса, кг: 1,4 кг

Структура условного обозначения изолятора ИО-10:

И - Изолятор

О - Опорный

10 - Номинальное напряжение, кВ

7,5 - минимальная механическая разрушающая сила на изгиб, кН

I - вариант исполнения

У - Климатическое исполнение

3 - категория размещения



Изолятор ИО-10 применяется для изоляции и механического крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и для монтажа токоведущих шин распределительных устройств электростанций и подстанций. Изо



лятор ИО 10 используется в высоковольтных сетях с нормальным напряжением выше 1кВ и частотой до 60 герц. Высота расположения изолятора ИО 10 не должна превышать 1000 метров над уровнем моря. Изоляторы ИО-10 изготавливаются соответственно требованиям ТУ 3493-003-53962489-2004. Производитель гарантирует соответствие изоляторов ИО-10 требованиям ТУ 3493-003-53962489 в течение всего срока службы при соблюдении условий транспортирования, хранения и

эксплуатации изоляторов.

*Изолятор ИО-1-2,5 УЗ*

Изоляторы ИО-1-2,5 изготовлены в соответствии с требованиями ТУ 3493-003-53962489-2004

Опорные изоляторы ИО-1-2,5 предназначены для изоляции и крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и распределительных устройствах номинальным напряжением сети до 1000 В частотой до 60 Гц для работы в районах, расположенных на высоте до 1000 м над уровнем моря. Изготовитель гарантирует соответствие изоляторов ИО-1-2,5 требованиям ТУ 3493-003-53962489 в течении всего срока службы при соблюдении условий транспортирования, хранения и эксплуатации изол

Изолятор РО-1 Изоляторы РО-1 изготовлены в соответствии с требованиями ТУ 3493-003-53962489-2004



Изоляторы РО-1 предназначены для изоляции и крепления токоведущих частей в электрических аппаратах и распределительных устройствах номинальным напряжением сети до 1000 В частотой до 60 Гц для работы в районах, расположенных на высоте до 1000 м над уровнем моря.

Изготовитель гарантирует соответствие изоляторов РО-1 требованиям ТУ 3493-003-53962489 в течении всего срока службы при соблюдении условий транспортирования, хранения и эксплуатации изоляторов.

*Изолятор С4-80 II (для РЛНД 400-630А)*

Изоляторы С4-80 II, опорно-стержневые, класса напряжения 10 кВ применяются в высоковольтных разъединителях и выключателях распределительных устройств. Материалы применяемые при изготовлении изолятора С4-80 II:

1. Изоляционная часть- материал керамический электротехнический группы 120, ГОСТ 20419-83
2. Арматура - сплав алюминиевый АК12, ГОСТ 1583-93
3. Армирующий состав- портландцемент ПЦ-500 ДОН, ГОСТ 10178-85
4. Защита армировочных швов- герметик силиконовый

***Штыревые изоляторы ШФ-20УО, ШФ-20Г1***

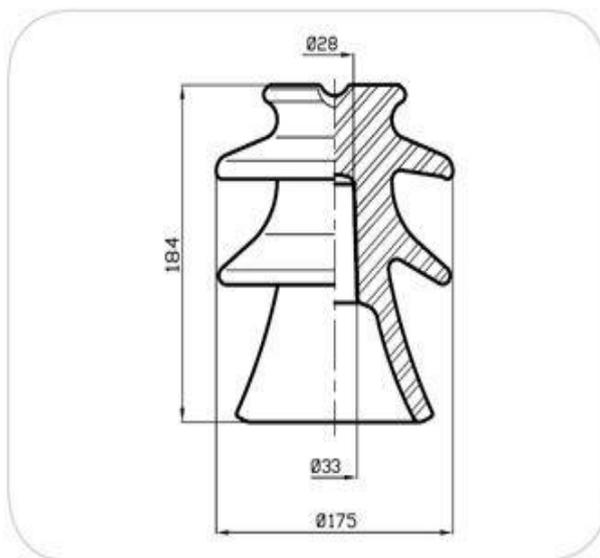
Штыревые фарфоровые изоляторы ШФ-20УО и ШФ 20Г1 предназначены для изоляции и крепления изолированных проводов СИП-3, на (ВЛ) воздушных линиях электропередачи, в (РУ) распределительных устройствах электрических станций и подстанций переменного тока на напряжение от 10 до 20 кВ.

Для крепления изолятора используются колпачки серии К: К-6, К-9, КП-22.

Для крепления самонесущего изолированного провода СИП-3 к этим изоляторам используются спиральные вязки серии ВС.

Технические характеристики изоляторов ШФ-20УО и ШФ20Г1 полностью идентичны. Отличие в обозначении изоляторов связано, с тем, что их изготавливают разные заводы-изготовители.

### ШТЫРЕВОЙ ИЗОЛЯТОР ШФ-20Г



Тип	Нормированная механическая разрушающая сила при изгибе, кН, не менее	Длина пути утечки, мм, не менее	Напряжение, кВ, не менее				Масса, кг, не более
			Пробивное в изоляционной среде	Выдерживаемое импульсное	Выдерживаемое частотой 50 Гц		
					В сухом состоянии	Под дождем	
ШФ-20Г	13	400	180	135	85	65	3,5

### *Подвесные стеклянные изоляторы типа "ПС"*

Используются в составе изолирующих натяжных и поддерживающих подвесок на анкерных, концевых, угловых и промежуточных опорах.

Эксплуатируется при температуре окружающего воздуха от -60 до +50 °С.

Изолятор должен соответствовать требованиям ГОСТ 6490-93.

<b>Изолятор ПС-70Е</b>	
Минимальная механическая разрушающая нагрузка, кН, не менее	70
Диаметр изоляционной детали, D, мм	255
Строительная высота, Н, мм	127, 146
Длина пути утечки, мм, не менее	303
Сферическое соединение, d	16
Выдерживаемое напряжение 50Гц (в сухом состоянии), кВ	70
Выдерживаемое напряжение 50Гц (под дождем), кВ	40
Пробивное напряжение в изоляционной среде	100/100
Нормированное напряжение при допустимом уровне радиопомех, кВ	20 25
60 дБ	
86 дБ	
Масса, кг, не более	3,4

### *Изоляторы ШС*



Изоляторы ШС (Стекло), ШФ(фарфор) предназначены для изоляции и крепления проводов линий электро передач (ЛЭП и в РУ) электростанций и подстанций переменного тока частотой до 100 Гц.

### **Расшифровка изображений штыревых изоляторов ШС,ШФ**

Параметр изолятора и единица измерения	ШФ 10Г (10 кВ)	ШФ 20Г (20 кВ)	ШС 10Д
Минимальная механическая разрушающая нагрузка, кН	12,5	13	13

Пробивное напряжение в изоляционной среде, кВ		160	180	160
Выдерживаемое напряжение, кВ	Частотой 50 Гц (в сухом состоянии)	65	85	65
	Частотой 50 Гц (под дождем)	42	65	42
	Импульсное напряжение 1,2/50 +/-	100	135	100
Длина пути утечки, мм		256	400	280
Строительная высота, мм		140	184	145
Масса, кг		1,9	3,5	1,9
ГОСТ; ТУ		ТУ 3493-133-00111120-96	ТУ 3493-170-00111120-2000	ГОСТ 1232-93

### **КОЛПАЧКИ ТИПА К ДЛЯ ШТЫРЕВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ**

Колпачки устанавливаются на штырях и крюках. На наружной поверхности колпачков имеется резьба для соединения со штыревым изолятором.

Марка колпачка	К изолятору	Диаметр штыря, мм
К-6	ШФ-20УО, ШФ-20Г, ШФ-20Г1	20
К-7	ШФ-20УО, ШФ-20Г, ШФ-20Г1	22
К-9	ШФ-20УО, ШФ-20Г, ШФ-20Г1	24

#### *Изолятор полимерный ШПК 10А*

Изолятор штыревой полимерный ШПК 10-А предназначен для изоляции и крепления проводов на воздушных линиях ВЛ электропередач класса напряжения до 10 кВ. Изоляторы изготавливаются в климатическом исполнении УХЛ. По своему назначению изолятор данного типа является аналогом изоляторов ШС10А и ШФ10.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить информационный и презентационный материал.
2. Заполнить таблицу.

Ш	-
Ф	-

С	-
10; 20	-
Г; Д	-

3. Расшифровать и записать в рабочую тетрадь марки изоляторов.

4. Ответить на вопросы

**Контрольные вопросы:**

1. Для каких целей применяются изоляторы.
2. Назовите основные требования к изоляторам.
3. Перечислите основные электрические характеристики изоляторов.

## Практическая работа №8

**Раздел: МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.**

**Тема: Разборка и сборка автоматов и магнитных пускателей**

**Количество часов: 2 часа**

### Цели:

1. Закрепить умения и навыки по разборке и сборке автоматов и магнитных пускателей
2. Ознакомиться с конструкцией и принципом действия магнитных пускателей.
3. Формирование и закрепление теоретических знаний по технологии монтажа электропроводок.
4. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть:

**Магнитным пускателем называется электрический аппарат, предназначенный, как правило, для дистанционного пуска и остановки трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. При наличии тепловых реле пускатели служат также для защиты электродвигателей от перегрузок при недопустимой их величине и продолжительности [1 - 5].**

Магнитные пускатели выбирают в зависимости от условий окружающей среды и схемы управления по [6]:

- номинальному напряжению;
- номинальному току;
- току нагревательного элемента теплового реле;
- напряжению втягивающей катушки.

$U_{мп} \geq U_{н\ уст};$	(9.1)
$I_{мп} \geq I_{н\ уст},$	(9.2)

где  $U_{мп}$ ,  $I_{мп}$  - соответственно номинальные значения напряжения (В) и тока (А) магнитного пускателя;

$U_{н\ уст}$ ,  $I_{н\ уст}$  - соответственно номинальные значения напряжения (В) и тока (А) электроустановки.

Тепловые реле проверяют на соответствие их номинального тока  $I_{тр\ н}$ , номинального тока нагревательного элемента  $I_{нэ}$ , верхнего  $I_{уст\ max}$  и нижнего  $I_{уст\ min}$  пределов регулирования тока уставки и выставленного тока уставки  $I_{уст\ р}$  номинальному току двигателя  $I_{н\ дв}$

$I_{тр н} \geq I_{нэ} \geq I_{н дв};$	(9.3)
$I_{уст max} \geq I_{н дв} \geq I_{уст min};$	(9.4)
$I_{уст р} = I_{н дв}.$	(9.5)

Для электродвигателей с малым коэффициентом загрузки и рабочим током  $I_{р дв}$  в целях повышения надежности защиты используют соотношение

$1,1 I_{р дв} \leq I_{уст р} \leq I_{н дв}.$	(9.6)
--	-------

Номинальный фазный ток электродвигателя  $I_{н дв}$  или по принятым в электрических машинах условным обозначениям –  $I_{1 ном ф}$  определяют по формуле

$I_{1 ном ф} = \frac{P_{2 ном} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{1 л} \cdot \eta \cdot \cos \varphi},$	(9.7)
--	-------

где  $P_{2 ном}$  – номинальная мощность электродвигателя, кВт;

$U_{1 л}$  – номинальное линейное напряжение, В;

$\eta$  – коэффициент полезного действия, о.е.;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности, о.е.

**Пускатели электромагнитные серии ПМЛ** [1, 7] на номинальный ток 10 А (рис. 9.1, а) имеют мостиковую контактную систему (позиции 3, 9, 11) с металлокерамическими контактами 4, расположенными в дугогасительном устройстве (ДУ) 1. Электромагнит 10 расположен на неподвижной части Ш-образного магнитопровода 6 и воздействует на якорь (подвижную часть магнитопровода). Контактное нажатие создается пружиной 14, упирающейся в траверсу 2. Возвратная пружина 7 расположена внутри электромагнита. На его среднем стержне размещена катушка 8. При подаче напряжения на катушку по ней протекает ток, создается магнитодвижущая сила, и на якорь действует сила тяги, которая зависит от величины зазора между неподвижной и подвижной частями магнитопровода. Изменение силы во времени отрицательно сказывается на работе электромагнита: подвижная часть магнитопровода непрерывно вибрирует, нарушая работу контактов. Для устранения вибраций используется короткозамкнутый виток 13, расположенный на неподвижной части магнитопровода 6. В этом витке под действием первичного магнитного потока индуцируется ток витка, который изменяет общий поток части сердечника, охваченной витком, несколько сдвигая его во времени по отношению к основному потоку магнитопровода. Суммарный поток сглаживается, благодаря чему вибрации уменьшаются.

При  $I_{ном} > 10$  А ДУ выполняется в виде дугогасительной решетки на каждом разрыве. В системе вспомогательных контактов можно установить до четырех дополнительных контактов 5 (рис. 9.1, б). Детали пускателя прикреплены на основании 11. В корпусе пускателя устанавливается тепловое трехфазное реле типа РТЛ, позволяющее регулировать ток срабатывания.

**Основные элементы магнитного пускателя ПМЕ** (рис. 9.2) – электромагнитная система 5 и 6, главные замыкающие контакты 2 и 3, блок-контакты и дугогасительная камера 8 [3, 7]. Электромагнитная система представляет собой разъемный магнитопровод, на среднем корне которого размещена катушка. Для уменьшения нагрева, вызываемого вихревыми токами, магнитопровод набран из отдельных пластин электротехнической стали.

Неподвижную часть магнитопровода 5 называют также сердечником, подвижную часть 6 – якорем. Якорь механически соединен с контактами 2. При включении электрический ток проходит по катушке, создает магнитное поле, которое притягивает якорь к сердечнику 5, и тем самым замыкает контакты 2 и 3 пускателя; при отключении

якорь под действием возвратных пружин 7 (а в некоторых магнитных пускателях под действием собственного веса) отходит от сердечника, и контакты размыкаются.

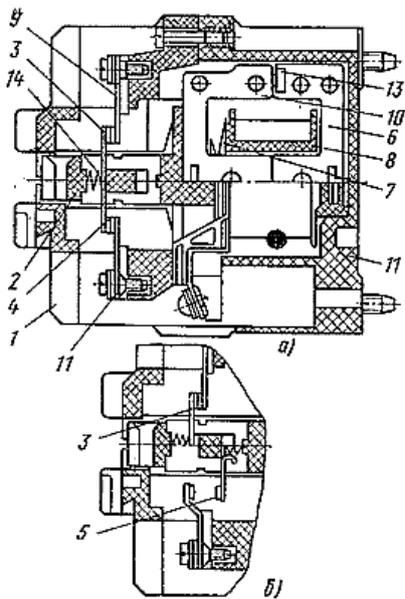


Рис. 9.1. Магнитный пускатель серии ПМЛ

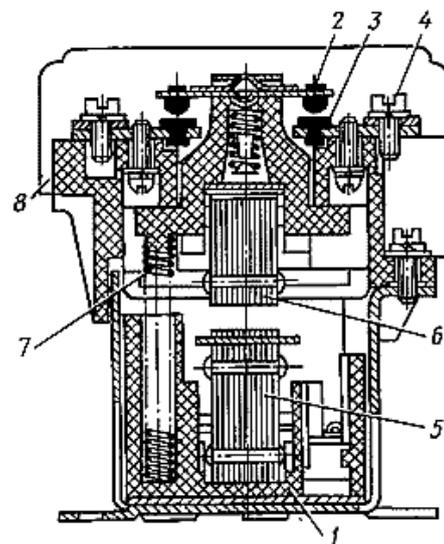


Рис. 9.2. Магнитный пускатель серии ПМЕ

### Структура условного обозначения ПМЛ–X<sub>1</sub>X<sub>2</sub>X<sub>3</sub>X<sub>4</sub>X<sub>5</sub>X<sub>6</sub>X<sub>7</sub>X<sub>8</sub>

ПМЛ – серия;

X<sub>1</sub> – величина пускателя по номинальному току (1 – 10 А; 2 – 25 А; 3 – 40 А; 4 – 63 А; 5 – 80 А; 6 – 125 А; 7 – 200 А);

X<sub>2</sub> – исполнение по назначению и наличию теплового реле:

1 – нереверсивный пускатель без теплового реле;

2 – нереверсивный пускатель с тепловым реле;

5 – реверсивный пускатель без теплового реле с электрической и механической блокировками;

6 – реверсивный пускатель с тепловым реле с электрической и механической блокировками;

7 – пускатель звезда-треугольник;

X<sub>3</sub> – исполнение пускателей по степени защиты (ГОСТ 14254- 80) и наличию кнопок (IP00 – защита отсутствует; IP54 – защита от пыли и брызг):

0 – IP00 без кнопок;

1 – IP54 без кнопок;

2 – IP54 с кнопками "Пуск" и "Стоп";

3 – IP54 с кнопками "Пуск" и "Стоп", сигнальной лампой;

X<sub>4</sub> – число контактов вспомогательной цепи (з – замыкающий, р – размыкающий):

0 – 1з (на 10...25 А), 1з+1р (на 40...63 и 80...200 А), переменный ток;

1 – 1р (на 10...25 А), 2з+2р (на 80...200 А), переменный ток;

2 – 3з+3р (на 80...200 А), переменный ток;

3 – 3з+1р (на 80...200 А), переменный ток;

4 – 5з+1р (на 80...200 А), переменный ток;

5 – 1з (на 10...25 А), постоянный ток;

6 – 1р (на 10...25 А), постоянный ток;

X<sub>5</sub> – сейсмостойкое исполнение пускателей;

X<sub>6</sub>X<sub>7</sub> – климатическое исполнение (О – для районов с умеренным либо сухим тропическим климатом, ТВ – для районов с тропическим влажным климатом) и категория размещения (2 – под навесом или в помещениях, где колебания температуры

и влажности несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе; 4 – в помещениях с искусственно регулируемым климатическими условиями) по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70;

X<sub>8</sub> – исполнение по износостойкости (А – более 400 циклов в сутки, Б – от 120 до 400 циклов в сутки, В – менее 120 циклов в сутки).

Пример расшифровки обозначения пускателя ПМЛ-2511 О2 В: пускатель второй величины (на ток 25 А); реверсивный без тепловой защиты; исполнение IP54 без кнопок; число контактов - 1р; климатическое исполнение О; категория размещения 2 (под навесом); 120 циклов в сутки.

Контактор пускателя имеет прямоходовую магнитную систему Ш-образного типа при токах 10...63 А и П-образную на ток 80...200 А. Тепловое реле РТЛ присоединяют непосредственно к корпусу контактора. Номинальный ток реле РТЛ-1000 равен 25 А; РТЛ-2000 – 80 А и РТЛ-3000 – 200 А. Тепловые реле включены в три фазы и воздействуют на один размыкающий и один замыкающий контакты.

Пускатели ПМЛ выпускаются на номинальное напряжение втягивающих катушек 24; 36; 42; 48; 110; 127; 220; 230; 240; 380; 400; 415; 500 и 600 В частоты 50 Гц переменного тока и 24; 48; 60; 110 и 220 В постоянного тока.

В комплект пускателя могут входить: реле промежуточное серии РПЛ, приставка контактная серии ПКЛ, пневматическая приставка выдержки времени серии ПВЛ и приставка памяти серии ППЛ, которые применяют в схемах управления при напряжениях до 660 В переменного и 440 В постоянного тока.

Приставки контактные ПКЛ и пневматические ПВЛ предназначены для установки на реле РПЛ, а также на контакторах серии ПМЛ 1...4 величины; приставки памяти ППЛ – только для установки на реле РПЛ.

Приставка контактная ПКЛ-Х<sub>1</sub>Х<sub>2</sub>О4 действует от контактора. Это блок, состоящий из дугогасительной системы, неподвижных контактов и траверсы с подвижными контактами. Поставляют для пускателей открытого исполнения на токи 10...63 А.

Структура условного обозначения ПКЛ-Х<sub>1</sub>Х<sub>2</sub>О4:

Х<sub>1</sub> – число замыкающих контактов (0; 1; 2; 4);

Х<sub>2</sub> – число размыкающих контактов (0; 1; 2; 4);

О4 – климатическое исполнение и категория размещения.

**Реле электротепловые токовые серии РТЛ предназначены для защиты асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором от токов перегрузки** недопустимой продолжительности и от токов, возникающих при обрыве одной из фаз [7].

Структура условного обозначения РТЛ-Х<sub>1</sub>Х<sub>2</sub>Х<sub>3</sub>Х<sub>4</sub>-Х4С:

РТЛ – серия;

Х<sub>1</sub> – исполнение по номинальному току реле (1 – на 25 А; 2 – на 80 А; 3 – на 200 А);

Х<sub>2</sub>Х<sub>3</sub>Х<sub>4</sub> – цифры, условно обозначающие диапазон регулирования номинального тока несрабатывания;

Х4 – климатическое исполнение;

С – обозначает наличие 1р контакта, отсутствие буквы С – наличие 1р и 1з контактов.

Монтажная схема магнитного пускателя ПМЛ-2601 О4 приведена на рис. 9.3.

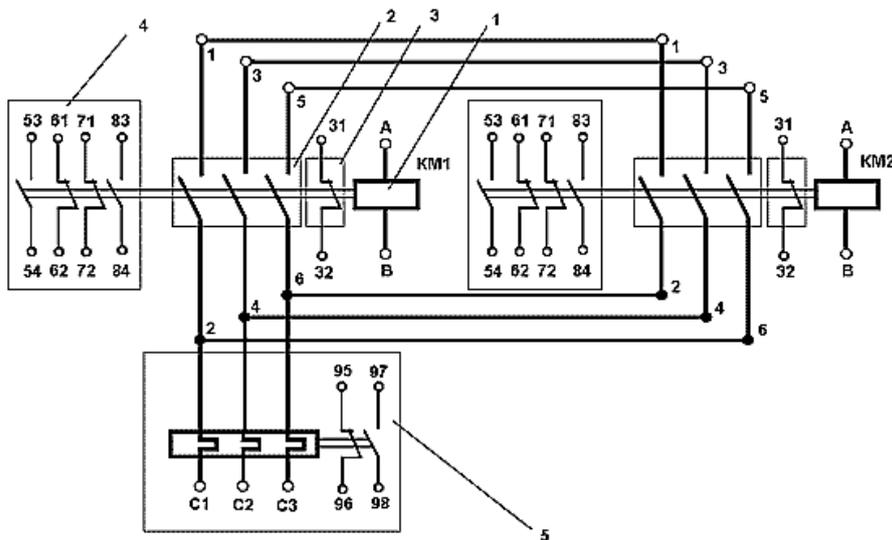


Рис. 9.3. Монтажная схема реверсивного магнитного пускателя ПМЛ-2601 О4: 1 - катушка, 2 - главные замыкающие контакты, 3 - размыкающий блок-контакт; 4 - приставка ПКЛ-2204; 5 - тепловое реле РТЛ-1012

Технические характеристики магнитных пускателей серий ПМЕ, ПМА и ПАЕ включают следующие параметры:

- номинальное напряжение силовой цепи (380, 500, 660 В);
- номинальный ток коммутации или мощность управляемого электродвигателя через главные силовые контакты (для пускателя 0 величины 3 А или 1.1 кВт при  $U_n=380$  В; для I – 10 А или 4 кВт; для II – до 25 А или 10 кВт; для III – до 40 А или 17 кВт; для IV – до 63 А или 30 кВт; для V – до 110 А или 55 кВт; для VI величины до 146 А или 75 кВт; для VII величины – до 200 А или 110 кВт).

Для защиты электродвигателя от токов перегрузки в электромагнитные пускатели встраивают тепловые реле ТРП и ТРН.

Условное обозначение магнитного пускателя складывается из букв ПМЕ, ПАЕ, ПМА, означающих пускатель магнитный и его серию, и трех цифр:

- первая цифра указывает величину пускателя (0 – нулевая; 1 – первая; 2 – вторая и т.д.);
- вторая – исполнение по защите от воздействия среды и числу контактов (1 – открытое с 4з; 2 – защищенное с 4з; 3 – пылеводонепроницаемое с 4з; 4 – открытое с 4з и 2р; 5 – защищенное с 4з и 2р; 6 – пылеводонепроницаемое с 4з и 2р; 7 – открытое с 4з и 4р; 8 – защищенное с 4з и 4р; 9 – пылеводонепроницаемое с 4з и 4р);
- третья – характер вращения вала электродвигателя и наличие тепловых реле (1 – нереверсивный без реле; 2 – нереверсивный с тепловым реле; 3 – реверсивный без реле; 4 – реверсивный с реле).

В некоторых типах имеется четвертая цифра, обозначающая номинальное напряжение катушки пускателя и число дополнительных контактов.

Пример обозначения: ПА 514, где ПА – серия; 5 – величина пускателя; 1 – открытое исполнение; 4 – реверсивный с тепловой защитой.

**Магнитные пускатели устанавливают на силовых распределительных сборках, на распределительных щитах или отдельно на конструкциях, прикрепляемых к стенам, колоннам и т.п. [4].** Магнитные пускатели устанавливают вертикально отвесу. При этом отклонения по вертикали допускаются не более  $5^\circ$ . Поверхность контактов пускателя осматривают после опробования его под нагрузкой и в случае появления на ней наплывов обрабатывают напильником. Смазывать контакты пускателей не допускается.

Если при включении магнитного пускателя слышно сильное гудение его магнитной системы, устраняют следующие возможные неисправности: недостаточную затяжку винтов, крепящих сердечник; повреждение короткозамкнутого витка; чрезмерное



якорь к сердечнику, и тем самым замыкает главные и вспомогательные контакты пускателя КМ1, шунтирующие замыкающие контакты кнопки "Вперед" SB2. Напряжение подается на обмотки электродвигателя М и осуществляется его пуск, о чем сигнализирует лампа HL3. Для отключения двигателя нажимается кнопка "Стоп" SB1.

Изменение направления вращения ротора электродвигателя (реверс двигателя) осуществляется при нажатии кнопки "Назад" SB3. При этом электрический ток проходит по катушке КМ2, замыкаются главные и вспомогательные контакты пускателя КМ2, шунтирующие замыкающие контакты кнопки SB3. Напряжение подается на обмотки электродвигателя М (светится лампа HL4), но при этом меняется направление вращения магнитного поля (фаза "А" подается на клемму "3", а фаза "С" – на клемму "1" электродвигателя, т.е. меняется последовательность фаз).

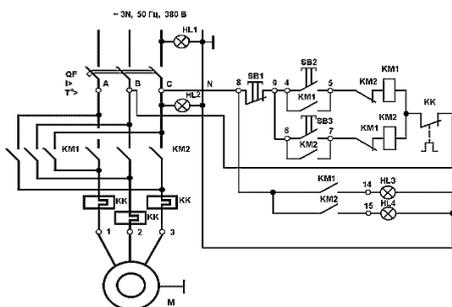


Рис. 9.5. Принципиальная электрическая схема

Для предотвращения короткого замыкания между фазами "А" и "С", при одновременном замыкании главных замыкающих контактов пускателей КМ1 и КМ2, в конструкции реверсивного пускателя серии ПМЛ предусмотрена механическая блокировка: при наличии напряжения на катушке первого контактора его якорь притягивается и с помощью рычага удерживает якорь другого контактора в крайнем положении. Благодаря этому появление напряжения на катушке второго контактора не приводит к его срабатыванию. Кроме того, после включения пускателя КМ1, размыкающим контактом КМ1 разрывается цепь катушки пускателя КМ2 и при нажатии кнопки SB3 не произойдет никаких аварийных режимов. Аналогичная электрическая блокировка есть в цепи катушки КМ1 (размыкающий контакт КМ2). Электрическая блокировка может быть выполнена путем использования размыкающих контактов кнопок "Вперед" и "Назад", которые включают вместо размыкающих контактов КМ1 и КМ2, например при отсутствии размыкающих контактов в конструкции пускателя. Тогда при нажатии кнопки SB2 разрывается цепь питания катушки КМ2 и при нажатии на кнопку SB3 катушка КМ2 останется обесточенной.

Высокий коэффициент возврата электромагнитов контакторов переменного тока позволяет защищать от понижения напряжения сети (электромагнит отпускает при  $U = (0,6- 0,7) U_{ном}$ ). При восстановлении напряжения сети до номинального значения самопроизвольное включение пускателя не происходит, т.к. замыкающие блок-контакты КМ1 и КМ2 и замыкающие контакты кнопок "Вперед" и "Назад" – разомкнуты.

В схеме предусмотрено зануление – корпус электродвигателя соединен с нейтралью N. В случае пробоя изоляции электродвигателя или кабеля на корпус, в схеме возникнет режим короткого замыкания (через цепь "фаза - корпус - нуль" будет протекать ток короткого замыкания), что приведет к срабатыванию электромагнитного расцепителя автоматического выключателя QF. Автоматический выключатель обесточит схему.

#### Порядок выполнения работы:

1. Используя магнитные пускатели, изучите их конструкцию.
2. Изучите монтажную схему реверсивного магнитного пускателя ПМЛ-2501О4.
3. Изучите схему управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью неререверсивного магнитного пускателя.

4. Монтажными проводами произведите коммутацию между соответствующими зажимами блока зажимов.

5. После проверки преподавателем схемы, осуществите управление трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью нереверсивного магнитного пускателя.

6. Изучите схему управления трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором с помощью реверсивного магнитного пускателя.

7. Монтажными проводами произведите коммутацию между соответствующими зажимами блока зажимов.

**Контрольные вопросы:**

1. Расшифруйте магнитный пускатель ПМЛ-1631О4А.
2. Что может входить в комплект пускателя ПМЛ?
3. Расшифруйте приставку ПКЛ11О4.
4. Как устроен магнитный пускатель ПМЛ

## Практическая работа №9

**Раздел:** МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

**Тема:** «ПР№9 «Основные неисправности электрических машин и возможные причины их возникновения»

**Количество часов:** 2час

### Цели:

1. Закрепить умения и навыки по поиску неисправностей электрических машин
2. Получить практические навыки работы с технической документацией
4. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть:

#### *Основные неисправности электрических машин*

Рассмотрим характерные неисправности электрических машин, приводящие к отказу или выходу машины из строя, которые могут наблюдаться при проведении работ по их техническому обслуживанию.

Витковое короткое замыкание вследствие пробоя изоляции между смежными витками обмотки статора или ротора приводит к повышенному перегреву электрической машины даже при нагрузке, не превышающей номинальную. Короткое замыкание между фазами обмотки статора вследствие пробоя межфазной изоляции или пробоя изоляции двух фаз на корпус приводит к сильным вибрациям машины переменного тока, которые прекращаются при отключении машины от сети. Кроме того, наблюдается асимметрия токов в фазах и быстрый нагрев отдельных участков обмотки. При коротком замыкании обмотки фазного ротора (или при пробое изоляции между контактными кольцами и валом) асинхронный двигатель пускается в ход при разомкнутой обмотке ротора, под нагрузкой пуск двигателя происходит медленно, а ротор сильно нагревается даже при небольшой нагрузке.

Обрыв проводников обмотки статора двигателей переменного тока вызывает асимметрию токов и быстрый нагрев одной из фаз при работающей машине. При обрыве фазы (крайний случай обрыва проводников) двигатель не запускается при подаче напряжения, наблюдается сильный шум и быстрый нагрев двигателя. При обрыве фазы работающего двигателя наблюдается резкая асимметрия токов статора, сильный шум и быстрый нагрев сверх допустимых пределов. Обрыв стержня короткозамкнутой обмотки ротора асинхронного двигателя приводит к повышенным вибрациям, уменьшению частоты вращения под нагрузкой, периодическим пульсациям тока статора во всех фазах.

Недопустимое снижение сопротивления изоляции обмоток может произойти вследствие ее сильного загрязнения, увлажнения или частичного разрушения вследствие износа.

Нарушение электрических контактов, паяных или сварных соединений приводит в асинхронных двигателях к тем же эффектам, что и обрыв витков, стержней обмотки ротора или фазы обмотки в зависимости от нахождения данного электрического соединения. Нарушение контакта в цепи щеток приводит к повышенному искрению последних. Нарушение межлистовой изоляции сердечников магнитопроводов статора машин переменного тока или ротора машин постоянного тока приводит к недопустимому повышению температуры магнитопровода в целом и его отдельных участков. Это в свою очередь приводит к повышенному нагреву обмоток и может вызвать выгорание части магнитопровода.

Ослабление прессовки листов магнитопровода вызывает шум и повышение вибрации электрических машин, исчезающие после отключения машины от сети. Ослабление крепления полюсов и сердечников статоров приводит к повышенным вибрациям, исчезающим после отключения машины от сети.

Выработка коллектора и контактных колец и ослабление нажатия щеток приводят к повышенному искрению и нагреву контактных колец и коллектора. Износ щеток ускоряется. Деформация вала приводит к появлению эксцентриситета ротора, больших сил одностороннего тяжения, в результате чего асинхронный двигатель не развивает номинальной скорости, а его работа сопровождается низкочастотным шумом (на оборотной частоте).

Засорение охлаждающих (вентиляционных) каналов и загрязнение корпуса приводят к повышенному нагреву машины или ее отдельных частей при нагрузках, не превышающих расчетных значений.

Выплавка баббита в подшипниках скольжения или чрезмерный износ подшипников качения приводят к нарушению соосности электрической машины и приводного механизма, к появлению эксцентриситета ротора. Первая из этих причин вызывает повышение вибраций, которые не исчезают после отключения машины от сети, проявление второй причины такие же, как и при деформации вала.

Нарушение уравновешенности (балансировки) таких вращающихся частей, как муфты, шкивы и роторы, приводит к появлению повышенных вибраций.

Как видно из анализа проявлений возможных неисправностей и их влияния на рабочие свойства электрических машин, одни и те же физические эффекты могут быть вызваны различными причинами. Это часто не позволяет однозначно определить неисправность машины, можно ограничиться лишь их возможным перечнем. Истинная причина может быть определена в процессе дефектации с целью ее устранения. Если говорить о неисправностях конкретных видов электрических машин, то, как правило, эксплуатационный персонал при работе ориентируется на перечень типовых неисправностей и способов их устранения, который содержится в паспорте каждой электрической машины (или групп однотипных машин). В качестве примера в табл. Привиден перечень возможных неисправностей асинхронных двигателей с короткозамкнутой обмоткой ротора серии АИР. Аналогичные перечни содержатся в паспортах, поставляемых заводами-изготовителями вместе с самими электрическими машинами.

#### **Порядок выполнения работы:**

Задание №1 Продолжи заполнять таблицу (найти не менее 5 неисправностей)

Неисправность	внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Способ устранения

	Двигатель при пуске не разворачивается, гудит		
	Остановка работающего двигателя		
	Повышенный перегрев двигателя		

Задание №2

Ответить письменно на вопросы

**Контрольные вопросы:**

1. Причина виткового короткого замыкания?
2. Причина короткого замыкания между фазами обмотки статора?
3. Что вызывает асимметрию токов и быстрый нагрев двигателей переменного тока?
4. Из-за чего снижается сопротивление изоляции обмоток двигателя?
5. Из-за чего возникает повышенная вибрация электрических машин?

## Практическая работа №10

**Раздел:** МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

**Тема:** Присоединение вводов и шинных выводов к трансформатору

**Количество часов:** 2час

### Цели:

1. Получить практические навыки выполнения присоединение вводов и шинных выводов к трансформатору.
2. Получить практические навыки работы по порядку проведения ремонта трансформатора и присоединение вводов и шинных выводов
3. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть:

Основные виды повреждения и текущий ремонт трансформаторов.

Наибольшее количество повреждений наблюдается в устройствах обмоток, главной и продольной изоляции, вводов и переключателей.

Поступивший в ремонт трансформатор осматривают. Знакомятся с эксплуатационно-технической документацией, обращая особое внимание на сведения о работе и дефектах трансформатора о эксплуатации, результаты предыдущего ремонта и особые требования, предъявляемые заказчиком.

При внешнем осмотре могут быть установлены некоторые неисправности трансформатора: поверхностное перекрытие; пробой или разрушение изоляторов, ввод, вздутие бака, образовавшееся вследствие механических усилий внутри трансформатора при его аварии; нарушение прочности швов бака или уплотнений, наличие и течи масла; неисправности работы маслоуказателя, сливного крана и другие дефекты.

**Ремонт вводов.** Основные неисправности вводов (рис.14.3) следующие: трещины и сколы изоляторов, разрушение изоляторов, некачественная армировка и уплотнение, срыв резьбы контактного зажима при неправильном навинчивании и затягивании гайки. При значительных сколах и трещинах ввод заменяется.

Армирование фарфоровых изоляторов начинают с изготовления зажима из медных или латунных прутков соответствующего диаметра и длины; на концах зажима нарезается резьба по размерам заменяемого. На зажим навинчивают стальной или бронзовый колпак и закрепляют его контргайкой. С внутренней стороны колпак с зажимом скрепляют газосваркой. Сварку производят латунию с применением в качестве флюса буры,

предварительно прокаленной в течение 3 ч при 700 °С. Качество сварки должно быть проверено. После сварки зажим лудят гальваническим способом и подвергают вторичному испытанию.

Зажим с приваренным к нему колпаком закрепляют в тисках. Для предохранения резьбу обертывают лентой из мягкого металла. Внутри колпака вкладывают резиновую прокладку.

Фарфоровый изолятор верхней частью вставляют в колпак и сверху на зажим надевают электрокартонную и металлическую шайбы, которые до отказа затягивают контргайкой. Колпак заливают замазкой, которую после застывания покрывают нитроэмалью 624С.

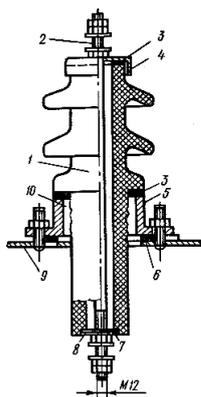


Рис.14.3. Армированный ввод 6-10 кВ наружной установки:

- 1 - фарфоровый изолятор, 2 - токоведущий стержень, 3 - резиновая шайба,
- 4 - колпак. 5 - фланец, 6 - прокладка, 7 - картонная шайба, 8 - стальная шайба,
- 9 - крышка трансформатора, 10 - армировочная масса

В качестве армировочных цементирующих замазок для изоляторов напряжением до 10 кВ рекомендуется глетоглицериновая или портландцементная замазка. В случае переармировки изоляторов необходимо старую затвердевшую замазку удалить равномерным нагреванием фарфоровой части ввода, а затем фланца до 100-120 °С паяльной лампой или автогенной горелкой. Вследствие температурного расширения фланец отойдет от замазки и при легком ударе молотка по фланцу он отделится от фарфора.

Начало обмоток ВН трехфазного трансформатора маркируется буквами А, В и С, а концы этих обмоток - Х, Y и Z. Нейтраль - 0. Начало и конец обмоток НН маркируются соответственно *a, в, с* и *x, y, z*.

**Ремонт поврежденных контактных зажимов.** Поврежденную резьбу зажимов отрезают ножовкой заподлицо с плоскостью колпачка. Зажим высверливают на толщину тела колпачка (3-4 мм), после чего его можно свободно вынуть и заменить новым. Новый зажим приваривают от верхней плоскости колпачка.

**Ремонт переключателей.** Переключатель служит для переключения числа витков обмотки ВН и имеет три ступени регулировки напряжения: +5 %, номинальное напряжение, - 5 %. Наиболее распространены следующие типы переключателей:

ТПСУ-9-120/6, устанавливаемый в трансформаторах мощностью до 100 кВ·А, напряжением до 6 кВ без расширителя; переключатель размещается под крышкой, в которой есть отверстие для рукоятки, и закрепляется на верхних ярмовых балках выемной части трансформатора; отверстие закрывается чугунным колпаком;

ТПСУ-9-120/11, ТПСУ-9-120/12, применяемые в трансформаторах напряжением до 10 кВ и мощностью до 1000 кВ·А включительно; переключатель устанавливается над крышкой трансформатора.

В последних конструкциях трансформаторов напряжением 10 кВ применяется переключатель реечного типа ПТО-10/63-65, предназначенный для переключения ответвления обмоток в пределах  $\pm 2 \times 2,5$  % на трансформаторах I-III габаритов на напряжение до 10 кВ.

Наиболее частыми повреждениями переключателей являются оплавления и подгорания контактных поверхностей. При значительных оплавлениях и полном выгорании контактов переключатель заменяют новым.

В целях устранения повреждений пружины переключатель проверяют путем переключения его по всем ступеням. Исправная пружина для переключателя ТПСУ, ПТО обеспечивает нажатие контактов в рабочем положении 50- 60 Н. Каждое положение переключателя четко фиксируется, что сопровождается щелчком.

При осмотре переключателя его следует очистить, закрепить и подтянуть контакты.

Иногда контактная поверхность переключателей покрывается очень стойкой и твердой пленкой - продуктом Старения масла. Ее удаляют, протирая поверхность колец и стержней контактов тряпкой, смоченной ацетоном. Применение для этой цели наждачной бумаги недопустимо, так как она может повредить никелированную поверхность.

**Ремонт пробивного предохранителя.** После каждого пробоя предохранителя устанавливают новую слюдяную пластинку толщиной 0,25 мм, а контактные поверхности предохранителя тщательно зачищают от образовавшегося нагара.

**Ремонт бака.** Сравнительно распространенными случаями повреждения бака, вызывающими его течь, являются нарушения сварных швов и недостаточная плотность прокладки между баком и крышкой. Пустой бак очищают от осадков, грязи, промывают и ополаскивают теплым маслом. Проверяют исправность работы спускного крана. Места течи заваривают, предварительно тщательно очистив место сварки от масла и краски и просушив его постепенным и равномерным нагревом паяльной лампой.

Незначительную течь масла в швах или в местах сварки труб охлаждения можно устранить чеканкой.

По окончании сварки бак в течение 1-2 ч испытывают избыточным давлением столба масла высотой 1,5 м над уровнем масла в расширителе, используя трубку с воронкой диаметром 3/4- 1". Трубку завинчивают в отверстие для пробки расширителя и заполняют маслом примерно до 2/3 высоты воронки.

На время испытания все отверстия, связанные с баком и расширителем, должны быть герметически закрыты. По окончании испытания масло из воронки сливают до наивысшего уровня в расширителе, а отверстие для заливки масла завинчивают пробкой. После этого удаляют выполненные для проведения испытаний герметические уплотнения и

устанавливают необходимый уровень масла по указателю, сливая избыток масла из расширителя. Одновременно проверяют исправность действия маслоуказателя и пробок.

**Ремонт прокладок.** Пришедшие в негодность уплотняющие прокладки заменяют новыми, изготовленными из маслостойкой резины.

Разметку отверстий в прокладках для прохода болтов делают по крышке или фланцу бака. Отверстия выполняют просечкой. Во избежание перекоса крышки дополнительно прокладывают проволоочный ограничитель 5 (рис.14.4).

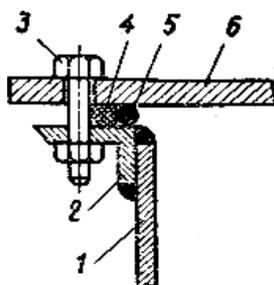


Рис.14.4. Установка уплотняющей прокладки:

- 1 - стенка бака, 2 - фланец бака, 3 - болт, 4 - резиновая прокладка.
- 5 - проволоочный ограничитель 6 -крышка

**Ремонт расширителя.** Ремонт расширителя (рис.14.5) чаще всего сводится к промывке его маслом. Но иногда необходимо очищать внутреннюю поверхность расширитель от ржавчины, которая может быть обнаружена при разборке трансформатора в виде большого скопления крупинок на плоскости верхнего ярма, под отверстием патрубка расширителя или чаще под отверстием выхлопной трубы.

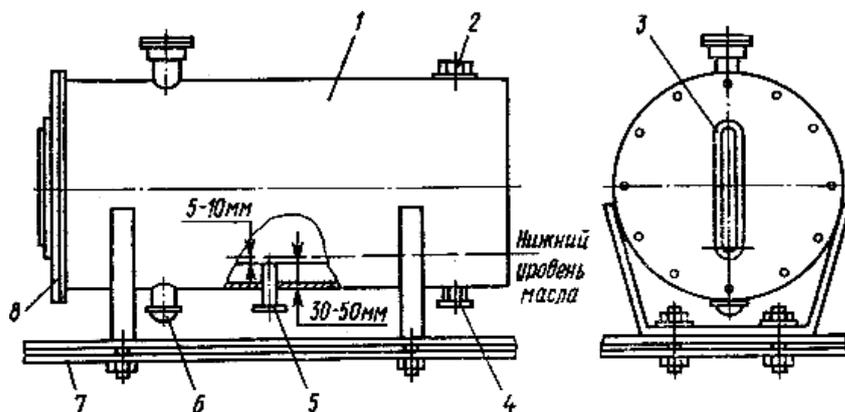


Рис.14.5. Расширитель:

- 1 - корпус, 2 - пробка для доливки масла, 3 - маслоуказатель.
- 4 - отстойник с пробкой, 5 - патрубок к баку трансформатора,
- 6 - воздухоочиститель, 7 -крышки трансформатора, 8 - съемное дно

В некоторых трансформаторах расширитель не имеет съемного дна. При ремонте трансформатора рекомендуется сплошное дно заменить на съемное (рис.14.6). Работу выполняют следующим образом: старое сварное дно вырезают газовой горелкой. Далее к цилиндру 7 расширителя приваривают стальной фланец 6, в который ввинчивают и

приваривают шпильки 5 для крепления съемного дна 4 гайками 3. Дно уплотняют резиновой прокладкой 2, удерживаемой стальным кольцом 1.

При ремонте расширителя проверяют патрубок трубы, соединяющий расширитель с баком. Если патрубок выступает внутрь расширителя менее чем на 30-50 мм, необходимо его переварить, так как при меньшей высоте через патрубок могут попадать в бак осадки, скапливающиеся в расширителе. При этом масло должно быть на -отметке нижнего уровня расширителя, как показано на рис.6.

При осмотре расширителя ржавчину очищают стальной щеткой и удаляют керосином. После очистки внутреннюю поверхность расширителя следует протереть чистой тряпкой, смоченной бензином, и после полного высыхания покрыть нитроэмалью 624С или ГФ-92-ХК.

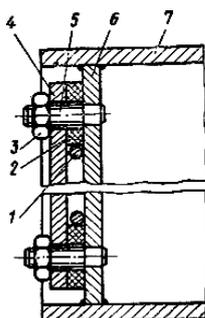


Рис.14.6. Съемное дно

При этом надо следить, чтобы эмаль не закупорила отверстия расширителя, особенно отверстия маслоуказателя. После покрытия эмалью расширитель должен быть высушен в печи в течение 6- 12 ч при температуре 105- 110 °С.

Работа с эмалью требует строгого соблюдения правил пожарной безопасности и охраны труда. Хранят ее в герметически закупоренной таре.

**Ремонт крышки.** Крышки трансформаторов, не имеющих расширителей, с внутренней стороны часто покрываются ржавчиной. После тщательной очистки крышку следует покрыть антиконденсационным составом, состоящим из 100 мас. ч. эмали ГФ-92-ХК и 10 мас. ч. пробковой крошки и хороню перемешанными. В качестве растворителя может быть применен бензол или толуол.

Полученный состав кистью наносят два раза на горизонтально лежащую крышку. После 20-минутной выдержки на воздухе крышку просушивают и сушильном шкафу в течение 30 мин или на открытом воздухе в течение 4-6 ч.

**Ремонт маслоуказателя.** Старые тины маслоуказателя, сообщающиеся с расширителем только снизу, а в верхней части имеющие "дыхательное" отверстие, заменяют новыми пластинчатого типа, которые можно изготовить по чертежам завода-изготовителя.

**Ремонт гильз для термометров.** Частые повреждения гильзы происходят из-за попадания в нее воды, которая, замерзая зимой, расширяется и выдавливает в бак трансформатора дно гильзы. У неработающих трансформаторов в зимнее время рекомендуется гильзу тщательно закрывать.

В современных трансформаторах ртутные термометры заменены на спиртовые.

**Ревизия термосифонного фильтра и воздухоосушителя.** Термосифонный фильтр - устройство, которое очищает и регенерирует (восстанавливает) масло. Нагреваясь и сообщаясь с воздухом, масло поглощает влагу и окисляется, стареет. Фильтр заполнен специальным поглощающим веществом (сорбентом) - силикагелем КСК.

Воздухоосушитель предназначен для того, чтобы через вдыхательное" отверстие расширителя не попадал влажный и загрязненный воздух. Осушитель крепят на стенке расширителя или бака трансформатора. Воздух очищается в слое силикагеля, проходя через слой масла фильтра.

В ряде трансформаторов для такой же цели применяют силикагелевые поглотительные патроны, которые устанавливают на крышке трансформатора вблизи расширителя или в самом расширителе. Эти устройства не требуют специального ремонта, и достаточно ограничиться их ревизией.

Силикагель по мере увлажнения теряет свои свойства, поэтому его заменяют сухим. Признаком увлажнения служит изменение его цвета, что легко наблюдать через смотровое стекло воздухоосушителя. Находящийся в сетчатом патроне индикаторный силикагель меняет голубую окраску на розовую.

При ревизии и замене силикагеля каждый из этих устройств демонтируют, разбирают, высыпают отработанный силикагель. Все внутренние полости и детали устройств протирают ветошью, смоченной керосином. Резиновые и асбестовые уплотнения заменяют новыми. Устройство собирают и устанавливают на место. Масса силикагеля, загружаемого в фильтр, равна 0,1 - 0,2 % массы масла в трансформаторе.

#### **Ремонт и изготовление изоляции и обмоток**

Главная изоляция обеспечивает изоляцию обмоток друг от друга и от заземленных частей. К ней относятся масляный канал и изоляционный цилиндр 4, изолирующие обметку НН от стержня 5, цилиндр 3 между обмотками ВН и НН, перегородка 8 между обмотками.

При повреждении гласной изоляции (рис.14.7) или обмоток трансформатор подлежит капитальному ремонту с разборкой активной части, которая выполняется в такой последовательности.

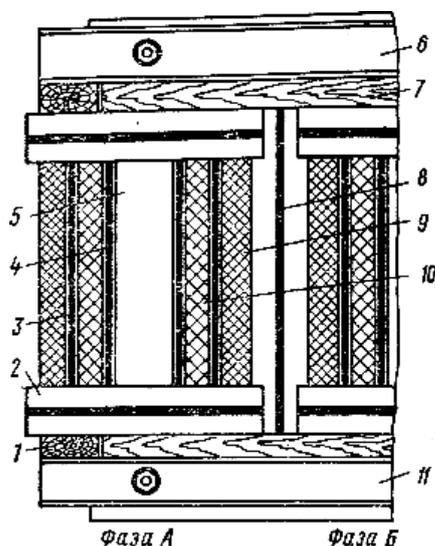


Рис.14.7. Схема главной изоляции обмоток:

- 1 - уравнивательная изоляция, 2 - ярмовая изоляция,
- 3 - изоляционный цилиндр и масляный канал,
- 4 - цилиндр между обмотками НН и стержнем,
- 5 -- стержень, 6 - верхняя ярмовая балка, 7 - верхняя уравнивательная изоляция,
- 8 - междуфазная перегородка, 9 - обмотка ВН, 10 - обмотка НН,
- 11 - нижняя ярмовая балка

Демонтируют отводы, отвинчивают гайки вертикальной шпильки, ослабляют и отвинчивают гайки прессующих шпилек, которые вынимают вместе с бумажно-бакелитовыми трубками.

Шпилька и бандаж (в случае металлического) должны иметь надежную изоляцию от листов стали магнитопровода и ярмовых балок (см. рис.14.2). Верхние ярмовые балки и изоляционные электрокартонные прокладки снимают. Ярмовые балки со стороны ВН и НН не взаимозаменяемы и поэтому их маркируют. Вынимают заземляющую ленту магнитопровода, снимают верхнюю уравнивательную изоляцию. Демонтируют шпильки. В процессе разборки все детали внимательно осматривают и отбраковывают.

Расшихтовывают верхнее ярмо, начиная с крайних пакетов с обеих сторон (ВН и НН), идя к середине ярма, вынимая одновременно по 2-3 листа. После расшихтовки верхнего ярма выступающие расходящиеся в сторону листы стержней связывают киперной лентой, чтобы облегчить снятие обмоток. Поочередно снимают обмотки ВН, выгибая предварительно вертикально концы обмотки НН.

Обмотки в зависимости от массы снимают вручную или специальным приспособлением. Их осматривают, замеряют, определяют характер и объем ремонта или необходимость изготовления новых. Затем снимают ярмовую и уравнивательную изоляции.

К числу наиболее распространенных повреждений обмотки следует отнести: замыкание между витками и замыкание на корпус, межсекционные пробой, электродинамические разрушения, обрыв цепи.

Повреждения изоляции в основном происходят в результате её естественного износа и уменьшения механической прочности при длительной эксплуатации (15 лет и больше), при длительных перегрузках трансформатора, сопровождаемых перегревом обмоток.

При коротких замыканиях вследствие электродинамических усилий наблюдаются деформация обмоток, сдвиг их в осевом направлении и, как правило, механическое разрушение изоляции.

Обрыв цепи обмоток, замыкание их на корпус или пробой возникают вследствие обгорания вводных концов, небрежного соединения их или в результате воздействия электродинамических усилий.

**Ремонт обмоток** (рис.14.8, а, б) в большинстве случаев сводится к замене клиньев, прокладок и других изолирующих обмотку элементов. Для проводов прямоугольного профиля большого сечения обычно ограничиваются заменой повреждённой витковой изоляции. Переизолировка провода небольших однослойных катушек, как правило, выполняется вручную.

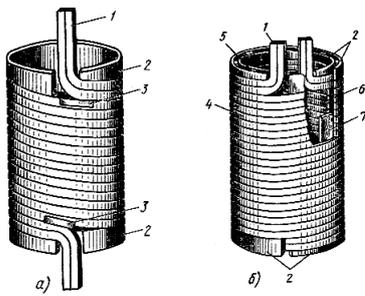


Рис.9. Цилиндрические обмотки:

- а - однослойная, б - двухслойная, 1 - провод, 2 - выравнивающий поясок,
- 3 - коробочка из электрокартона, 4 - наружный слой обмотки,
- 5 - вертикальный масляный канал, 6 - внутренний слой обмотки,
- 7 - планка из бука,

Поврежденную изоляцию удаляют обжигом. Чтобы витки обмотки во время обжига не разошлись, на обмотку в Осевом направлении накладывают несколько проволочных бандажей, которые после обжига аккуратно снимают. Медный провод освобождают от остатков обгоревшей изоляции. Витки обмотки (рис.14.9) изолируют двумя слоями бумажной или тафтяной ленты в полуперекрышку.

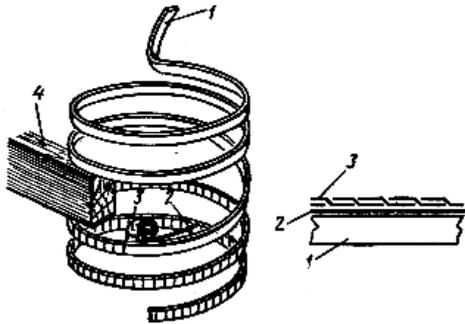


Рис.14.9. Ручная изолировка витков:

- 1 - провод обмотки, 2 -электрокартонная полоска,
- 3 - тафтяная лента 4 -деревянный клин

Для усиления изоляции между смежными витками по соприкасающейся поверхности нитка под слой ленты укладывают полоску из электрокартона толщиной 0,5 мм и шириной, равной ширине соприкасающейся поверхности нитка.

Изолированную катушку выравнивают с торца клиновидным пояском, выполненным из электрокартона, который прикрепляют к витку бандажом из киперной или тафтяной ленты. Катушке придают нужный размер по диаметру и высоте путем обтяжки ее па шаблоне. Чтобы не допустить ослабления и распускания витков, их закрепляют в нескольких местах равномерно по окружности восьмерочными бандажами из киперной ленты, как это показано на рис.14.10. Затем обмотку высушивают, пропитывают соответствующими лаками и запекают. Поврежденные многослойные и другие обмотки, выполненные из проводов мелких сечений, в большинстве случаев заменяют новыми.

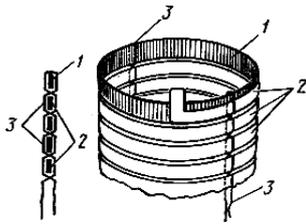


Рис.14.10. Пример закрепления витков и уравнительного клиновидного поиска:

1 - уравнительный пояс, 2 - витки. 3 - восьмерочный бандаж из киперной ленты

### Ремонт главной изоляции.

Ярмовая изоляция (рис. 14.14) представляет собой кольцеобразную шайбу, сделанную из электрокартона толщиной 2-3 мм с прикрепленными по обеим сторонам деревянными подкладками, которые образуют масляные каналы между ярмом и обмоткой.

Уравнительная изоляция выравнивает плоскость ярмовых балок с горизонтальной плоскостью ярма. Ее изготавливают в виде настила из буковых планок. Для вывода концов от внутренних обмоток НН и циркуляции масла в планках делают вырезы. У трансформаторов I и II габаритов деревянный настил служит одновременно ярмовой и уравнительной изоляцией.

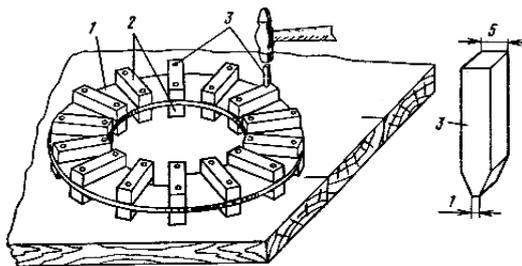


Рис.14.14. Изготовление и установка ярмовой изоляции:

1 - ярмовая изоляция, 2 -- деревянная планка, 3 - заклёпка из электрокартона.

### Сборка трансформаторов

После того как отремонтированы все детали, приступают к сборке трансформатора. На стержни магнитопровода насаживают отремонтированные обмотки: сначала НН, затем ВН (рис.14.15.). Обмотки расклинивают на стержнях и между собой. После насадки обмоток приступают к шихтовке верхнего ярма.

Ответственной операцией является прессовка всей выемной части. Вертикальными стяжными шпильками сжимают ярмовые балки и тем самым осаживают обмотку. Ударами молотка через фибровую прокладку осаживают листы стали верхнего ярма. Стильной конусной оправкой выправляют отверстия верхнего ярма для стяжных шпилек. Вставляют бакелитовые трубки и стяжными шпильками прессуют верхнее ярмо.

После сборки выемной части выполняют серию предварительных испытаний.

Далее производят заготовку, установку, соединение, пайку, изолирование и крепление отводов. Отводы с концами обмоток соединяют сваркой или пайкой. Пайку проводов сечением до 30-40 мм<sup>2</sup> лучше выполнять электрическим паяльником. Провода большего сечения паяют специальными клещами медно-фосфористым припоем. Клещи присоединяют к понижающему трансформатору 12 - 24 В мощностью 1 -1,5 кВт.

Полностью собранную выемную часть трансформатора сушат, так как она имеет много изоляционных деталей, которые в процессе хранения и сборки могли увлажниться. Существует несколько методов сушки выемной части трансформаторов, по наиболее распространенным и доступным в ремонтной практике является способ индукционного нагрева. При этом способе на наружные стенки бака, предварительно утепленные асбестом, накатывают изолированный провод. Необходимое количество витков определяется расчетом или опытным путем. По обмотке пропускают ток расчетной величины при определенном напряжении.

Для циркуляции в баке нагретого воздуха на крышке устанавливают вытяжную трубу высотой 1,5- 2 м. а внизу бака открывают одно из отверстий. Температура контролируется термометрами. Сушка ведется непрерывно. Периодически замеряют сопротивление изоляции обмоток, и если оно в течение 6 - 8 ч не меняет своей величины при постоянной температуре в баке 105 °С, сушку считают законченной.

Отремонтированный и высушенный трансформатор подвергает испытаниям в соответствии с "Нормами испытания электрооборудования". Их результаты заносятся в паспорт отремонтированного трансформатора.

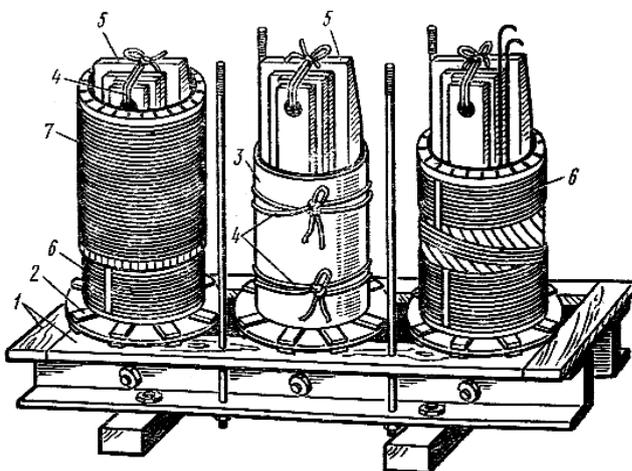


Рис.14.15. Насадка обмоток трансформатора:

- 1 - уравнильная изоляция, 2 - ярмовая изоляция, 3- мягкий цилиндр,
- 4 - временная хлопчатобумажная лента или веревка, 5 - стержень,
- 6 - обмотка НН, 7 - обмотка ВН

УТВЕРЖДАЮ

«    »    20    г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА НА ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ СУХИХ ЛИТЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 6кВ					ГРУППА № 054	КАРТА № 054.0001			
<b>СОСТАВ БРИГАДЫ</b>					Группа по ЭБ	Разряд	Принятое обозначение	Кол-во человек	Нормы времени (в человеко-часах)
Электрослесарь по ремонту РУ - производитель работ					IV	5	Эр	1	На один трансформатор – 8,1 чел.ч
Электрослесарь по ремонту РУ					III	4	Э1	1	
Электрослесарь по ремонту РУ					III	3	Э2	1	
<b>СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ</b>			<b>ПРАВИЛА И ИНСТРУКЦИИ ПО ОХРАНЕ ТРУДА</b>			<b>УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ</b>			
Изолирующая штанга ШОУ-10.....1шт. Перчатки диэлектрические.....1 пара Каска защитная.....3 шт. Боты диэлектрические.....1 пара Плакаты безопасности.....1 к-т. Переносная молниезащитная.....1 шт. Указатель напряжения до 1000В.....1 шт.			1. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001. 2. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. 3. Инструкции по применению и использованию средств защиты, используемых в электроустановках. 4. Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями. 5. Техническое описание и инструкция по эксплуатации трансформаторов.			1. Работу производить по наряду со схемой напряжения с электроустановки и выполнения всех технических мероприятий согласно ПОТ РМ. 2. Высоковольтные испытания трансформатора проводит служба диагностики по ТК диагностики.			
<b>ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ РАБОТ</b>									
<b>КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ, МАТЕРИАЛЫ И ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ</b>					<b>ПРИБОРЫ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ</b>		<b>ИНСТРУМЕНТЫ, ИНВЕНТАРЬ</b>		
РАСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ					ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ		Мегаомметр на 2500В.....1 шт. Гаечные ключи (7-36 мм), комп.....1 Плоскогубцы, шт.....1 Набор напильников, к-т.....1 Отвертка, шт.....1 Молоток слесарный, шт.....1		

<b>Технологическая карта на текущий ремонт масляного выключателя У-220, У-220М*</b>				УТВЕРЖДАЮ: Заместитель директора – главный инженер  «    »    2016	
<b>Состав бригады**</b>				<b>Нормы времени</b>	
Профессия		Разряд	Группа по электробезопасности	Количество человек	<b>На один выключатель</b>
1. Электрослесарь - производитель работ		6	4	1	Электрослесари - 34,5 <u>чел.ч</u>
2. Электрослесарь		5	4	1	Водитель АПП - 8 <u>чел.ч</u>
3. Электрослесарь		4	4	1	
4. Электрослесарь		3	3	1	
5. Водитель АПП		4	2	1	
<b>Инструменты, приспособления и приборы***</b>		<b>Материалы</b>			<b>Меры безопасности</b>
Ключи рожковые	2 к-т	Бензин авиационный Б-70, л (объем на весь ремонт). 4,0 Ветошь, кг 6,0 Салфетки технические, шт. 6,0 Смазка ЦИАТИМ-221, кг 0,8 Шкурка шлифовальная, м <sup>2</sup> 0,4 Эмаль ПФ-115, кг 3,0 Масло трансформаторное на доливку и запчасти -согласно дефектной ведомости			1. Перед началом работ убедиться в том, что силовые и оперативные цепи обесточены. 2. Работа при грозе или ее приближении запрещается. 3. В случае возникновения внештатных ситуаций, работу немедленно прекратить. 4. При проведении испытаний оборудования запрещается производство других работ на нем. 5. При работе выполнять требования: 5.1. Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок. 5.2. Правил по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями. 5.3. СаН ПИН 2.2.4.1191-
Ключи накидные	2 к-т				
Молоток слесарный, массой 300 г	2 шт.				
Набор отверток	1 к-т				
Плоскогубцы	2 шт.				
Щетка по металлу	2 шт.				
Веревка Ø12 мм	15 м				
Кисть волосная	2 шт.				
Компрессор	1 шт.				
Краскопульт	1 шт.				
Лестница приставная	2 шт.				
Компрессор	1 шт.				
Краскопульт	1 шт.				
Микроомметр	1 шт.				
Мегаомметр	1 шт.				

### Порядок выполнения работы:

1. Изучить информационный материал.

3. Составить технологическую карту ремонта трансформаторов. Продолжить заполнять таблицу

4. Ответить на вопросы.

**Контрольные вопросы:**

1. В каких частях трансформатора наблюдается наибольшее количество повреждений?
2. Перечислите неисправности трансформатора, которые могут выявлены при внешнем осмотре.
3. Какие проводятся испытания трансформатора, поступившего в ремонт?

Наименование операций	Содержание операций, технологические требования и нормы
Внешний трансформатора осмотр	

## Практическая работа №11

**Раздел:** МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

**Тема:** Замена листов магнитопровода трансформатора небольшой мощности

**Количество часов:** 2 часа

### Цели:

1. Получить практические навыки выполнения замены листов магнитопровода трансформатора небольшой мощности
2. Повторить технологический процесс замены листов магнитопровода трансформатора
3. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть:

Технологический процесс сборки трансформаторов состоит из различных по своему характеру, объему, сложности и трудоемкости операций, значительную часть которых выполняет электрослесарь.

Электрослесарь должен знать, что в электроремонтных цехах предприятий и на небольших электроремонтных заводах технология и последовательность выполнения операций сборки ряда сборочных единиц трансформатора несколько отличаются от принятых, на трансформаторных заводах при серийном изготовлении новых трансформаторов. В практике электроремонтных цехов применяют иной порядок сборки магнитопровода: собирают остов магнитопровода без шихтовки его верхнего ярма; верхнее ярмо шихтуют только после выполнения всех работ, связанных с насадкой обмоток на стержни магнитопровода, что позволяет избежать перешихтовок верхнего ярма.

Сборочные работы выполняют на специально отведенной площадке. Сборку трансформатора начинают со сборки его базовой части — остова магнитопровода. Перед началом сборки доставляют к месту работы полный комплект изолированных пластин, изоляционных деталей, втяжных шпилек с гайками и шайбами, крепежных деталей, приспособлений и инструмента. Все необходимое для сборки магнитопровода располагают в таком порядке, чтобы при выполнении ее операций (установка изоляции, насадка обмоток и шихтовка верхнего ярма) не нужно было делать лишних движений, часто нагибаться, сходить с места.

Пластины магнитопровода раскладывают на стеллажах стопками по позициям и пакетам. Сборку магнитопровода принято начинать со стороны низшего напряжения,

поэтому пластины и все детали магнитопровода должны быть рассортированы и уложены в соответствующем, порядке.

Магнитопроводы в зависимости от габаритных размеров собирают на металлических столах, Приспособлениях или кантователях, на которых производилась их разборка и кантовка в горизонтальное положение.

Сборку магнитопроводов силовых трансформаторов мощностью до 1000 кВА производят обычно на металлических; столах. Стол (рис. 16.1.) состоит из опорной конструкции I и системы раздвижных балок (двух поперечных 2 и двух продольных 5), что позволяет устанавливать, их на расстоянии друг от друга, соответствующем размерам собираемого магнитопровода. Начинают сборку магнитопровода с установки на продольных балках 3 двух (верхней и нижней) ярмовый1 балок 4, на которые кладут прокладки 5 из, электрокартона, изолирующие ярмовые балки от активной стали магнитопровода. Во избежание провисания пластин стержней устанавливают посередине (между ярмовыми балками) промежуточную опору б, на которую кладут деревянные подкладки 7. Далее размещают по. всему периметру стола необходимое число стальных оправок 8, чтобы они были соосны с отверстиями в пластинах 9. Оправки опираются на стальные опорные полосы 10. На каждую пластину должно приходиться не. менее двух оправок с диаметром несколько меньшим диаметра отверстий в пластинах.

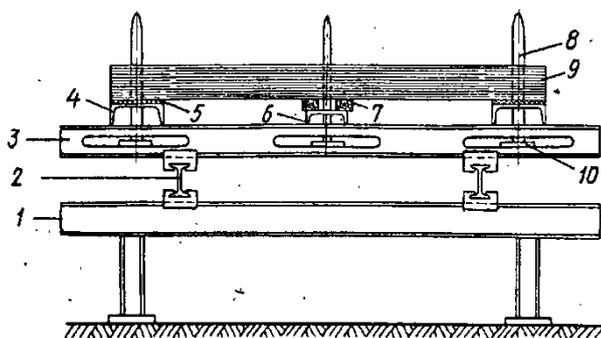


Рис.16.1. Стол для сборки магнитопровода трансформатора:

1 - опорная конструкция стола, 2 и 3 - поперечная и продольная балки стола, 4 — ярмовая балка магнитопровода, 5— изоляционная прокладка из электрокартона, 6 — промежуточная опора, 7 - деревянные подкладки, 8 — оправка, 9 - пластины стали магнитопровода, 10 - опорная полоса

Магнитопровода трансформаторов мощностью до 630 кВ А собирает один рабочий электрослесарь, более мощных — двое и даже четверо рабочих. Сборку производят, укладывая пластины ровно, без перекосов, выступов и набегания одних пластин на другие. Неровности и зазоры в стыках, образующиеся во время сборки магнитопровода устраняют с помощью специальных медных или гетинаксовых подбоек. Допустимая величина зазоров в стыках при шихтовке магнитопровода трансформатора. III габарита 0,5 —0,8 мм. Зазоры всех стыков - в - стержнях и ярах магнитопровода должны быть равномерными ц одинаковыми и не превышать зазоров, допущенных заводом-изготовителем при сборке трансформатора.

Правильность укладки пластин. периодически проверяют, измеряя расстояние по диагонали между отверстиями магнитопровода. Пакеты должны быть уложены равномерно по всему периметру магнитопровода и без перекосов; толщину пакетов измеряют штангенциркулем, перекосы и вертикальность оправок — угольником.

За вертикальностью оправок и величиной зазоров в стыках пластин надо тщательно следить. При сборке магнитопровода оправки часто смещаются в стороны, особенно, когда пластины укладывают небрежно, рассчитывая выправить их в дальнейшем. Такая небрежность неизбежно приводит к образованию перекосов в собираемом магнитопроводе. При «набрасывании» пластин на оправки последние от ударов смещаются в стороны от вертикального положения и, в свою очередь, сдвигают, нижние уже набранные и выровненные пакеты пластин. Во избежание этого надо пластины стали осторожно надевать на оправки, не сбивая и не смещая их в стороны ударами пластин.

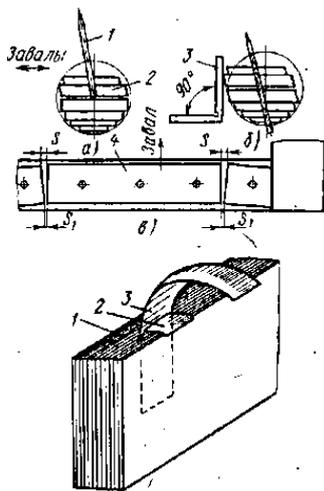


Рис. 16.2. Частичный (а), и полный (б) завалы пакетов стали в стержнях или ярах при сборке магнитопровода и определение завала по зазорам между пластинами (в): 1 — оправка, 2 и 4 — пластины стержня и яра, 3 — угольник

Рис. 16.3. Установка заземляющей ленты: 1 - пластины второго пакета яра, 2 — электрокартонная полоска, 3 — медная луженая лента

Собирая магнитопровод, электрослесарь должен помнить, что почти незаметный «завал» в начале сборки (рис. 16.2, а) может привести в ее конце к значительному и трудноисправимому перекосу стали магнитопровода (рис. 16.2, б). О наличии «завалов» свидетельствует неравномерность зазоров в стыках:  $S > S_1$  — завал на стороне большего зазора (рис. 16.2, в). Небольшие завалы устраняют сдвигом перекошенного пакета, действуя оправками как рычагами.

Для образования нормальных отверстий в стержнях и ярах при сборке пакетов стали периодически вращают правки, центрируя отверстия, при этом оправки должны постоянно сохранять строго вертикальное положение.

После очередной проверки при укладке второго пакета пластин яра закладывают между пластинами на стороне НН медные луженые заземляющие ленты 3 (рис. 16.3) вместе с электрокартонной полоской 2, служащей для того, чтобы медная лента не замыкала торцы пластин яра.

Для заземления применяют медные ленты шириной не менее 30 мм и толщиной 0,3 мм. В мощных трансформаторах заземляющая лента состоит из нескольких медных лент, сложенных вместе. Магнитопроводы мощных трансформаторов в ряде случаев могут иметь два комплекта заземляющих лент для более надежного заземления магнитопровода в двух разных точках.

Завершают сборку активной стали укладкой крайних угловых пластин, перекрывающих стыки предпоследнего слоя. Далее укладывают по месту электрокартонную изоляцию активной стали от ярмовых балок, устанавливают ярмовые балки стороны ВН, а затем поочередно вынимают оправки и на их место вставляют стяжные шпильки.

Пластины собранного и не опрессованного шпильками магнитопровода неплотно прилегают друг к другу, поэтому магнитопровод предварительно прессуют, устанавливая груз или стягивая пластины временными удлиненными шпильками. После прессовки проверяют по всему периметру толщину магнитопровода, надевают на стяжные шпильки бумажнобакелитовые трубки, электрокартонные и стальные шайбы, навинчивают гайки на стяжных шпильках и слегка стягивают магнитопровод. Затем устраняют имеющиеся неровности и, начиная со средних шпилек, равномерным завинчиванием гаек прессуют магнитопровод до требуемого размера. По окончании прессовки к нижним ярмовым балкам магнитопровода крепят опорные планки. Полностью собранный магнитопровод строят, поднимают, ставят вертикально на шпалы и устанавливают вертикальные прессующие шпильки так же, как они были до разборки магнитопровода.

После выполнения всех операций сборки магнитопровод осматривают, окончательно подтягивают стяжные шпильки, измеряют мегаомметром сопротивление изоляции ярмовых балок и шпилек по отношению к активной стали. При отсутствии дефектов магнитопровод передают на испытание. У выдержавшего испытания магнитопровода расшихтовывают верхнее ядро и готовят его к насадке обмоток.

При ремонте трансформаторов небольшой мощности в электроремонтных Цехах во избежание повторной разборки и сборки магнитопровод Г собирают полностью, но без шихтовки верхнего ядра. На стержни такого магнитопровода насаживают обмотки НН и ВН, ставят требуемую изоляцию и только затем шихтуют верхнее ядро и собирают магнитопровод до полной готовности.

Приведенные выше описания технологии сборки относились к шпилечным магнитопроводам, что объясняется поступлением в ремонт большинства трансформаторов с магнитопроводами, имеющими шпилечное крепление. Однако поскольку трансформаторные заводы недавно перешли на магнитопровода бесшпилечной конструкции, число ремонтируемых трансформаторов с такими магнитопроводами растет ежегодно. Поэтому целесообразно привести краткие сведения о некоторых отличительных особенностях разборки и сборки этих магнитопроводов. Бесшпилечный магнитопровод так же, как стянутый стяжными шпильками, укладывают, разбирают и собирают с помощью кантователя, но с некоторыми отличиями: рас- прессовку осуществляют демонтажом стяжных внешних коробок и полубандажей с ярм, разрубкой и удалением бандажей со стержней. Сборку магнитопровода из-за отсутствия отверстий в пластинах производят без фиксирования пластин на оправках, что требует особой тщательности выполнения сборочных операций и более частого контроля качества сборки.

Различаются характер и последовательность операций сборки магнитопроводов бесшпилечной и шпилечной конструкций. После укладки всех пластин в уступы пакетов стержней бесшпилечного магнитопровода закладывают деревянные (буковые) планки и рейки, сохраняя порядок их размещения таким, каким он был до разборки магнитопровода. Планки и рейки закрепляют на стержнях, привязывая их к стержням хлопчатобумажной лентой. Затем магнитопровод опрессовывают до требуемых размеров с помощью

временных прессующих приспособлений — струбцин или ленточных бандажей; вначале прессуют стержни, потом ярма. С опрессованного магнитопровода снимают временные прессующие приспособления и устанавливают стальные ленточные бандажи, предварительно уложив под ними электрокартонные полосы, а затем затягивают с определенным усилием. Концы ленточных бандажей пропускают через армированные изоляционным покрытием пряжки, подкладывая электрокартонные полосы, и затягивают цепным или ленточным хомутом. Ударом молотка конец ленты загибают на выходе из окна пряжки и приваривают к бандажу электросваркой. Ярма опрессовывают временными шпильками, вставленными в отверстия на концах ярмовых балок. После стяжки устанавливают полубандажи и затягивают их гайками. Окончательно собранный и опрессованный магнитопровод проверяют мегаомметром, измеряя: сопротивление изоляции полубандажей, ярмовых балок и стальных бандажей относительно активной стали; омическое «сопротивление — по пакетно и магнитопровода в целом.

При ремонтах (где это возможно) стальные бандажи стержней следует заменять бандажами из стеклоленты ЛСБТ. Стяжка стержней стеклобандажами более совершенна и надежна. При ремонте бесшпильчных магнитопроводов необходимо соблюдать следующие требования:

зазоры в местах стыка отдельных пакетов пластин в собранном магнитопроводе не должны превышать 2,5 мм, размер гребешков — 2 мм; пластин с указанным отклонением должно быть не более 0,5%;

в местах стыка пластин допускается утолщение их пакета до 1 % от толщины стержня или ярма;

заземляющие ленты должны быть зачищены до металлического блеска, пластины активной стали в местах заложения заземлений не зачищают;

прессовка магнитопроводов грузом не допускается; перекося ленточных бандажей при их смещении допускается не более 5 мм;

сопротивление изоляции конструктивных элементов (ярмовых балок, стальных бандажей и других) должно быть не менее 2 МОм;

при испытании приложенным напряжением переменного тока частотой 50 Гц изоляция всех прессующих деталей магнитопровода 4 трансформаторов мощностью до 6300 кВ А должна выдержать в течение 1 мин испытательное напряжение относительно активной стали 2 кВ. Мягкие цилиндры применяют в трансформаторах до 400 кВ\* А и в более мощных трансформаторах, когда у обмоток отсутствуют жесткие цилиндры.

После установки ярмовой изоляции и изолирующих цилиндров приступают к насадке обмоток на стержни, которую при мощности трансформаторов до 630 кВ А производят вручную, а выше 630 кВ А — с помощью подъемных и насадочных приспособлений.

Насадка обмоток НН и ВН на стержни магнитопровода трансформатора вручную показана на рис. 16.4, б, в.

Сначала насаживают на стержни обмотки НН (рис. 16.4, б), затем на них концентрически устанавливают обмотки ВН (рис. 16.4, в). Эти операции выполняют,

начиная с крайней фазы. Запрещается осаживать обмотки ударами молотка во избежание их деформации и повреждения витковой изоляции.

При насадке обмоток должны быть правильно расположены их отводы по отношению к магнитопроводу и друг к другу: отводы обмоток НН должны находиться на стороне, противоположной отводам обмотки ВН.

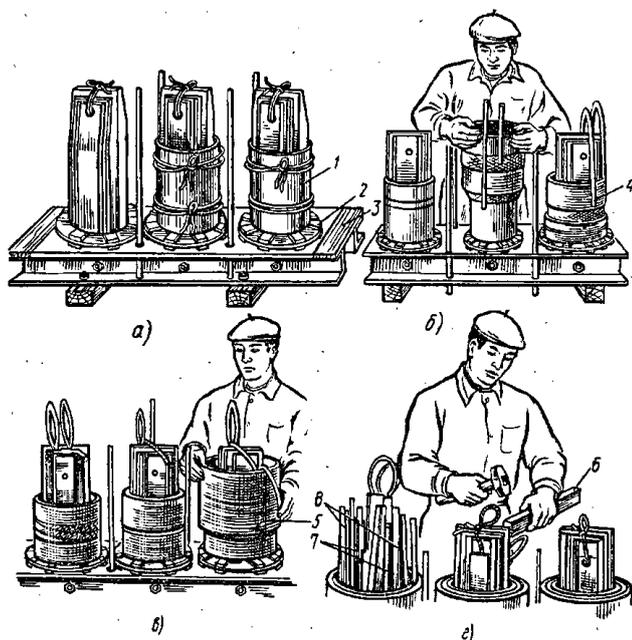


Рис. 16.4. Установка ярмовой изоляции и изоляции стержней магнитопровода (а), насадка обмотки НН трансформатора на стержень магнитопровода (б), обмотки ВН на обмотку НН (в) и расклиновка обмотки (г):

1 — мягкий цилиндр из электрокартона (изоляция стержня), 2 и 3 — ярмовая и уравнивательная изоляции, 4 — стержень магнитопровода, 5 — обмотка ВН, 6 — надставка, 7 — круглые стержни, 8 — планки

После насадки обмотки расклинивают букковыми планками 8 (рис. 16.4, г) и круглыми стержнями 7. Для этого устанавливают две электрокартонные обертки между обмотками ВН и НН, а между обертками вставляют на глубину 30—40 мм прямоугольные планки, предварительно натертые парафином, чтобы они не задирали обертки. Затем поочередно забивают каждую пару планок, находящихся друг против друга. Если планки входят туго, их строгают или заменяют более тонкими; под свободно входящие планки подкладывают тонкие полоски электрокартона.

После расклиновки обмоток ВН таким же образом расклинивают обмотки НН круглыми стержнями и фасонными планками, забиваемыми между цилиндром и ступенями стержня магнитопровода. Стержни и планки располагают по всей длине обмотки. Осадку стержней 7 и планок 8 производят ударами молотка по надставке б, изготовленной из дерева или фибры, избегая при этом сильных ударов, способных расколоть конец стержня или планки. Чтобы сохранить цилиндрическую форму обмоток, вначале забивают круглые стержни, а затем планки. Достигшие уровня стали магнитопровода стержни и планки осаживают также ударами молотка через надставку, стараясь не повредить пластины магнитопровода или изоляцию обмотки.

Если стержни магнитопроводов трансформаторов стянуты по всей высоте стяжными шпильками, концы которых выступают над плоскостью стержня, то при насадке обмоток предварительно накладывают на стержни фасонные планки с отверстиями, в которые утапливают концы шпилек с гайками, а затем устанавливают и расклинивают на стержнях обмотку НН.

Окончив расклиновку, устанавливают верхнюю ярмовую изоляцию и выгибают концы обмоток, подготовив их к пайке схемы и присоединению отводов. После этого шихтуют верхнее ярмо, выполняя все операции так же, как указывалось при сборке магнитопровода.

По окончании шихтовки верхнего ярма, установки ярмовой изоляции и ярмовых балок вставляют в отверстия, имеющиеся в полках ярмовых балок, ранее снятые вертикальные шпильки неравномерно наворачивая на них гайки торцевым ключом, прессуют обмотки (рис. 16.5, а). После этих операций еще раз проверяют расположение изоляционных деталей, измеряют мегаомметром сопротивление изоляции шпилек, раскернивают гайки на шпильках в трех точках (рис. 16.5,б), чтобы они не отвинчивались при работе трансформатора.

В ремонтных условиях сопротивление изоляции стяжных шпилек и ярмовых балок магнитопровода проверяют мегаомметром на 1000 — 2500 В. Значение сопротивления изоляции не нормировано. Исходя из опыта (ремонта и эксплуатации трансформаторов, считают, что сопротивление изоляции этих частей магнитопровода должно быть не ниже 10 МОм.

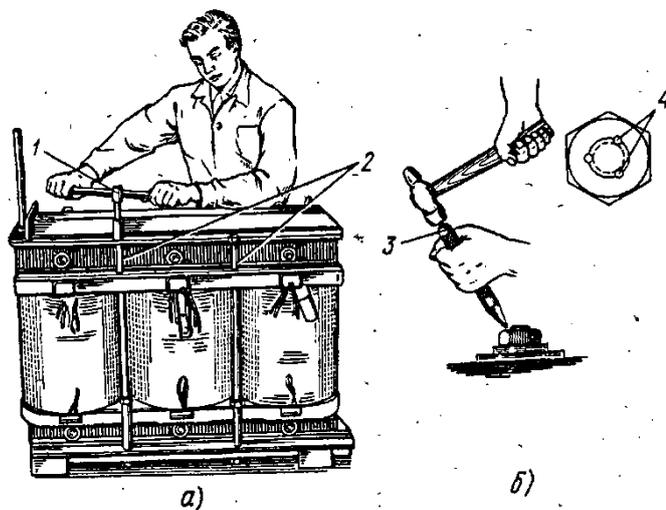
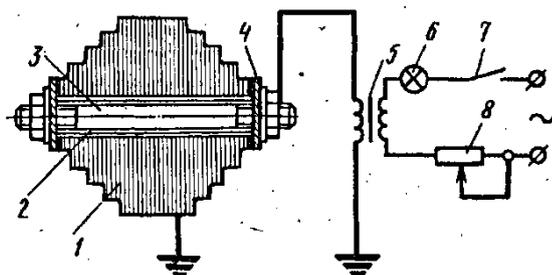


Рис. 16.5. Прессовка обмоток вертикальными шпильками (а) и раскернивание гайки на вертикальной шпильке (б):

1 — торцевой ключ, 2 — вертикальные шпильки, 3 - керн, 4 — керновые углубления



1 — активная сталь магнитопровода, 2 — бумажно-бакелитовая изоляционная трубка, 3 — стяжная шпилька, 4 — стальная накладка или ярмовая балка, 5 — испытательный трансформатор, 6 — лампа накаливания, 7 — выключатель, 8 — реостат

На специализированных ремонтных заводах и в электроремонтных цехах крупных предприятий, располагающих испытательными установками, прочность изоляции стяжных шпилек испытывают в течение 1 мин переменным током напряжением 2000 В. В ремонтных условиях для этих целей можно использовать трансформатор напряжения НОМ на 6 или 10 кВ, включенный по схеме, показанной на рис. 86. При исправном состоянии проверяемой изоляции нить лампы 6 не накаливается или имеет слабый накал. При пробое изоляции лампа будет светить ярко вследствие короткого замыкания в цепи вторичной обмотки трансформатора напряжения и прохождения по этой цепи и через нить лампы тока к. з. В приведенной схеме лампу накаливания можно заменить обычным амперметром. Заключительными операциями первого этапа сборки трансформатора являются сборка и соединение схемы обмоток. Мощность лампы подбирают с таким расчетом, чтобы в режиме холостого хода трансформатора напряжения нить лампы не накаливалась.

#### *Сборка и соединение схемы обмоток.*

Обмотки современных трансформаторов, применяемых в электроустановках промышленных предприятий, как правило, соединены по схеме «звезда» и только в редких случаях и у многих трансформаторов старых конструкций — по схеме «треугольник». Концы обмоток соединяют пайкой, выполняемой специальными паяльниками. В ремонтной практике для соединения концов обмоток трансформаторов небольших мощностей широко применяют пайку оловянисто-свинцовым припоем ПОС 40 (58 % свинца, 40 % олова и 2% сурьмы) с помощью электродугового, паяльника. Концы обмоток тщательно зачищают ножом и, наложив их друг на друга на участке длиной 15 — 30 мм (в зависимости от сечения проводов), соединяют скобочкой из луженой медной ленты толщиной 0,25 — 0,4 мм. При отсутствии медной ленты на участок пайки накладывают проволочный бандаж из медной луженой проволоки толщиной 0,5 мм.

Перед пайкой соединяемый участок очищают от жира, обрабатывают флюсом и лудят. В качестве флюсов при лужении и пайке медных проводов обмоток припоем ПОС 40 чаще всего применяют канифоль. Припой ПОС 40 плавится при температуре около 235 °С. Соединения, выполненные при помощи оловянисто-свинцового припоя, не обладают высокой температуростойкостью и механической прочностью, поэтому в мощных трансформаторах для соединения концов обмоток и особенно для присоединения их к отводам применяют медно-фосфористый припой (92,5% меди и 7,5 % фосфора), который плавится при температуре около 715 °С. Пайку этим припоем производят паяльными щипцами. Во время пайки обмотки закрывают электрокар тонкими листами, чтобы предохранить их от повреждения каплями припоя или случайного прикосновения нагретым паяльником.

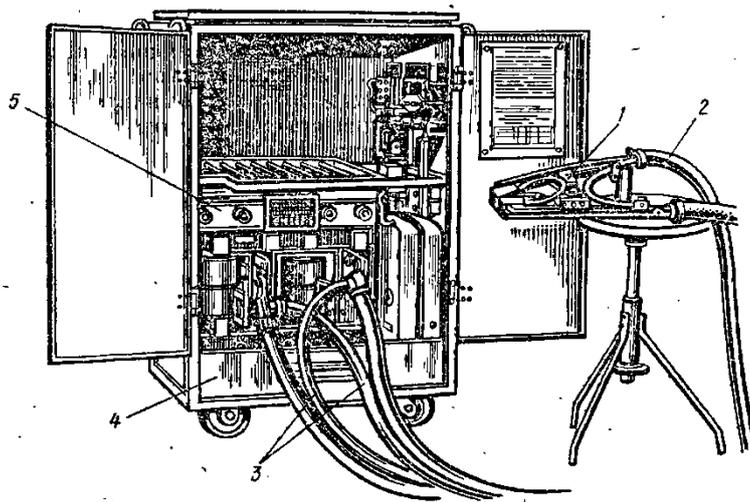


Рис. 16.6. Электропаяльный аппарат предприятия «Мосэнергоремонт»:

1 — электропаяльные клещи, 2 — токопровод клещей, 3 — шланги охлаждающей воды, 4 — ящик, 5 — трансформатор с аппаратами управления

Для выполнения при ремонте трансформаторов электропаяльных работ предприятием «Мосэнергоремонт» в течение ряда лет успешно применяются электропаяльные аппараты двух исполнений по току — на 2000 и 4000 А. Электропаяльный аппарат (рис. 87) состоит из металлического ящика 4 на катках, внутри которого расположен трансформатор 5 с аппаратами управления. Пайку проводов производят электропаяльными клещами 7, присоединенными к трансформатору с аппаратами управления при помощи гибкого токопровода 2 с водяным охлаждением. Подвод охлаждающей воды к аппарату и ее отвод осуществляются по шлангам 3.

После пайки очищают участки соединений проводов от выступающих частиц припоя, изолируют крепированной бумагой и локотканью шириной 20 — 25 мм, накладываемыми в два слоя в полуперекрышку, и покрывают лаком РФ-95. Концы обмоток трансформатора соединяют при помощи отводов с контактами переключателя и токопроводящими стержнями вводов. Отвод представляет собой кусок круглого провода или прямоугольной шины, на одном конце которого имеется демпфер. Демпферы служат для предохранения отвода от обрыва при перемещении сердечника внутри бака во время транспортировки, а также для компенсации

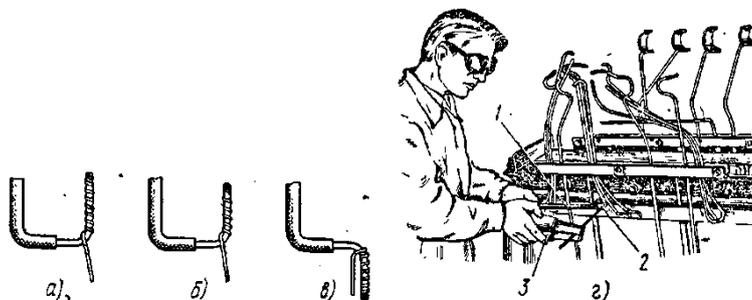


Рис. 16.7. Операции сварки отводов обмотки ВН:а — подготовка к сварке, б — выполненная сварка, в — подготовка для изолирования, г — приваривание отвода к выводу обмотки; 1 — захват с крючком, 2 — привариваемый отвод, 3 — клещи

отклонений от требуемых расстояний по вертикали между магнитопроводом и крышкой бака.

При ремонте обычно используют отводы трансформатора, снятые при разборке. Если отводы оказываются поврежденными настолько, что непригодны для дальнейшего использования, изготавливают по их образцу новые из круглого провода или прямоугольных шин. Отрезок провода (шины) размечают и после подогрева изгибают, подгоняя по месту. Для отводов обмоток НН применяют голые медные провода, а для отводов ВН — изолированные марки ПБ или гибкий кабель марки ЦБОТ.

Демпферы с отводами и отводы с выводами обмотки ВН 4соединяют пайкой или сваркой (рис. 16.7, а, б, в). Пайку производят внахлестку оловянисто-свинцовым или медно-фосфористым припоем при помощи электропаяльных клещей. Операция сварки отводов из круглого провода обмоток ВН показана на рис. 16.7, г. Места присоединения отводов к концам обмоток изолируют крепированной бумагой или лакотканью, нарезанной на полосы шириной 25 — 30 мм. Изолированные участки оплетают одним слоем хлопчатобумажной ленты шириной 15 — 20 мм, наложенной в полуперекрышку, а затем покрывают двумя слоями лака ГФ-95. Хлопчатобумажная лента и лаковое покрытие защищают основную изоляцию на участке соединения. Чтобы отводы не окислились, их (кроме контактных поверхностей) также покрывают лаком ГФ-95, предварительно обезжирив бензином. Когда отводы из круглого провода изолированы по всей длине бумажно-бакелитовыми трубками, изолируют лакотканью только стыки трубок. При этом следят, чтобы стыки трубок не оказались в месте крепления отводов планками и были смещены относительно стыков соседних отводов не менее чем на 50 мм. Отводы крепят деревянными планками к ярмовым балкам. Участки крепления отводов изолируют двумя слоями лакоткани. Изоляционные детали активной части состоят в основном из волокнистых материалов (дерево, электрокартон, бумага), интенсивно впитывающих влагу, содержащуюся в окружающем воздухе, что приводит к снижению их электроизоляционных свойств. Для обеспечения высокой электрической прочности изоляции активную часть трансформатора подвергают сушке, в процессе которой удаляется влага из его твердой изоляции. Существуют различные способы сушки сердечников трансформаторов (например, методом индукционных потерь встали бака, в специальном шкафу, инфракрасными лучами, воздуходувкой, в вакууме, токами короткого замыкания и др.) со своими преимуществами и недостатками. Однако при ремонте трансформаторов в электроцехах небольших предприятий, не имеющих специального оборудования, самой доступной является сушка активной части методом нагрева от индукционных потерь встали бака. Сущность этого метода заключается в том, что при прохождении переменного тока по временной намагничивающей обмотке, наложенной на бак, образуется сильное магнитное поле, а в стенках бака возникают вихревые токи, которые, замыкаясь через сталь бака, нагревают их. При этом нагреваются все металлические части внутри бака, что способствует испарению влаги из изоляции обмоток и магнитопровода.

Сушку трансформатора этим методом производят так. Утепляют бак трансформатора одним-двумя слоями листового асбеста или стеклоткани. На бак накладывают временную намагничивающую обмотку, выполненную проводом ПДА с асбестовой изоляцией. Способы наложения намагничивающей обмотки зависят от конструкции бака. Количество ее витков зависит от размеров трансформатора:  $w = AU/L$ , где  $A$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от удельной мощности  $A_p$ ,

выражаемой в киловаттах на 1 м<sup>2</sup> поверхности бака, занятой обмоткой;  $U$  — напряжение источника питания, В;  $L$  — периметр бака, м.

Для нагрева стенок бака трансформатора удельную мощность принимают равной 1—2 кВт/м<sup>2</sup>, а для нагрева днища электропечами — 2,5 — 3 кВт/м<sup>2</sup>. Коэффициент пропорциональности выбирают в зависимости от принятой удельной мощности. Мощность, кВт, необходимую для нагрева трансформатора, определяют по формуле  $P = \rho L h$ , где  $h$  — высота бака, занятая обмоткой, м. Устанавливают на активной части трансформатора несколько термомпар и, опустив ее в бак, закрывают крышкой, на которой взамен постоянных вводов смонтированы временные. Снаружи бака размещают термомпары, по показаниям которых контролируют температуру нагрева обмотки. В процессе сушки систематически проверяют сопротивление изоляции обмотки, по которому судят о ходе процесса на отверстиях в крышке устанавливают временные заглушки. Резиновую прокладку между крышкой и баком заменяют теплостойкой прокладкой из клингерита или паронита.

После окончания сушки производят так называемую «отделку» активной части, при которой подпрессовывают обмотку вертикальными шпильками и подтягивают гайки на прессующих шпильках верхнего и - нижнего ярм магнитопровода. После отделки сердечника проверяют сопротивление изоляции обмотки, стяжных шпилек и ярмовых балок, а затем переходят к операциям второго этапа сборки трансформатора.

При сборке трансформаторов без расширителей, вводы которых расположены на стенках бака, сначала опускают активную часть в бак, устанавливают вводы, присоединяют отводы обмоток к ним и переключателю, а затем размещают крышку на баке.

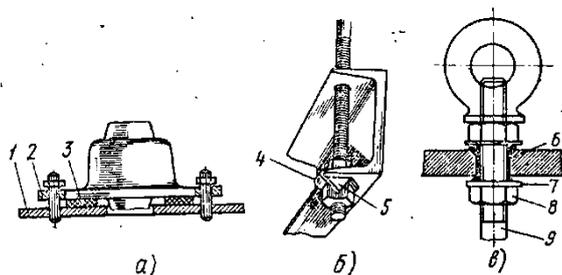


Рис. 16.8. Способы выполнения отдельных операций сборки: а — установка, резиновой прокладки под фланец ввода, б — установка шайбы для предотвращения самоотвинчивания гайки на нижнем конце подъемной шпильки, в — уплотнение верхнего конца подъемной шпильки в месте прохода через крышку трансформатора; 1 — крышка трансформатора, 2 — фланец ввода, 3 — прокладка из маслостойкой резины 4 — загиб фасонной шайбы на ярмовую балку, 5 — загиб уголка шайбы на грань гайки, 6 —уплотнение из асбестового шнура, пропитанного лаком ГФ-95, 7—стальная шайба, 8 — гайка, 9 - подъемная шпилька

Крышки трансформаторов мощностью до 560 кВ-А устанавливают на подъемных шпильках сердечника и комплектуют необходимыми деталями, а более мощных — комплектуют отдельно и в полностью собранном виде закрепляют на подъемных шпильках выемной части или баке. При этом особое внимание. обращают на правильность установки уплотняющих прокладок, прочность затяжки гаек, правильность присоединения отводов к вводам и переключателям, выполнение уплотнений, исключающих течь масла.

Способы выполнения отдельных операций сборки показаны на рис. 16.7. При установке подъемных шпилек регулируют их длину, чтобы, выемная часть магнитопровода

и крышка правильно разместились на своих местах. Если шпильки окажутся короткими, магнитопровод не достанет до дна бака и повиснет на них, если длинными — крышка не дойдет до рамы бака и между ними образуется зазор. Необходимую длину подъемных шпилек определяют деревянной рейкой. Ею промеряют глубину бака, устанавливая расстояние от нижней точки опоры магнитопровода до места расположения нижней гайки с шайбой на верхнем конце шпильки. Длину шпилек регулируют перемещением на них гаек. Крепление шпилек к ярмовым балкам тщательно затягивают.

Выемную часть с закрепленной на ней крышкой строят за подъемные кольца тросами, поднимают краном и медленно опускают в бак, соблюдая меры предосторожности, исключающие травмирование работающих и повреждение отдельных частей трансформатора.

Между крышкой и рамой бака ставят уплотняющую прокладку из маслостойкой листовой резины, толщиной 6—12 мм. На концах прокладки в месте стыка делают косой срез (рис. 16.9, а). Прокладку устанавливают одним из способов (рис. 16.9, б, в, г), исключающих возможность выдавливания ее внутрь бака. При уплотнении бака трансформатора способами, изображенными на рис. 16.9, б, в, размеры уплотняющих прокладок берут в зависимости от размеров рамы бака. Чтобы прокладка не сместилась при установке крышки, ее приклеивают к раме бака, предварительно обезжирив поверхность прокладки и рамы бензином.

Монтируют крышку на раме бака, равномерно затягивая болты по всему ее периметру. На крышке устанавливают кронштейны, на которых болтами крепят расширитель с маслоуказателем; и располагают предохранительную трубу, предварительно проверив сохранность стеклянной диафрагмы и герметичность ее установки на конце трубы. Между нижним фланцем трубы и крышкой трансформатора помещают уплотняющую прокладку из маслостойкой резины. Далее устанавливают реле и пробивной предохранитель.

После окончания сборки трансформатора перед заполнением его маслом еще раз проверяют мегаомметром на 1000 В электрическую прочность изоляции обмоток. Трансформатор заполняют сухим трансформаторным маслом соответствующей электрической прочности до требуемого уровня, определяемого отметками на гдаслоуказателе расширителя. Заполнив трансформатор маслом, проверяют герметичность арматуры и установленных на крышке деталей, а также отсутствие течи масла из имеющихся соединений и сварных швов.

При отсутствии дефектов, препятствующих нормальной и безопасной работе, трансформатор подвергают электрическим испытаниям, объем и нормы которых установлены ГОСТом. Цель испытаний трансформатора — проверка его электрических характеристик и качества работ, выполненных в процессе ремонта. Трансформатор, подвергающийся капитальному ремонту, испытывают как в процессе ремонта, так и после него.

Изготовив новые обмотки в процессе ремонта, измеряют число витков и проверяют, нет ли в обмотке обрыва и витковых замыканий. Закончив первый этап сборки (сборка активной части), соединяют временно обмотки по требуемой схеме и определяют коэффициент трансформации на всех ответвлениях и группу соединения обмоток, а также испытывают изоляцию стяжных шпилек. После окончательной сборки перед сушкой сердечника повторно определяют коэффициент трансформации, проверяют группу

соединения обмоток, измеряют сопротивления их изоляции. Для контроля качества паяк и контактов проверяют сопротивления обмоток постоянному току. При сушке методом индукционных потерь в стали бака

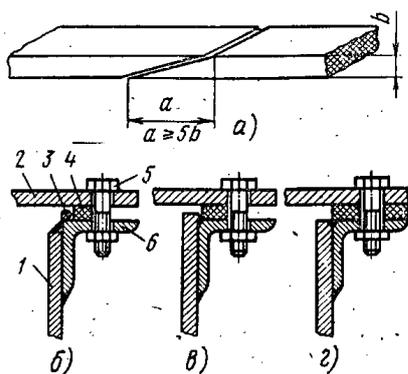


Рис. 16.9. Герметизация бака при помощи прокладки из маслостойкой резины: а — выполнение стыка прокладки, б — г — способы установки уплотняющей прокладки; 1 — стенка бака, 2 — крышка трансформатора, 3 — ограничитель из стальной проволоки диаметром 4—5 мм, 4 — резиновая прокладка, 5 — болт, 6 — рама бака измеряют сопротивление изоляции, температуру и время сушки, а при сушке под вакуумом кроме того — величину вакуума и количество выделенного конденсата.

Отремонтированный трансформатор подвергают испытаниям, в объем которых входит: измерение сопротивления изоляции обмоток; определение коэффициента трансформации; измерение сопротивления обмоток постоянному току; проверка группы соединения обмоток; измерение потерь и тока холостого хода (опыт холостого хода), потерь и напряжения короткого замыкания (опыт короткого замыкания); испытание герметичности бака и электрической прочности изоляции. Испытательные напряжения масляных трансформаторов вместе с вводами приведены в табл. 16.1.

Результаты всех испытаний заносят в протоколы, в которых указывают также приборы и методы, применявшиеся при испытаниях. Эти данные необходимы для сопоставления полученных результатов с результатами предыдущих испытаний, проведенных в различное время до настоящего ремонта трансформатора. Испытания выпускаемых из ремонта трансформаторов должны выполняться по всей программе и в объеме, предусмотренном действующими правилами и нормами.

Таблица 16.1. Испытательные напряжения масляных трансформаторов вместе с вводами

Испытание	Напряжения, кВ, главной изоляции обмоток масляных трансформаторов вместе с вводами при классе напряжения изоляции обмотки, кВ						
	до 0,63	3	6	10	15	20	35
Заводское	5	18	25	35	45	55	85
После капитального ремонта:							
со сменой обмоток	4,5	16	22	31	40	49	76
без смены обмоток	3,75	13,5	19	26	34	41	64

## Порядок выполнения работы:

### Задание №1

1. Изучить информационный материал.
2. Составить технологическую карту ремонта трансформатора- заполнить таблицу

УТВЕРЖДАЮ

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА НА ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ СУХИХ ЛИТЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 6кВ					ГРУППА № 054	КАРТА № 054.0001			
<b>СОСТАВ БРИГАДЫ</b>					Группа по ЭБ	Разряд	Принятое обозначение	Кол-во человек	Нормы времени (в час/мин.-засек)
Электрослесарь по ремонту РУ - производитель работ					IV	3	Эр	1	На один трансформатор – 8,1 чел.ч
Электрослесарь по ремонту РУ					III	4	Э1	1	
Электрослесарь по ремонту РУ					III	3	Э2	1	
<b>СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ</b>					<b>ПРАВИЛА И ИНСТРУКЦИИ ПО ОХРАНЕ ТРУДА</b>			<b>УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ</b>	
Изолирующая штанга ШОУ-10.....1шт. Перчатки диэлектрические.....1 пара Каска защитная.....3 шт. Боты диэлектрические.....1 пара Плакаты безопасности.....1 кст. Переносная медицинская аптечка.....1 шт. Указатель напряжения до 1000В.....1 шт.					1. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001. 2. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий. 3. Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках. 4. Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями. 5. Техническое описание и инструкции по эксплуатации трансформаторов.			1. Работу производить по наряду со снятием напряжения с электроустановки и выполнения всех технических мероприятий согласно ПОТ РМ. 2. Высоковольтные испытания трансформатора проводит служба диагностики по ТК диагностики.	
<b>ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ РАБОТ</b>									
<b>КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ, МАТЕРИАЛЫ И ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ</b>					<b>ПРИБОРЫ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ</b>		<b>ИНСТРУМЕНТЫ, ИНВЕНТАРЬ</b>		
РАСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ					ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ		Мегаомметр на 2500В.....1 шт.		Гаечные ключи (7-36 мм), комп.....1 Плоскогубцы, шт.....1 Набор напильников, к-т.....1 Отвертка, шт.....1 Молоток слесарный, шт.....1

№	Наименование операций	Содержание операций, технологические требования и нормы

### Задание №2 Ответить письменно на вопросы

#### Контрольные вопросы:

1. Опишите устройство стола для сборки магнитопровода.
2. Назовите допустимую величину зазора в стыковом соединении при шихтовке магнитопровода.
3. К чему может привести незаметный «завал» в начале сборки магнитопровода?

## Практическая работа №12

**Раздел:** МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

**Тема:** Монтаж и демонтаж измерительных трансформаторов

**Количество часов:** 2 часа

### Цели:

1. Получить практические навыки выполнения монтажа и демонтажа измерительных трансформаторов.
2. Закрепить навыки по монтажу коммутационных аппаратов и вторичных цепей
3. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть:

Электроустановки состоят из совокупности машин, аппаратов, устройств, приборов, щитов и электрических цепей (шин, кабелей, проводов), которыми устройства соединены между собой.

В зависимости от назначения электрические цепи делят на первичные и вторичные. К первичным относят цепи, предназначенные для передачи и распределения электроэнергии электроприемникам (электродвигатели, электронагреватели и др.). К вторичным относят цепи, используемые для передачи токов управления, сигнализации, измерений.

Порядок соединения электрических устройств между собой определяется электрическими схемами. Наиболее часто используют схемы: принципиальные (полные), соединений (монтажные) и подключения.

**Принципиальная схема** (рис. 11.1) определяет полный состав элементов электроустановки и связей между ними и дает полное представление о принципах ее работы. Схему используют для изучения принципа работы установки. Электрические устройства и составляющие их элементы изображают на схемах условными графическими обозначениями, установленными ГОСТ и единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

Монтаж первичных и вторичных цепей выполняют в соответствии со схемой соединений (рис. 11.2). Соединение электрических аппаратов и контактов между собой в монтажных схемах обозначают адресами. Адрес состоит из двух частей: первая включает знак позиционного обозначения, вторая – номер контакта, присвоенный заводом-изготовителем. На монтажных схемах заводские номера контактов проставляют в кружках, обозначающих контакты, или в скобках около контактов. Адрес записывают против обрыва проводника – это показывает позиционное обозначение и номер контакта того элемента схемы, к которому должен быть присоединен данный проводник.

Например (см. рис. 11.2), проводник  $A\ 1$ , присоединенный к контакту  $1$  выключателя  $QF1$ , имеет адрес  $KM1:1$ , который читается следующим

образом: провод, отходящий от контакта 4 выключателя *QF1*, должен присоединяться к контакту 1 магнитного пускателя *KM1*. У контакта 1 пускателя *KM1* пишут обратный адрес *QF1:4*, указывающий, откуда к контакту приходит провод. В графе "обозначение провода" указывают обозначение участка провода по маркировке на принципиальной схеме (см. рис. 11.1). В последующих графах – адреса соединяемых элементов.

**Схема подключения** показывает, какие цепи и к каким зажимам устройства подключают провода и кабели внешнего монтажа. На рис. 11.2 схема подключения объединена со схемой соединения ящика РУС.

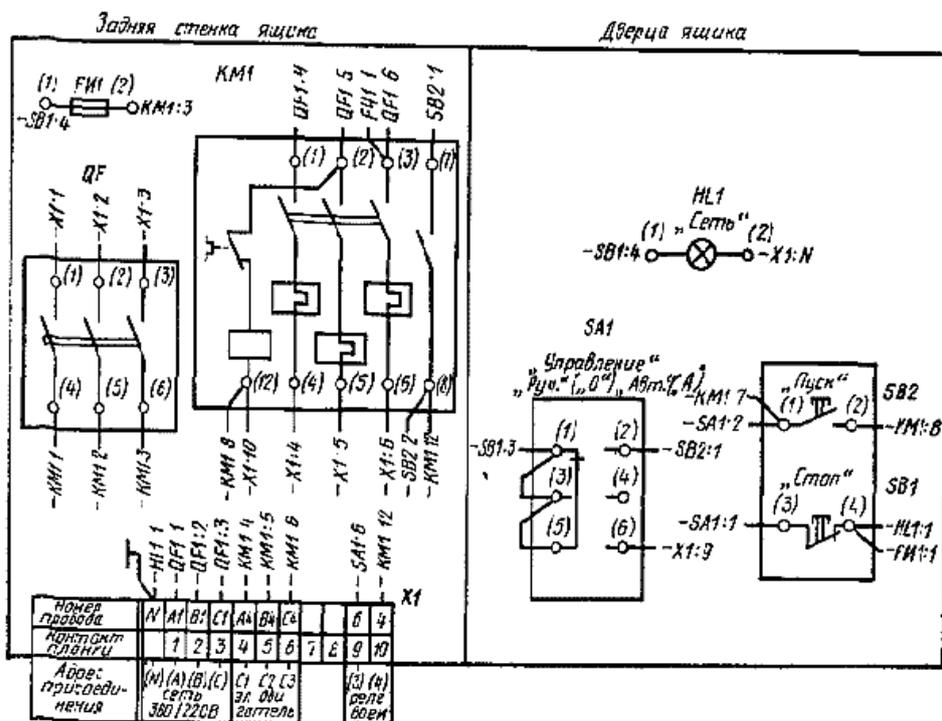


Рис. 11.2. Электрическая схема соединений РУС 5115

**Технические требования к монтажу.** Щиты, ящики и другое оборудование должно поставляться заводами-изготовителями, полностью смонтированными с аппаратами и приборами, прошедшими ревизию, регулировку и испытания [3].

Все аппараты перед установкой осматривают, проверяют их исправность, комплектность, соответствие паспортных данных проектным. Удаляют консервирующую смазку, опробывают от руки подвижность кнопок, рукояток, контактных систем и др. Пускорегулирующие аппараты располагают так, чтобы пуск и остановка электродвигателей происходили в поле зрения оператора. Щиты, аппараты в животноводческих зданиях устанавливают в помещениях с неагрессивной средой. Шкафы размещают так, чтобы их дверцы открывались не менее чем на 100°, а поворот рукояток рубильников и выключателей вверх или направо соответствовал включению аппарата, а вниз или налево – отключению. Установку шкафа выверяют по уровню и отвесу.

Отдельные аппараты (пускатели, автоматы) устанавливают на высоте 1500...1700 мм от пола с отклонением их оси от вертикали не более 5°. На лицевой стороне всех шкафов выполняют надписи в соответствии с рабочими чертежами. У приводов аппаратов устанавливают таблички с указанием присоединения и положения "Включено" и "Отключено". Такие же таблички устанавливают внутри шкафа, около каждого аппарата с указанием, к какому механизму они относятся.

На ключах, кнопках и рукоятках делают надписи выполняемой ими операции ("Пуск", "Стоп"), а на сигнальных лампах – таблички, указывающие характер сигнала ("Сеть", "Уровень"). В дверцах шкафов и ящиках устанавливают специальные замки, препятствующие их открыванию посторонними людьми.

**Монтаж щитов, устройств, вторичных цепей.** До начала работ необходимо изучить рабочие чертежи, техническую документацию устройств и принять от строителей по акту щитовые помещения, ниши, закладные, детали для щитов и др.

К монтажу вторичных цепей приступают после установки всего оборудования и аппаратов и проверки жил на отсутствие обрыва. Прозвонку жил протяженных цепей (рис. 11.3) выполняют прибором, для этого один конец жилы соединяют с корпусом, а второй конец отыскивают щупом прибора. Короткие цепи проверяют индикатором с батарейками.

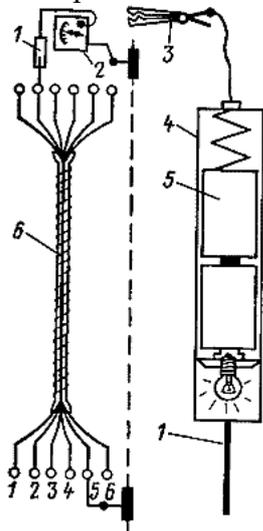


Рис. 11.3. Схема прозвонки жил кабелей:  
1 - щуп; 2 - прибор; 3 - зажим; 4 - индикатор; 5 - батарейка; 6 - кабель

Площадь сечения алюминиевых жил должна быть не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ , а медных –  $1,5 \text{ мм}^2$ .

Соединение жил допускается выполнять только на наборных зажимах планок или на выводах аппаратов с обязательной установкой шайбы-звездочки. Жилы должны иметь запас по длине для повторного присоединения.

Все аппараты, расположенные внутри ящика или шкафа, соединяют между собой неразъемными перемычками без вывода проводов на наборные зажимы (рис. 11.4, а, б). Цепи для подключения внешних устройств присоединяют на зажимы планок. Провода до прокладки выправляют и протирают ветошью, пропитанной парафином.

По панелям шкафов провода прокладывают только вертикально и горизонтально. Радиус изгиба проводов – не менее трех диаметров провода. К панелям провода крепят скобами с изолирующими прокладками. Потоки проводов закрепляют бандажами через 200 мм.

Переход проводов с корпуса щита на подвижную дверцу или подвижные контакты устройств выполняют гибкими медными проводами в виде вертикального скручивающегося жгута без разрезания проводов (рис. 11.4, б).

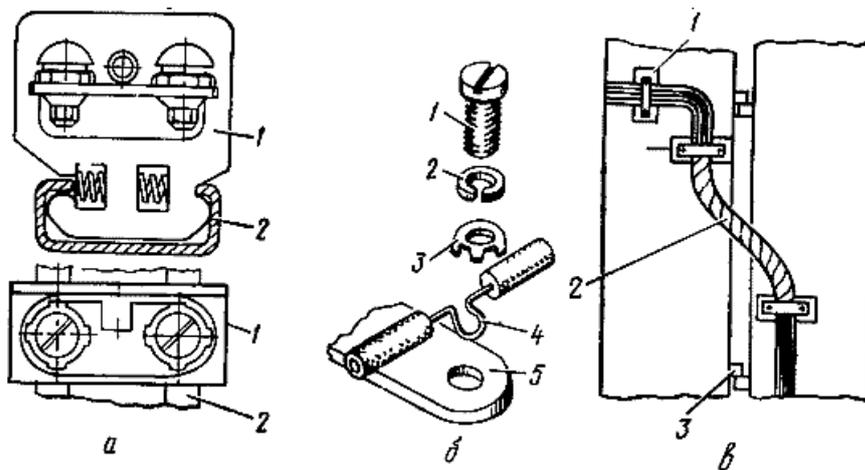


Рис. 11.4. Монтаж элементов вторичных цепей: а - сборка наборных зажимов: 1 - зажим; 2 - планка; б - присоединение провода без разрезания: 1 - винт; 2 - пружинящая шайба; 3 - шайба-звездочка; 4 - провод; 5 - контактный вывод; в - переход проводов на подвижные конструкции: 1 – скоба; 2 – жгут из проводов; 3 - навесы.

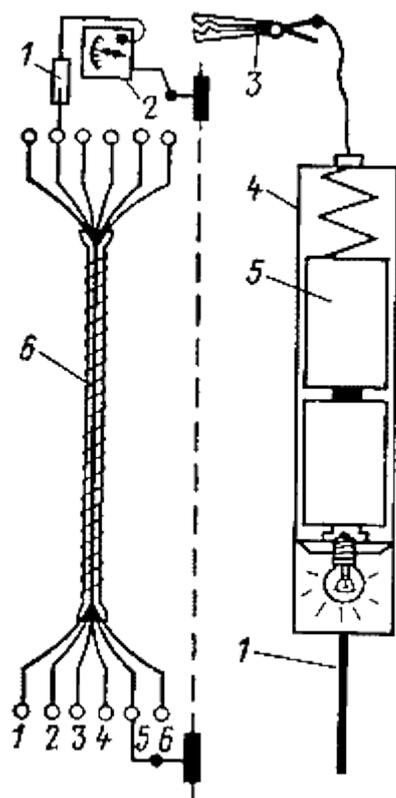
Кольца на концах жил располагают в зажиме по ходу винта, который затягивают плотно, не допуская "выдавливаний" жилы или срыва резьбы. Если к зажиму присоединяют два провода, то между кольцами прокладывают шайбу. Соединение больше двух проводов, или медного и алюминиевого проводов, под один винт запрещается. Не допускается изгибать жилы или делать на них кольца плоскогубцами или кусачками.

Проводники у наборных зажимов и у зажимов аппаратов должны иметь маркировку, которую записывают на оконцевателях из пластмассы со вставной надписью или из полимерной трубки длиной 15...20 мм. Надписи на трубках-оконцевателях наносят с двух сторон несмываемыми чернилами. Маркировка на проводах должна соответствовать рабочим чертежам. Навешивать на провода бирки вместо оконцевателей запрещается.

Переключатели и ключи управления подключают в соответствии с диаграммой замыкания контактов, которую приводят на чертеже с принципиальной схемой.

### Порядок выполнения работы:

1. Проверьте первичные и вторичные цепи, а также контакты всех аппаратов, включенных в эти цепи.
2. Проверьте исправность механической части аппаратов: включение и отключение без заеданий, срабатывание теплового реле при принудительном нажатии на биметаллическую пластинку, фиксацию положений рукояток.
3. Проверьте исправность электрических цепей, замыкание и размыкание контактов индикатором с батарейками (см. рис. 11.3). Проверьте, соответствует ли схемам нанесенная на контакты коммутационной аппаратуры маркировка.



#### 4. Ответьте на вопросы

##### Контрольные вопросы:

1. Каков порядок чтения принципиальной электрической схемы?
2. Как выполняют адресную маркировку электрических цепей?
3. Расскажите правила нанесения надписей на шкафах, аппаратах, цепях.
4. Расскажите технологию монтажа и присоединения к контактам вторичных цепей.
5. Как измеряют сопротивление изоляции вторичных цепей?

## Практическая работа №13

**Раздел:** МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

**Тема:** Монтаж оборудования камер сборных одностороннего обслуживания

**Количество часов:** 2 часа

### Цели:

1. Получить практические навыки выполнения монтажа оборудования камер сборных одностороннего обслуживания
2. Получить практические навыки работы устройством и технологией монтажа комплектных трансформаторных подстанций (КТП).
3. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

### Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

### Теоретическая часть:

Трансформаторной подстанцией (ТП) называется электрическая установка, предназначенная для преобразования электрической энергии из одного напряжения в другое и распределения ее потребителям.

ТП, изготовленная в заводских условиях в виде готового блока, называется комплексной трансформаторной подстанцией (КТП).

Конструкция КТП включает три основных части: силовой трансформатор, шкаф высоковольтного оборудования (10 кВ), шкаф низковольтного оборудования (0,38/0,22 кВ) [2 - 5].

Электрическое соединение оборудования внутри подстанции и подсоединение к нему линий показано на схеме (рис. 16.1). Наименование и функциональное назначение оборудования КТП, изображенного на схеме, приведены в таблице 16.1.

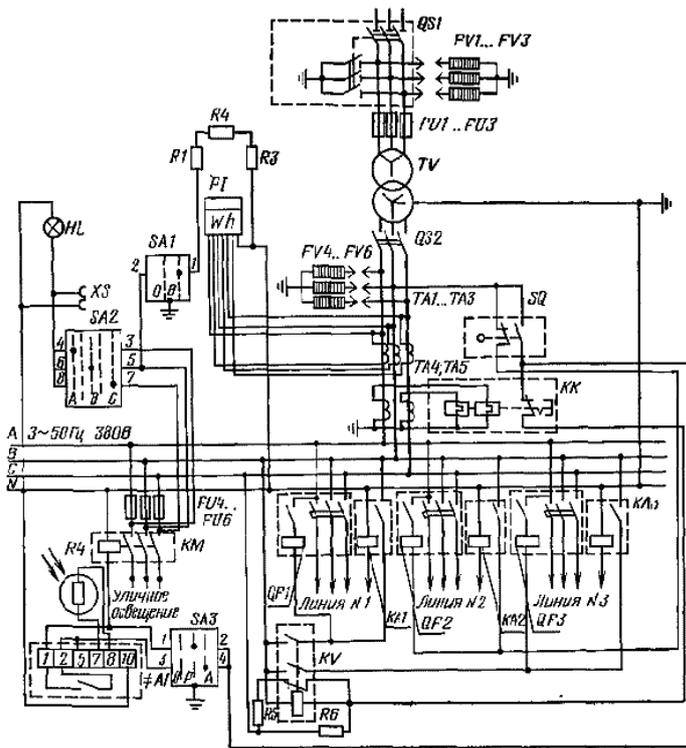


Рис. 16.1. Принципиальная электрическая схема КТП 10/0,4 кВ мощностью 63...160 кВА.

Таблица 16.1

Обозначение на схеме	Наименование и тип оборудования	Назначение
1	2	3
QS1	Разъединительный пункт РП 1У	Включение и отключение КТП
TV	Трансформатор ТМ-160/10	Преобразование напряжения 10 кВ в напряжение 0,38/0,22 кВ
FU1...FU3	Предохранитель ПК1-10	Защита трансформатора от токов короткого замыкания (ТКЗ)
FV1...FV3	Разрядники РВО-10, РВН-0,5	Защита КТП от атмосферных перенапряжений на линиях 10 и 0,38 кВ

QS2	Рубильник Р-3243	Отключение низковольтного шкафа
TA1...TA5	Трансформатор тока ТК-20УЗ	Снижение тока для подключения счетчика энергии и реле защиты от перегрузок
FU4...FU6	Предохранитель Е 27	Защита линий уличного освещения от ТКЗ
KM	Магнитный пускатель ПМЕ-200	Автоматическое включение и отключение уличного освещения
PI	Счетчик СА4У	Учет потребления активной энергии
R1...R3	Резистор ПЭ-50	Подогрев счетчика в холодное время
SA1	Переключатель ПКП-10	Включение подогрева счетчика
SA2	Переключатель ПКП-10	Подключение лампы на фазы А, В, С для проверки наличия напряжения и освещения шкафа
HL	Лампа накаливания	Сигнализация наличия напряжения на фазах и освещение шкафа
SA3	Переключатель ПКП-10	Переключение на автоматическое или ручное управление уличным освещением
XS	Штепсельная розетка	Переключение приборов и электроинструмента
SQ	Конечный выключатель ВПК-2110	Отключение линий 0,38 кВ при открывании дверцы шкафа
KK	Тепловое реле ТРН-10	Защита трансформатора от токов перегрузки
QF1...QF3	Автоматические выключатели А3700	Включение и отключение линии 0,38 кВ
KA1...KA3	Токовое реле РЭ-571Т	Защита линий 0,38 кВ от однофазных замыканий проводов на землю
KV	Промежуточное реле РП-25	Отключение автоматических выключателей линий № 1, 3
R5, R6	Резисторы ПЭ-50	Снижение напряжения на катушке промежуточного реле
R4	Фоторезистор ФКС-Г1	Преобразование светового сигнала в электрический
A1	Фотореле ФР-2УЗ	Автоматическое управление магнитным пускателем

**Мачтовые трансформаторные подстанции** типа МТП мощностью 25–100 кВА напряжением 6 (10) кВ, производимые Минским электротехническим заводом им. В.И.

Козлова [4], представляют собой однострансформаторные подстанции наружной установки (рис. 16.2) и служат для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей, отдельных населенных пунктов, небольших промышленных объектов и других потребителей в районах с умеренным климатом (от  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ).

Принципиальная электрическая схема МТП (рис. 16.3) аналогична схеме, приведенной на рис. 16.1, однако имеются и отличия: подключение линий №1 - №3 осуществляется с помощью рубильников Q2–Q4, а защита от токов короткого замыкания выполнена предохранителями FU7–FU15.

**Ревизия оборудования КТП.** Ревизию КТП проводят при получении со склада, приемки от заказчика и сдаче в эксплуатацию.

До начала ревизии должно быть проверено: наличие паспорта и другой заводской документации на КТП и комплектующее оборудование, комплектность ТП в соответствии с заводской документацией; целостность корпусов КТП и блоков, отсутствие вмятин; наличие и прочность закрепления оборудования, приборов, ошиновки, электропроводок.

В ходе ревизии оборудование очищают от пыли и грязи, проверяют все контактные и резьбовые соединения, исправность изоляции и состояние покраски. Для протирки используют чистую ветошь, смоченную неэтилированным бензином. В ревизию входит внешний осмотр оборудования.

В трансформаторе без вскрытия и подъема сердечника проверяют: целостность бака, радиаторов и наличие арматуры трансформатора; отсутствие трещин, сколов на изоляторах; комплектность гаек и состояние резьбы выводов; наличие и уровень масла в расширительном бачке; отсутствие течи масла в уплотнениях крышки, кранах, радиаторах, изоляторах и др. При осмотре удаляют временные уплотнения и пробки.

**В опорных изоляторах, высоковольтных предохранителях** проверяют: отсутствие трещин, сколов фарфора; крепление колпачков и фланцев изоляторов; присоединение контактных устройств, исправность пружинящих скоб и контактов; надежность крепления патронов предохранителей в контактах, целостность и герметичность патронов предохранителей; целостность плавкой вставки и исправность указателя срабатывания.

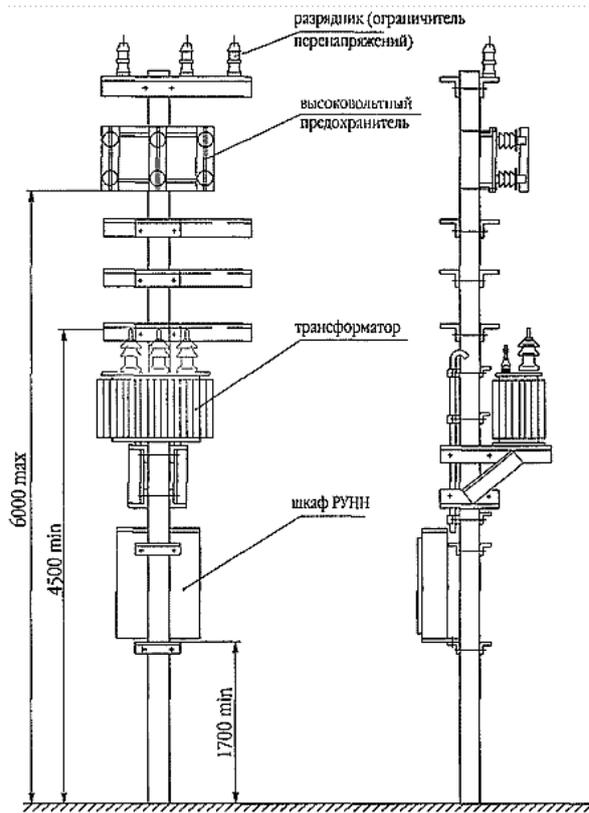


Рис. 16.2. Мачтовая трансформаторная подстанция

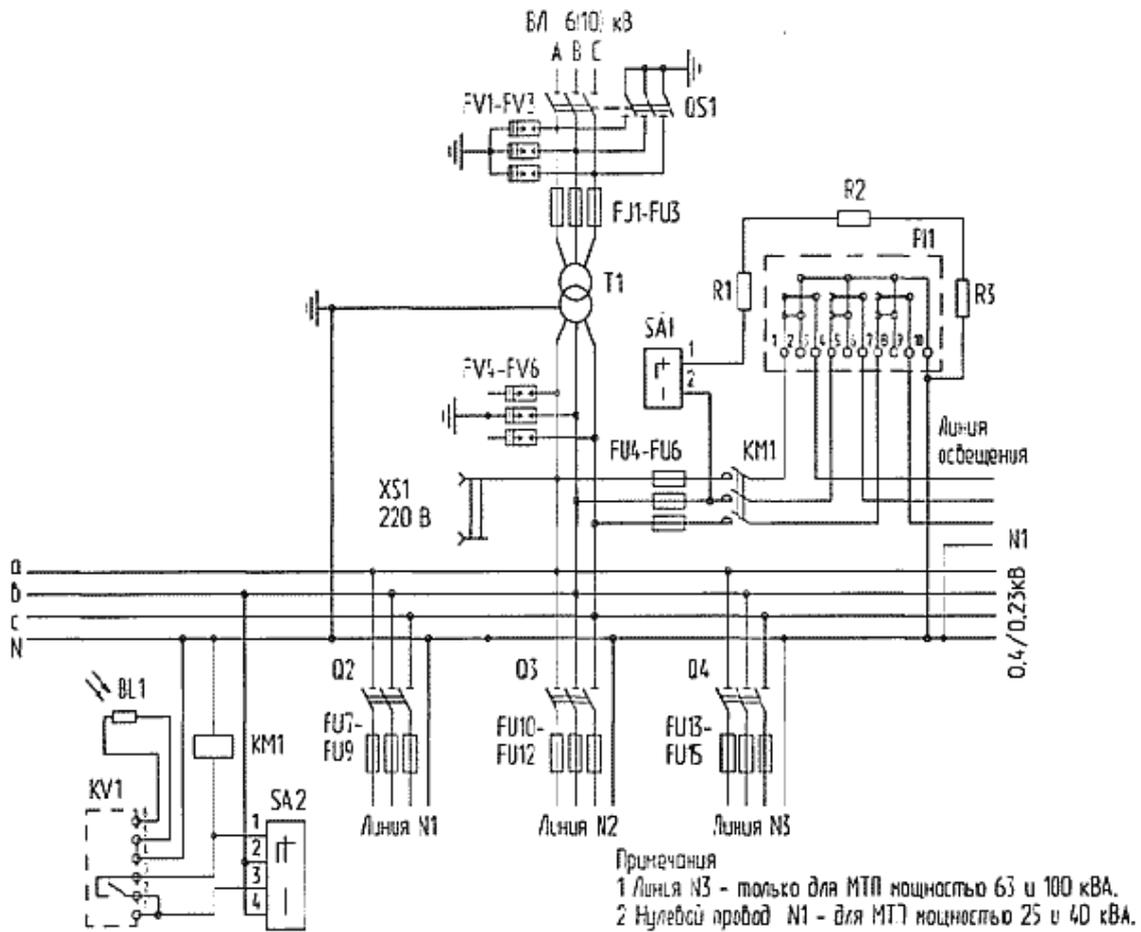


Рис. 16.3. Принципиальная электрическая схема МТП мощностью 25-100 кВА

**В разрядниках и проходных изоляторах** проверяют: отсутствие повреждений и загрязнений фарфора; крепление изоляторов и разрядников к корпусу; наличие и состояние крепежных деталей, проходных шпилек, уплотнений; присоединение ошиновки; присоединение заземляющих перемычек разрядников.

Запрещается очищать металлическими предметами или инструментами поверхности изоляторов и разрядников от следов краски и других загрязнений.

**В рубильниках, переключателях** проверяют: надежность крепления к основанию; свободу перемещения рукоятки; работу блокировок; состояние подвижных и неподвижных контактов, надежность их замыкания; подключение шин и проводов.

В автоматических выключателях, магнитных пускателях, реле проверяют: целостность корпусов и крепление; опробуют работу контактной системы вручную на включение и отключение; отсутствие перекосов и заеданий при работе подвижной системы; тепловое реле; замыкание и размыкание контактов в первичной и вторичных цепях; надежность присоединений и состояние изоляции проводов.

В счетчиках и трансформаторах тока проверяют надежность закрепления, присоединение проводов, функционирование выключателей, кнопок при ручном переключении. Расстояние между неизолированными токоведущими частями, а также между ними и металлическими нетоковедущими частями должно быть не меньше 20 мм по поверхности изоляции и 12 мм по воздуху.

**В разъединителе РЛНД-10** проверяют: комплектность, крепление изоляторов к раме; отсутствие трещин, сколов опорных изоляторов; крепление колпачков, фланцев и токоведущих частей к изоляторам; состояние контактной части ножей, пружин; легкость вхождения в контакты токоведущих и заземляющих ножей (ножи должны входить по центру контактов без перекосов и ударов). Между витками контактных пружин при включенном состоянии должен оставаться зазор не менее 0,5 мм.

**В приводе ПРН-10М** проверяют: перемещение рукоятки переключений; состояние и работу блокировок.

Акт на приемку в монтаж КТП оформляют представители заказчика и подрядчика.

**Строительно-монтажные работы.** До начала работ изучить проектно-сметную документацию, составить графики производства работ и поставки материалов и оборудования на объект. Место размещения ТП должно быть согласовано с заказчиком и отмечено специальным пикетом. Монтаж ТП организуют в две стадии индустриальными методами с максимальной механизацией работ.

Первая стадия (выполняют в мастерских) включает: проверку комплектности ТП, ревизию, предварительную наладку и испытания оборудования, изготовление нетиповых деталей и т.п.

Вторая стадия включает: монтаж конструкций и оборудования непосредственно на объекте.

Расстояния между КТП и опорами (рис. 16.2), габаритные размеры до проводов и других сооружений выбирают по ПУЭ и типовому проекту. Сопротивление заземляющего устройства должно соответствовать проекту. Все металлические части КТП должны зануляться и заземляться, а разъединительного пункта – заземляться.

**Последовательность выполнения строительно-монтажных работ.** Проверяют комплектацию материалов и оборудования, она должна быть 100 %-ной. Подготавливают подъезды для доставки материалов и последующей эксплуатации ТП, завозят материалы. Территорию планируют с уклоном для отвода ливневых вод.

В соответствии с типовым проектом размечают места установки стоек КТП и траншей для монтажа заземляющего устройства. Котлованы под стойки размечают так, чтобы линия, проходящая через их центры, была перпендикулярна оси ВЛ 10 кВ, а центр КТП совпадал с осью ВЛ (см. рис. 16.4). Бурение котлованов под стойки и установку стоек выполняют при помощи бурильно-крановых машин, стойки устанавливают в котлован

на подсыпку из гравия высотой 300 мм или на бетонную плиту, засыпают котлованы со стойками песчано-гравийной, смесью с послойным трамбованием.

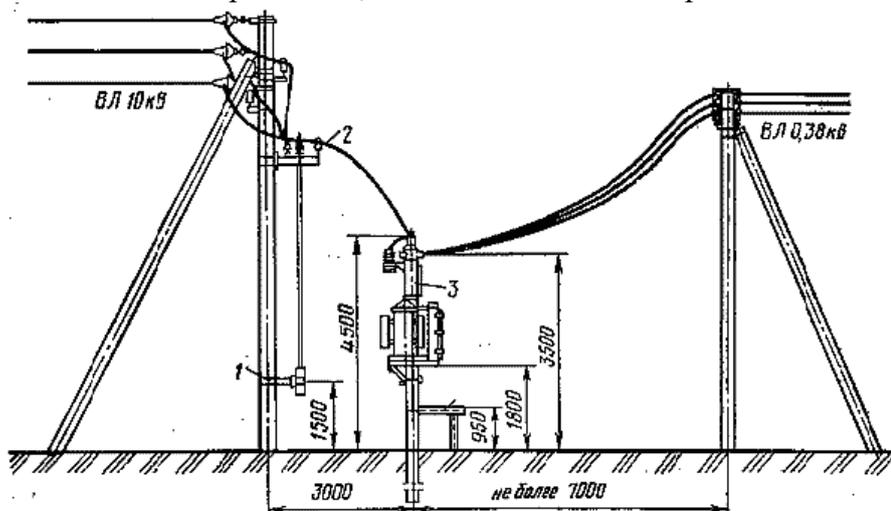


Рис. 16.4. Размещение и присоединение МТП к ВЛ 10 и 0,38 кВ: 1 – привод разъединителя; 2 – провод 10 кВ; 3 – МТП

На стойки монтируют металлоконструкции и устанавливают КТП. После выверки положения по уровню и отвесу КТП закрепляют болтами, все металлоконструкции окрашивают антикоррозийными красками (рис. 16.5, а). Для обслуживания КТП площадку устанавливают на шарнирах (после окончания работ площадку поднимают и запирают).

На КТП монтируют проходные изоляторы, разрядники, изоляторы ВЛ 0,38 кВ. Фотореле устанавливают так, чтобы исключить срабатывание от света фар автомашин. Контактные поверхности зачищают и смазывают техническим вазелином. На концевой опоре ВЛ 10 кВ монтируют разъединительный пункт, включающий разъединитель и привод (рис. 16.5, б).

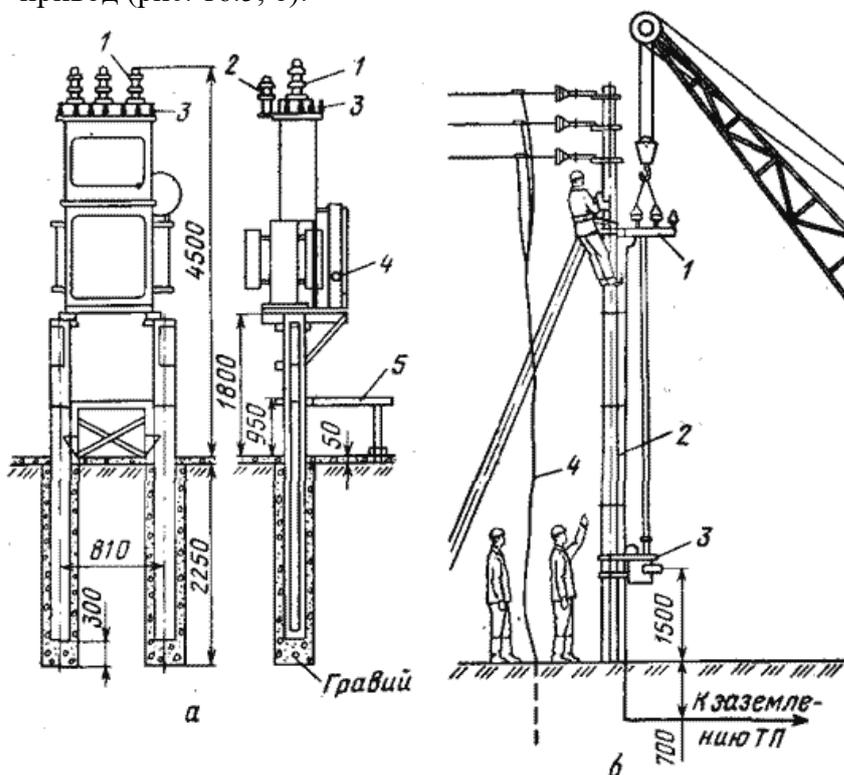


Рис. 16.5. Монтаж КТП и разъединителя: а - нормируемые установочные размеры КТП: 1 - проходные изоляторы 10 кВ; 2 -

разрядники; 3 - изоляторы 0,38 кВ; 4 - фотореле; 5 - площадка; б - монтаж разъединителя 10 кВ:  
 1 - траншея; 2 - заземляющий проводник; 3 - привод; 4 - переносное заземление  
 1 - траншея; 2 - заземлители; 3 - перемычки; 4 - сварные соединения; 5 - заземляющие проводники; б - техника погружения наклонных заземлителей вручную: 1 - переставная ручка; 2 - штык; 3 - вода

**Монтаж заземляющего устройства.** Заземляющее устройство выполняют в траншее из заземлителей (из круглой стали диаметром 12 мм и длиной 5 м), погруженных в грунт наклонно или вертикально, и соединяют между собой перемычками на сварке. Заземляющие проводники присоединяют к корпусу КТП. При отсутствии механизмов пробивку скважин для заземлителей выполняют вручную при помощи штыка из стали диаметром 12...14 мм со стальным заостренным наконечником диаметром 16...18 мм. На штык крепят переставляемую ручку, в скважину подливают воду (рис. 16.6, а, б).

К заземляющему устройству присоединяют корпус, привод разъединителя, все металлические части оборудования и аппаратов КТП, которые могут оказаться под напряжением при нарушении изоляции. После монтажа заземляющее устройство до засыпки траншеи осматривают заказчик и подрядчик и составляется акт на скрытые работы.

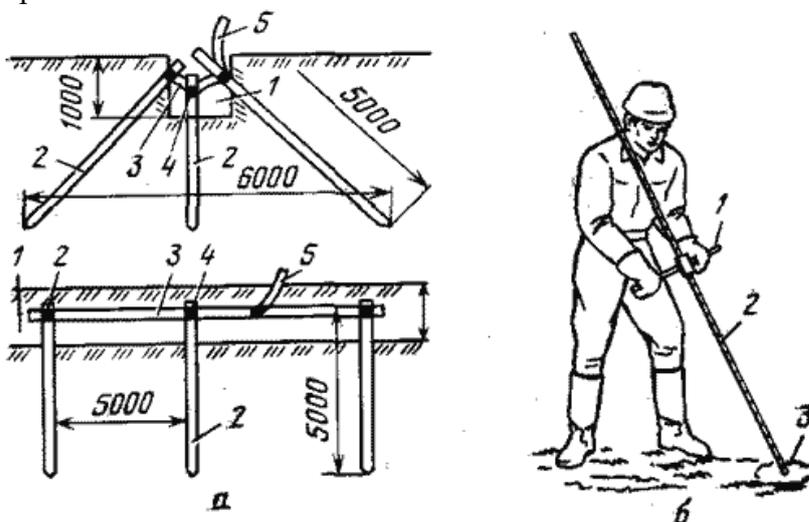


Рис. 16.6. Монтаж заземляющего устройства КТП: а – конструктивные размеры заземляющего устройства из наклонных и вертикальных заземлителей: 1 - траншея; 2 - заземлители; 3 - перемычки; 4 - сварные соединения; 5 - заземляющие проводники; б - техника погружения наклонных заземлителей вручную: 1 - переставная ручка; 2 - штык; 3 - вода

**Подготовка КТП к сдаче в эксплуатацию.** На КТП укрепляют предупредительные плакаты, выполняют надписи, маркировку, осматривают оборудование. Рукоятки всех аппаратов устанавливают в положение "Отключено". Проверяют наличие и надежность присоединения заземляющих проводников и заземляющего устройства. Проверяют исправность и соответствие проекту подключаемых ВЛ 0,38 кВ и плавких вставок предохранителей для их защиты. Очищают КТП и щиты от посторонних и забытых предметов.

#### Порядок выполнения работы:

##### Задание №1

1. Составить заявку на материалы, металлоконструкции, инструменты и оборудование для монтажа КТП в соответствии с заданием преподавателя
2. Технические требования на монтаж КТП.
3. Составить Ведомость дефектов оборудования КТП.

##### Задание №2 Ответить на вопросы

#### Контрольные вопросы:

1. Перечислите оборудование, установленное в КТП.
2. Перечислите назначение разрядников, трансформаторов тока, фотореле, резисторов, автоматических выключателей.
3. Как выполнить монтаж КТП?

## Практическая работа №14

Раздел: МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

Тема: Визуальный контроль изоляции и измерение сопротивления изоляции мегомметром

Количество часов: 2 час

Цели:

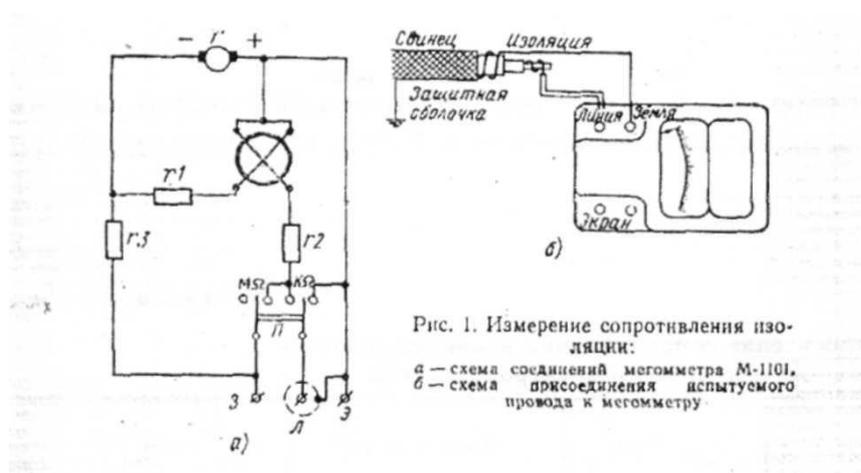
4. Получить практические навыки выполнения измерения сопротивления изоляции мегомметром
5. Закрепить навыки работы с мегомметром и научиться измерять им сопротивление изоляции проводов и обмоток электродвигателей.
6. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

Теоретическая часть:

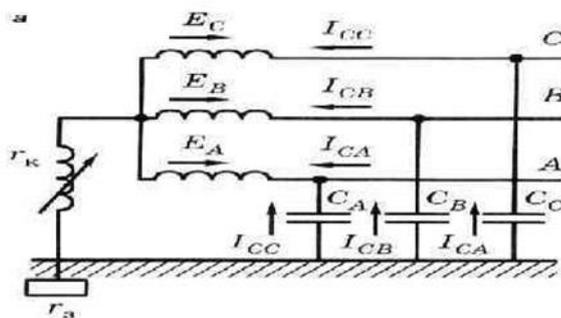
Хорошая изоляция проводки обеспечивает исправное действие всей электроустановки, поэтому периодически мегомметром необходимо проверять ее сопротивление, которое составляет обычно десятки и сотни мегом. Мегомметр состоит из генератора постоянного тока и измерительного прибора. Изоляцию проводов измеряют при отсутствии напряжения от постоянного источника электрической энергии. Схема мегомметра М-1101 показана на рис. 1, а. При изменении сопротивления зажим Л присоединяют



к одному проводу линии, а зажим 3 — к другому проводу или к земле. Схема включения мегомметра дана на рис. 1, б. Для измерения сопротивления изоляции вращают рукоятку с частотой 120 об/мин и по шкале определяют ее величину.

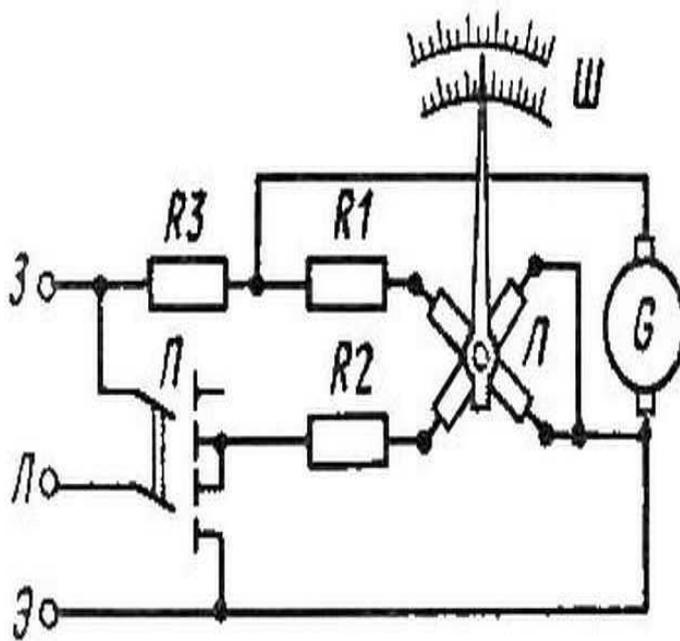
### • Системы с изолированной нейтралью

- В этих сетях нейтраль изолирована от земли. К ней могут быть подключены обладающие большим сопротивлением приборы измерения, сигнализации и защиты, которые не сказываются на особенностях влияния земли на сеть. Расчётная схема замещения системы для нормального симметричного режима работы представлена на рисунке 2, а.



### Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с устройством и схемой мегомметра.  
Подписать элементы по схеме.



2. Измерить сопротивления изоляции между проводами трехфазной линии и между каждым фазным проводом и землей; потребители электрической энергии должны быть отключены.
3. Измерить сопротивление изоляции всех обмоток статора трехфазного двигателя. Обмотки должны быть разомкнуты.
4. Ответить на вопросы

**Контрольные вопросы:**

1. Как устроен мегомметр?
2. Для чего измеряют сопротивление изоляции?
3. При каком сопротивлении изоляции линии и электродвигатели непригодны к эксплуатации?

## Практическая работа №15

Раздел: МДК.01.02 Организация работ по сборке, монтажу и ремонту электрооборудования промышленных организаций.

Тема: Установка соединительных муфт и обеспечение соосности полумуфт

Количество часов: 1 час

Цели:

1. Получить практические навыки установки соединительных муфт.
2. Формирование общей (профессиональной) компетенции: организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов её достижения, определённых руководителем, осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

Задачи:

1. Развитие умения самостоятельно решать проблемы, применять свои знания, умения, навыки при выполнении трудовых операций и оценке конечного результата.
2. Увеличение мотивации к дальнейшему росту в профессиональной деятельности

Теоретическая часть:

Для нормальной работы подшипников и самой электрической машины соединяемые валы электрической машины и приводного механизма должны составлять единый вал. Устройствами, служащими для соединения валов между собой и передачи вращающего момента, являются муфты. Типы муфт по характеру соединяемых валов и компенсационной способности приведены в табл. 1 и на рис. 5.

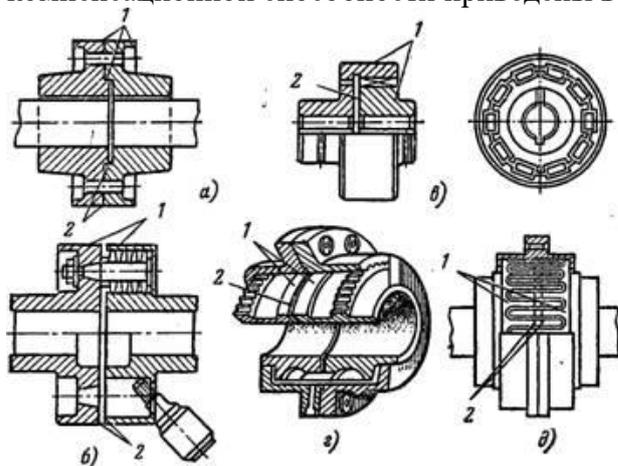


Рис. 1. Виды муфт для соединения валов электрических машин. а — жесткая фланцевая; б — втулочно-пальцевая; в — упругая с резиновыми пластинами; г — зубчатая; 5 — переменной жесткости (пружинная); 1, 2 — точки измерения радиального и торцевого биения.

Жесткие фланцевые муфты для соединения одноопорного вала электрической машины снабжены центрирующим выступом, диаметр которого должен быть меньше диаметра заточки второй полумуфты на 0,03—0,08 мм. Допустимая окружная скорость стальных муфт — до 70 м/с, чугунных — 30 м/с, материал для изготовления муфт: сталь 35 или чугун СЧ21-40.

Зубчатые муфты состоят из двух зубчатых втулок и двух зубчатых обойм, соединяемых вместе, или одной целой обоймы. Муфты должны работать в масляной ванне. Между муфтой и машиной должен быть зазор, обеспечивающий возможность смещения обоймы полумуфты для контроля зазора между валами. Перекос оси каждой втулки относительно оси обоймы, вызываемой несоосностью соединяемых валов, допускается на угол не более  $0^{\circ}30'$ .

Втулочно-пальцевые муфты изготавливаются из чугуна СЧ21-40 или из Ст3, пальцы из стали 45 и втулки из резины с пределом прочности на разрыв не менее  $80 \text{ кгс/см}^2$  (8 МПа) и относительным удлинением не менее 300% или из кожи. Зазор в пальцах не должен превышать 0,3—0,6 мм.

Пружинные муфты. Пружины уложены в специальные пазы, расположенные параллельно оси. Пружины закрыты разъемным кожухом, полость которого заполнена консистентной смазкой.

Шпонки. Для передачи вращающего момента от вала к муфте служат шпоночные соединения. Применяются шпонки следующих типов:

- 1) призматические, поперечное сечение прямоугольное, противоположные грани параллельны; создают ненапряженное соединение, передают только вращающий момент;
- 2) сегментные, создают ненапряженное соединение, передают небольшие вращающие моменты, применяются для валов диаметром до 58 мм;
- 3) клиновые, передающие вращающий момент при наличии некоторого осевого усилия;
- 4) тангенциальные, создают напряженное соединение, передают большие крутящие моменты и осевые усилия, применяются при ударных и знакопеременных нагрузках, устанавливаются на вал под углом  $120^{\circ}$ , состоят из двух односкосных одного уклона (1:100) клиньев, составленных так, что рабочие грани шпонки взаимно параллельны.

Наибольшее распространение получили призматические шпонки. Призматические шпонки выбирают по наибольшему передаваемому вращающему моменту.

Шпонки изготавливаются из стали марок: Ст6, сталь 40, сталь 45 с временным сопротивлением на разрыв не ниже  $60 \text{ кгс/мм}^2$ . Размеры призматических шпонок и пазов приведены в табл. Размеры призматических шпонок и пазов электрических машин.

Насадка полумуфт на валы электрических машин производится, как правило, на заводе-изготовителе. В отдельных случаях насадка полумуфт производится и на монтажной площадке.

Для крупных машин предусматривается горячая посадка полумуфт по 2-му классу точности. Натяги, обеспечивающие достаточную прочность посадки, приведены в табл. Натяги при посадке полумуфт.

Перед насадкой полумуфт на валы машин необходимо убедиться, что натяг не более приведенного в табл. Натяги при посадке полумуфт. Натяг определяется как разность диаметра вала и диаметра ступицы полумуфты, замеренных, как показано на рис. 2.

Так же подгоняют шпонку, размеры шпонки и паза должны соответствовать данным табл., шпонка должна размещаться в пазу вала плотно, с некоторым усилием (зазор по ширине шпонки и паза ступицы 0,05—0,1 мм).

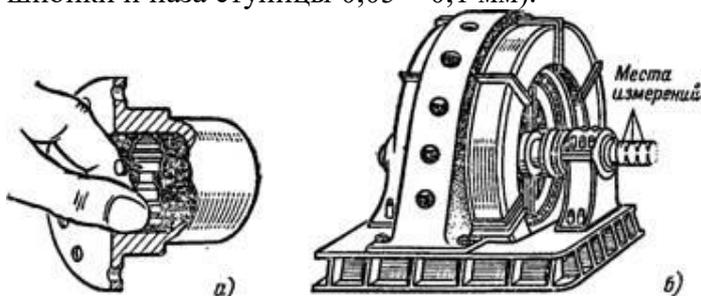


Рис. 2. Измерение посадочных мест перед насадкой полумуфт.

а — измерение диаметра ступицы полумуфты; б — измерение диаметра конца вала, Нагрев полумуфт производят одним из следующих способов: в масляной ванне; индукционным методом токами промышленной частоты; газовыми или керосиновыми горелками. Нагрев полумуфт контролируют при помощи шаблона, который больше диаметра отверстия полумуфты на величину 2—3-кратного натяга. После насадки полумуфт и охлаждения проверяют торцевое и радиальное биения их. Места установки индикаторов часового типа показаны на рис. 2, значения допускаемых торцевых и радиальных биений полумуфт приведены в табл. допустимые биения полумуфт электрических машин, при больших значениях полумуфты должны протачиваться.

Методы центровки и приспособления. Допуски на центровку валов

Под центровкой валов понимается установка их в такое взаимное положение, когда вал электрической машины и вал производственного механизма (или вал другой электрической машины) являются как бы продолжением друг друга. При этом положения валов относительно друг друга могут различаться в зависимости от типа муфт и их компенсационных способностей в радиальном и осевом направлениях на значения не более приведенных в табл. Допускаемая несоосность валов электрических машин.

Проверка взаимного положения установленных валов осуществляется центровочными приспособлениями по полумуфтам в диаметрально противоположных точках. Угловой перекося валов также замеряется по полумуфтам, причем значения, приведенные в табл., относятся к полумуфтам, замеры на которых произведены на расстоянии 300 мм от оси вала. При измерениях на других расстояниях допуски на угловое (осевое) смещение валов должны быть пропорциональными.

Визуальная проверка взаимного положения валов производится по рискам, нанесенным на обод полумуфты через  $90^\circ$  при помощи центроискателя) изображенного на рис. 3. Риски наносятся на соответствующие полумуфты до установки машины на фундамент. Угольник центроискателя устанавливается на обод полумуфты таким образом, чтобы линейка прилежала к торцевой плоскости полумуфты, разметочная линейка 4 устанавливается на обод полумуфты. Риски наносятся чертилкой на ободе полумуфты и на торцевой плоскости по линейкам 4 и 3. Приспособление поворачивается на  $90^\circ$ , точность установки  $90^\circ$  проверяется при помощи движка с установочной линейкой 3.

Поворачивая таким образом приспособление, наносят четыре риски 1 через  $90^\circ$  на ободе полумуфты. Если диаметры двух полумуфт равны, а муфты смещены друг относительно друга на величину, а, то необходимо один из валов передвинуть по вертикали либо вбок (рис. 4).

Если линейка, приложенная к рискам полумуфты машины, к которой прицентровывается другая машина, или к полумуфте приводного механизма, совпадает с риской центрируемой машины, то угловое смещение (перекося) валов отсутствует. Если между линейкой и риской имеется угол, то конец центрируемого вала перемещается по вертикали либо вбок до тех пор, пока риски не совпадут.

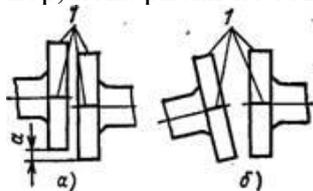


Рис. 3. Предварительная выверка валов электрических машин.

а — параллельное смещение; б — угловое смещение; 1 — риски.

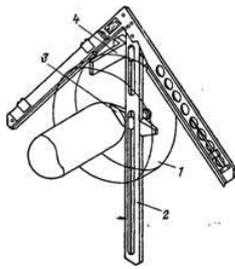


Рис. 4. **Центроискатель.** 1 — муфта; 2 — линейка; 3 — установочная линейка; 4 — разметочная линейка.

Точная проверка взаимного положения валов производится при помощи центровочных скоб или приспособлений с индикаторами часового типа, с магнитным или ленточным прижимом, показанных на рис. 5 и 6. Размеры центровочных скоб приведены в табл. Размеры центровочных скоб.

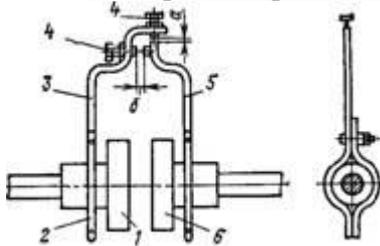


Рис. 5. **Установка центровочных скоб на валы.**

1 — полумуфта установленной машины; 2 — стягивающие хомуты; 3 — наружная скоба; 4 — измерительные болты; 5 — внутренняя скоба; 6 — полумуфта устанавливаемой машины.

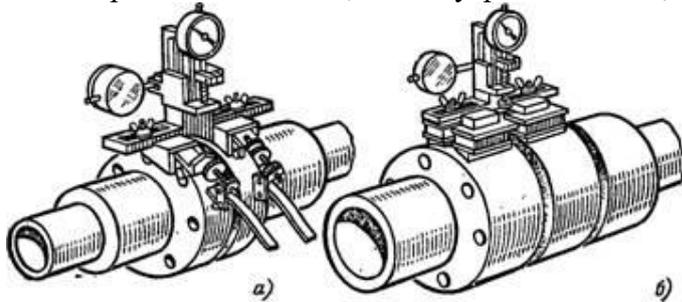


Рис. 6. **Приспособление для центровки валов.**

а — с ленточным прижимом; б — с электромагнитным прижимом.

Проверку производят при совместном проворачивании валов на 90, 180, 270°. При измерениях должна исключаться возможность изменения зазоров между полумуфтами за счет осевых разбегов вала. При наличии влияния осевых разбегов на измерения необходимо пользоваться двумя центровочными приспособлениями, расположенными по диаметру полумуфт. Результаты измерений записываются, как показано на рис. 7. Разность показаний в диаметрально противоположных точках при измерении на расстоянии 300 мм от оси вала должна быть не более значений, приведенных в табл. Регулировку положения валов, производят подбиванием клиньев под фундаментной плитой или регулировкой высотного положения установочных инвентарных приспособлений. Проверку взаимного положения вала приводного двигателя и приводимого механизма, если последний невозможно проворачивать, производят методом обхода одной точкой, т. е. проворачивая вал приводного двигателя, как показано на рис. 8. При проверке взаимного положения одноопорных валов, соединенных жесткими фланцевыми муфтами с центрирующим выступом, производят измерение только углового перекоса (осевого смещения). Взаимное положение валов приводного двигателя и приводимого механизма, соединяемых при помощи промежуточного вала, проверяют после жесткого соединения промежуточного вала с приводным двигателем или приводимым механизмом. В случае отсутствия промежуточного вала проверку производят по струне, как показано на рис. 9.

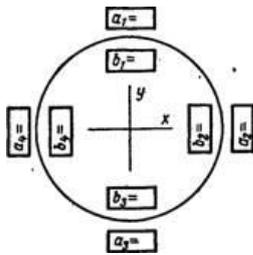


Рис. 7. Запись результатов измерений при центровке

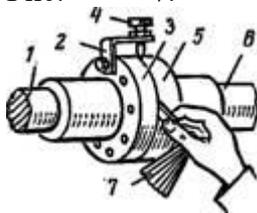


Рис. 8. Центровка валов методом обхода одной точкой.

1 — вал двигателя; 2 — центровочная скоба; 3 — полумуфта двигателя; 4 — штифт; 5 — полу муфта приводного механизма; 7 — щуп.

При регулировке взаимного положения валов электромашинных агрегатов следят, чтобы уклоны шеек валов на крайних подшипниках, измеренные при помощи уровня, были одинаковыми по величине и противоположными по направлению.

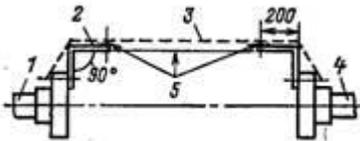


Рис. 9. Центровка валов «по струне».

1 — вал двигателя; 2 — угольник; 3 — визирная струна; 4—вал редуктора клетки; 5 — места замера зазоров.

При определении перемещения подшипников при регулировке взаимного положения валов методом расчета пользуются следующими формулами:

$$y_1 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \frac{l_1}{r};$$

$$y_2 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \frac{l_2}{r};$$

$$x_1 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \frac{l_1}{r};$$

$$x_2 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \frac{l_2}{r};$$

где  $y$  и  $x$  — горизонтальное и вертикальное перемещения подшипника, ближайшего к муфте;  $y_2$ ,  $x_2$  — горизонтальное и вертикальное перемещения подшипника, дальнего от муфты;  $l_1$  — расстояние от муфты до ближайшего подшипника;  $l_2$  — расстояние от муфты до дальнего подшипника;  $r$  — расстояние от центра вала до точки измерения осевого зазора.

**Порядок выполнения работы:**

### Задание №1

1. Изучить информационный и презентационный материал.
2. Рассмотреть виды муфт- сделать конспект
3. Рассмотреть центровку валов- сделать конспект

Задание №2 Ответить письменно на вопросы

### Контрольные вопросы:

1. Типы шпонок.
2. Центровка «по струне».

### **Критерии оценок за практические работы:**

Оценивается отметкой «5», если:

- работа выполнена полностью;
- в логических рассуждениях нет пробелов и ошибок;
- в решении нет технических ошибок (возможны некоторые неточности, описки, которая не является следствием незнания или непонимания учебного материала).

Отметка «4» ставится в следующих случаях:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны (если умение обосновывать рассуждения не являлось специальным объектом проверки);
- допущены одна ошибка, или есть два – три недочёта в термических терминах, чертежах (если эти виды работ не являлись специальным объектом проверки).

Отметка «3» ставится, если:

- допущено не более двух ошибок или более двух – трех недочетов в термических терминах, чертежах, но обучающийся обладает обязательными умениями по проверяемой теме.

Отметка «2» ставится, если:

- допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не обладает обязательными умениями по данной теме в полной мере.

## Список источников и литературы

### Учебно-методическое и информационное обеспечение:

#### Основные источники:

1. Рахимьянов, Х. М. Технология машиностроения: сборка и монтаж: учебное пособие для среднего профессионального образования / Х. М. Рахимьянов, Б. А. Красильников, Э. З. Мартынов. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 241 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04387-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/438640>
2. Воробьев, В. А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. А. Воробьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 365 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-07871-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451995>
3. Быстрицкий, Г. Ф. Электроснабжение. Силовые трансформаторы : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. Ф. Быстрицкий, Б. И. Кудрин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 201 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10311-3. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/442511>

#### Дополнительные источники:

1. Алиев, И. И. Электротехника и электрооборудование в 3 ч. Часть 1: учебное пособие для среднего профессионального образования / И. И. Алиев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 374 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04339-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453821>

#### Базы данных и информационные ресурсы сети Интернет Электронные ресурсы:

Страница Библиотечно-издательского комплекса на портале ТИУ <http://www.tsogu.ru/lib>  
Полнотекстовая база данных на странице Библиотечно-издательского комплекса ТИУ <http://elib.tsogu.ru/> Научная электронная библиотека eLibrary.ru <http://www.elibrary.ru>  
Электронная библиотечная система издательства «Лань» <http://e.lanbook.com>

