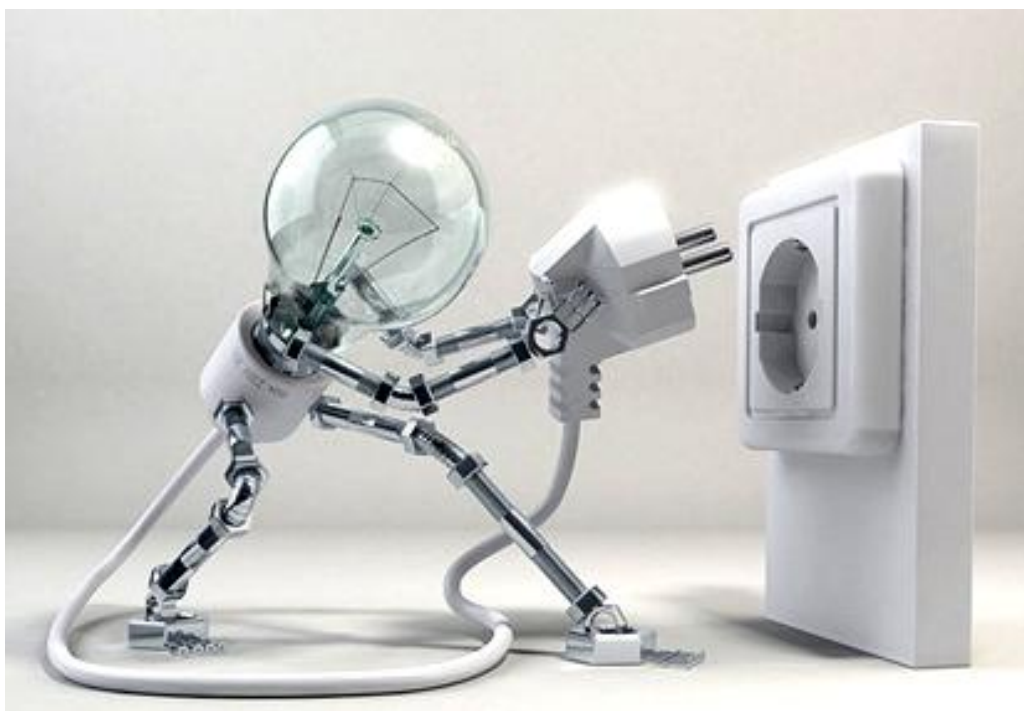


Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Курганский промышленный техникум»

**Методические указания для студентов  
к практическим занятиям  
по ПМ 04 «Выполнение работ по одной или нескольким  
профессиям рабочих, должностям служащих»  
для специальности 13.02.11  
Техническая эксплуатация и обслуживание  
электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)**



Курган, 2015

Методические указания для студентов к практическим занятиям по ПМ04 «Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих» для специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям) - Курган, ГБПОУ «Курганский промышленный техникум», 2015 - с.77

Составители: Н. И. Авсиевич, мастер п/о, мастер производственного обучения ГБПОУ «Курганский промышленный техникум», высшая категория  
Н. М. Миляр, преподаватель общепрофессиональных дисциплин ГБПОУ «Курганский промышленный техникум», высшая категория

Рецензенты:

В методических указаниях представлены задания и порядок выполнения практических работ по МДК 04.01 Техническое обслуживание и ремонт осветительных электроустановок. Электромонтажные работы, МДК 04. 02 Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования.

Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения, осваивающих профессиональный модуль ПМ 04 «Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих» для специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям).

© Н. И. Авсиевич, Н.М.Миляр, 2015  
© ГБПОУ «Курганский  
промышленный техникум», 2015

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 4  |
| <b>МДК 04.01 Техническое обслуживание и ремонт осветительных электроустановок. Электромонтажные работы</b>       |    |
| ПЗ №1 «Расшифровка марки провода и кабеля».....  | 5  |
| ПЗ №2 «Выбор инструментов для соединения проводов с помощью опрессовки».....                                     | 8  |
| ПЗ №3 «Выбор припоев и флюсов для пайки различных материалов».....   | 10 |
| ПЗ №4 «Определение дефектов пайки».....  | 12 |
| ПЗ №5 «Расчет сечения проводов по нагрузке».....   | 15 |
| ПЗ №6 «Расчет заземляющего устройства».....  | 17 |
| ПЗ №7 «Определение порядка прокладки кабельных линий в зависимости от условий».....                              | 21 |
| ПЗ №8 «Чтение электрических схем осветительных электроустановок» .....   | 24 |
| ПЗ №9 «Составление электрических схем осветительных электроустановок».....                                       | 26 |
| ПЗ №10 «Порядок укладки провода при монтаже освещения».....  | 28 |
| ПЗ №11 «Выбор устройства для присоединения осветительных электроустановок».....                                  | 30 |
| ПЗ №12 «Установка и монтаж распределительных устройств освещения».....   | 31 |
| ПЗ №13 «Выполнение подключения счетчиков электроэнергии».....  | 33 |
| ПЗ №14 «Составление дефектной ведомости осветительных электроустановок».....                                     | 35 |
| ПЗ №15 «Выбор и подключение устройств защитного отключения».....   | 37 |
| <br><b>МДК 04. 02 Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования</b>                                      |    |
| ПЗ №1 «Определение конструктивных особенностей аппаратов управления и защиты».....                               | 39 |
| ПЗ №2 «Разработка технологии ремонта взрывозащищенных аппаратов».....  | 40 |
| ПЗ №3 «Разработка технологической последовательности испытаний электрической аппаратуры».....                    | 42 |
| ПЗ №4 «Чтение и составление электрических схем пуска электродвигателей».....                                     | 45 |
| ПЗ №5 «Определение характеристик прибора по условным обозначениям на шкале».....                                 | 47 |
| ПЗ №6 «Расчет шунтов и дополнительных сопротивлений для расширения предела измерения» .....                      | 49 |
| ПЗ №7 «Измерение тока и напряжения».....   | 50 |
| ПЗ №8 «Выполнение подключений двигателей по схемам «звезда» и «треугольник».....                                 | 53 |
| ПЗ №9 «Сравнение возможных схем торможения асинхронных двигателей».....  | 55 |
| ПЗ №10 «Составление сравнительной таблицы машин постоянного и переменного тока».....                             | 58 |
| ПЗ №11 «Разработка и проведение испытаний электрических машин после ремонта».....                                | 62 |
| ПЗ №12 «Разработка типовой инструкции по безопасности труда при обслуживании и ремонте электрических машин»..... | 64 |
| ПЗ №13 «Исследование узлов силовых трансформаторов».....   | 66 |
| ПЗ №14 «Определение коэффициента трансформации и КПД трансформаторов».....                                       | 68 |
| ПЗ №15 «Контроль состояния трансформаторов».....   | 70 |
| ПЗ №16: «Определение качества трансформаторного масла».....  | 73 |
| Список литературы.....   | 76 |

## Введение

Для получения профессиональных компетенций студентами специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям), осваивающими профессиональный модуль «Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих», необходимо выполнение практических работ.

Практические занятия – метод репродуктивного обучения, обеспечивающий связь теории и практики, содействующий выработке у студентов умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы.

Цель практических занятий:

- помочь студентам систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера;
- научить студентов приемам решения практических задач, способствовать овладению навыками и умениями выполнения расчетов, графических и других видов заданий;
- научить их работать с книгой, технической документацией и схемами, пользоваться справочной и научной литературой, ГОСТ.
- формировать умение студентов учиться самостоятельно, т. е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

В системе профессиональной подготовки студентов практические занятия занимают большую часть учебного времени, закладывают и формируют основы квалификации специалиста заданного профиля. Практические занятия обеспечивают развитие творческой активности личности. Они развивают техническое мышление, навыки расчетов, позволяют проверить их знания.

Данные методические указания предназначены для студентов второго курса по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям).

В методических указаниях представлены задания, инструкции по выполнению и справочные материалы для проведения практических занятий.

**МДК 04.01 Техническое обслуживание и ремонт осветительных электроустановок.  
Электромонтажные работы**

**Практическое занятие №1**

**Тема: Расшифровка марки проводов и кабелей**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки расшифровки марок проводов и кабелей

**Материально-техническое оснащение:**

1. Инструкционные карты
2. Электронные плакаты

**Рекомендуемая литература:**

1. Нестеренко, В.М. Технология электромонтажных работ: Учеб. пособие для нач. проф. Образования/ В.М.Нестеренко, А.М.Мысьянов.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 592 с.
2. Ярочкина, Г.В. Радиоэлектронная аппаратура и приборы: Монтаж и регулировка: Учебник для нач. проф. Образования.- М.: ИРПО; ПрофОбрИздат, 2002.- 240 с.

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

**1. Теоретическое введение**

В маркировке отечественных проводов, кабелей и шнуров российских производителей используются следующие обозначения:

1-я буква характеризует материал токопроводящей жилы:

алюминий — А, медь — буква опускается.

2-я буква обозначает: П — провод.

3-я буква обозначает материал изоляции:

В — оболочка из поливинилхлоридного пластиката,

П — оболочка полиэтиленовая,

Р — оболочка резиновая,

Н — оболочка наиритовая.

В марках проводов и шнуров могут также присутствовать буквы, характеризующие другие элементы конструкции:

О — оплетка,

Т — для прокладки в трубах,

П — плоский,

Ф — металлическая фальцованная оболочка,

Г — повышенная гибкость,

И — повышенные защитные свойства,

Р — оплетка из хлопчатобумажной пряжи, пропитана противогнилостным составом, и т. д.

Например: ПВ — медный провод с поливинилхлоридной изоляцией.

Голыми называются провода, у которых поверх токопроводящих жил отсутствуют защитные или изолирующие покрытия. Голые провода марок ПСО, ПС, А, АС и другие применяются, как правило, для воздушных линий электропередач

Изолированными называются провода, у которых токопроводящие жилы покрыты изоляцией, а поверх изоляции имеется оплетка из хлопчатобумажной пряжи или оболочка из

резины, пластмассы либо металлической ленты. Изолированные провода подразделяются на защищенные и незащищенные

Защищенными называются изолированные провода, имеющие поверх электрической изоляции оболочку, предназначенную для герметизации и защиты от внешних климатических воздействий. К ним относятся провода марок АПРН, ПРВД, АПРФ и др.

Незащищенными называют изолированные провода, не имеющие поверх электрической изоляции защитной оболочки (провода марок АПРТО, ПРД, АППР, АППВ, ППВ и др.).

Далее приведены характеристики наиболее распространенных проводов, кабелей и шнуров.

Монтажные провода для электромонтажных работ марки МПМ, МПМУ, МПМУЭ, МПМЭ применяются для межблочного и внутриблочного соединений в электрических устройствах. Токопроводящие жилы изготавливаются из медных, луженных оловом проволок. Жилы проводов МПМУ и МПМУЭ усилены луженой металлической проволокой. Провода марок МПМ и МПМУ одножильные, марки МПМУЭ и МПМЭ — одно-, двух- и трехжильные. Сечения проводов: МПМ — 0,12-1,5 мм<sup>2</sup>; МПМУ — 0,11-0,5 мм<sup>2</sup>; МПМУЭ и МПМЭ — 1,43-3,34 мм<sup>2</sup>.

Все провода имеют полиэтиленовую изоляцию низкого давления в виде сплошного слоя. Провода марок МПМУЭ и МПМЭ дополнительно содержат экран в виде оплетки из луженых медных проволок. Провода применяются в цепях переменного тока напряжением до 250 В с частотой до 5000 Гц, либо в цепях постоянного тока напряжением до 350 В. Использование проводов допустимо при температуре окружающей среды в диапазоне -50...+85 °С.

Монтажные провода МГШВ, МГШВЭ, МГШВЭВ, МГШВ-1, МГШВЭВ-1 и МГШВЭ-1 применяются аналогично описанным выше. МГШВЭ-1 имеет 2 или 3 жилы, все остальные марки проводов одножильные. Токопроводящая жила изготавливается из медной проволоки, луженой оловянно-свинцовым сплавом. Сечения проводов: МГШВ, МГШВЭ — 0,12 и 0,14 мм<sup>2</sup>; МГШВ-1 — 0,2-1,5 мм<sup>2</sup>; МГШВЭВ — 0,14 мм<sup>2</sup>; МГШВЭВ-1 — 0,35 мм<sup>2</sup>; МГШВЭ-1 — 0,2-0,75 мм<sup>2</sup>. Провода имеют комбинированную пленочную и ПВХ-изоляцию. МГШВЭ, МГШВЭВ, МГШВЭВ-1 и МГШВЭ-1 выпускаются с экраном из луженых медных проволок. Провода сечением 0,12-0,14 мм<sup>2</sup> применяются в цепях переменного тока при напряжении до 380 В и постоянного тока при напряжении до 500 В. Провода сечением 0,2-1,5 мм<sup>2</sup> применяются в цепях переменного тока при напряжении до 1000 В и постоянного тока при напряжении до 1500 В.

Установочные провода ПВ-1, ПВ-3, ПВ-4 предназначены для подачи питания на электрические приборы и оборудование, а также для стационарной прокладки осветительных электросетей. ПВ-1 выпускается с однопроволочной токопроводящей медной жилой, ПВ-3, ПВ-4 — со скрученными жилами из медной проволоки. Сечение проводов составляет 0,5-10 мм<sup>2</sup>. Провода имеют окрашенную ПВХ-изоляцию. Применяются в цепях переменного с номинальным напряжением не более 450 В с частотой 400 Гц и в цепях постоянного тока с напряжением до 1000 В. Рабочая температура ограничена диапазоном -50...+70 °С.

Установочный провод ПВС предназначен для подключения электрических приборов и оборудования и . Число жил может быть равным 2, 3, 4 или 5. Токопроводящая жила из мягкой медной проволоки имеет сечение 0,75-2,5 мм<sup>2</sup>. Выпускается со скрученными жилами в ПВХ-изоляции и такой же оболочке. Применяется в электросетях с номинальным напряжением, не превышающим 380 В. Провод рассчитан на максимальное напряжение 4000 В частотой 50 Гц, приложенное в течение 1 мин. Рабочая температура — в диапазоне -40...+70 °С.

Установочный провод ПУНП предназначен для прокладки стационарных осветительных сетей. Число жил может быть равным 2, 3 или 4. Жилы имеют сечение 1,0-6,0 мм<sup>2</sup>. Токопроводящая жила из мягкой медной проволоки имеет пластмассовую изоляцию в ПВХ-оболочке. Применяется в электросетях с номинальным напряжением не более 250 В с частотой 50 Гц. Провод рассчитан на максимальное напряжение 1500 В с частотой 50 Гц в течение 1 мин.

Силовые кабели марки ВВГи ВВГнг предназначены для передачи электрической энергии в стационарных установках переменного тока. Жилы изготовлены из мягкой медной проволоки. Число жил может составлять 1-4. Сечение токопроводящих жил: 1,5-35,0 мм<sup>2</sup>. Кабели выпускаются с изоляционной оболочкой из поливинилхлоридного (ПВХ) пластика.

Кабели ВВГнг обладают пониженной горючестью. Применяются с номинальным напряжением не более 660 В и частотой 50 Гц

Силовой кабель марки NYM предназначен для промышленного и бытового стационарного монтажа (электромонтажные работы) внутри помещений и на открытом воздухе. Провода кабеля имеют однопроволочную медную жилу сечением 1,5-4,0 мм<sup>2</sup>, изолированная ПВХ-пластиком. Наружная оболочка, не поддерживающая горения, выполнена также из ПВХ-пластика светлого-серого цвета. Внутренняя промежуточная оболочка состоит из резиновой смеси. Двухжильный кабель имеет провода черного и синего цветов, трехжильный — черного, синего и желто-зеленого, четырехжильный — черного, синего, коричневого и желто-зеленого, пятижильный — черного, синего, коричневого, черного и желто-зеленого.

Соединительные кабели марок МКШ и МКЭШ предназначены для межблочного и внутриблочного соединений в электрических устройствах. Количество жил может быть равным 2, 3, 5, 7, 10 или 14. Сечение токопроводящих жил: 0,35-0,75 мм<sup>2</sup>. Кабель МКЭШ имеет экран из луженых медных проволок. Применяются при напряжении до 500 В и частоте до 400 Гц. Использование кабеля допустимо при температуре окружающей среды в диапазоне -50...+70 С.

Контрольные кабели марок КВБбШв, КВВВбГ предназначены для подключения электрических приборов и оборудования. Число жил может составлять от 10 до 37. Сечение токопроводящих жил из медной проволоки: 1,5-6,0 мм<sup>2</sup>. Выпускаются в пластмассовой изоляции и оболочке из ПВХ-пластика и имеют, кроме того, экран из алюминиевой фольги. Рассчитаны на максимальное переменное напряжение 660 В с частотой до 100 Гц, а также на постоянное напряжение до 1000 В.

Шнур ШВВП предназначен для подключения электрических приборов и оборудования к электросети. Число жил может быть равным 2 или 3. Шнур выпускается со скрученными жилами, в ПВХ-изоляции и такой же оболочке. Токопроводящая жила из мягкой медной проволоки имеет сечение 0,5 или 0,75 мм<sup>2</sup>. Применяется с номинальным напряжением, не превышающим 380 В. Шнур рассчитан на максимальное напряжение 4000 В частотой 50 Гц, приложенное в течение 1 мин

Шнур ШВО предназначен для подключения электросамоваров, электроплит, электроутюгов, электрокаминов и других электронагревательных приборов. Число жил может составлять 2 или 3. Провода этого шнура имеют скрученные медные жилы сечением 0,5-1,5 мм<sup>2</sup>, полиэтиленовую изоляцию, ПВХ-оболочку и нитяную оплетку. Применяется с номинальным напряжением 250 В. Шнур рассчитан на максимальное напряжение 2000 В с частотой 50 Гц, приложенное в течение 1 мин.

## **2. Практические задания**

**1 задание.** Составить таблицу:

| <b>Марка провода или кабеля</b> | <b>Расшифровка марки провода или кабеля</b> | <b>Применяемые сечения провода и уровни напряжения для каждого из них</b> | <b>Область применения провода</b> |
|---------------------------------|---|---|-----------------------------------|
|                                 |   |   |                                   |

### **Пояснение к выполнению задания**

Для заполнения таблицы использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

### 3. Контрольные вопросы

1. Как обозначается материал токоведущей жилы провода?
2. Что обозначает буква А в условном обозначении марки силового кабеля?
3. Что обозначает буква Э в обозначении марки провода?

## Практическое занятие № 2

**Тема:** Выбор инструментов для соединения проводов с помощью опрессовки

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки выбора инструментов для соединения проводов с помощью опрессовки

**Материально-техническое оснащение:**

1. Инструкционные карты
2. Презентация «Соединение опрессовкой»

**Рекомендуемая литература:**

1. Нестеренко, В.М. Технология электромонтажных работ: Учеб. пособие для нач. проф. Образования/ В.М.Нестеренко, А.М.Мысянов.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 592 с.
2. Материалы с сайта <http://electricalschool.info>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

1. Опрессовку выполняют ручными клещами, механическим, пиротехническим или гидравлическим прессом с помощью сменных пуансонов и матриц. Пуансоны и матрицы подбирают по диаметру трубчатой части наконечника или соединительной гильзы. Различают два способа опрессовки: местного вдавливания и сплошного обжатия.

При местном вдавливании следят за тем, чтобы лунки были расположены соосно опрессовываемой жиле и друг другу. При оконцевании лунки делают на лицевой стороне наконечника. Для контроля качества глубину вдавливания (лунки) при честном вдавливании или степень сплошного обжатия проверяют выборочно не менее чем у 1 % наконечников и гильз.

При применении гидропресса с автоматическим контролем глубины вдавливания или обжатия отпадает необходимость в операции выборочного контроля качества опрессовывания.

Рассмотрим последовательность операции опрессовки.

**Опрессовка алюминиевых однопроволочных жил кабелей сечением 2,5 - 10 мм<sup>2</sup>.**

Опрессовку производят в гильзах ГАО. Гильзу выбирают в соответствии с количеством и сечением соединяемых жил.

Опрессовку выполняют в определенной технологической последовательности: выбирают гильзу, инструменты и механизмы, пуансоны и матрицы, зачищают концы жил (на длине 20, 25 и 30 мм для гильз ГАО-4, ГАО-5, ГАО-6 и ГАО-8 соответственно) и внутреннюю поверхность гильзы до металлического блеска и сразу же смазывают их кварцевазелиновой пастой (зачистка и смазка гильз выполняются в случае, если это не было выполнено на заводе-изготовителе), вставляют жилы в гильзу.

При суммарном сечении соединяемых жил меньше диаметра внутреннего отверстия гильзы следует ввести дополнительные проволоки жил для уплотнения места соединения. Производят опрессовку до соприкосновения пуансона с матрицей.



После опрессовки остаточная толщина материала должна быть при гильзах ГАО-4 - 3,5 мм, ГАО-5 и ГАО-6 - 4,5 мм, ГАО-8 - 6,5 мм. Перед изолированием выполненное контактное соединение протирают ветошью, смоченной в бензине. Изолируют место опрессовки изоляционной лентой.

При одностороннем вводе жил в гильзу и диаметрах гильз 7 и 9 мм вместо изоляционной ленты применяют полиэтиленовые колпачки.

### **Опрессовка однопроволочных и многопроволочных жил кабелей сечением 16 - 240 мм<sup>2</sup>**

Опрессовку окончеваний производят в алюминиевых и медно-алюминиевых наконечниках по и штифтовых наконечниках, опрессовку соединений - в алюминиевых гильзах.

Работу выполняют в такой последовательности: выбирают наконечник или соединительную гильзу, пуансон, матрицу и механизм для опрессовки. Затем проверяют наличие слоя кварцевазелиновой пасты на их внутренней поверхности.

Если наконечники или гильзы получены с завода несмазанными, то очищают внутреннюю поверхность ветошью, смоченной в бензине, и смазывают ее пастой. Затем снимают с концов жил изоляцию при оконцевании - на длине, равной длине трубчатой части наконечника, а при соединении - на длине, равной половине длины гильзы.

Очищенную от изоляции жилу зачищают щеткой из кардоленты до металлического блеска и сразу же смазывают кварцевазелиновой пастой. Перед зачисткой жил с бумажной пропитанной изоляцией их необходимо протереть ветошью, смоченной в бензине.

Если жилы секторные, то их перед зачисткой округляют. Операцию округления многопроволочных жил выполняют плоскогубцами, а однопроволочных — при помощи механического или гидравлического пресса, в который устанавливают вместо пуансона и матрицы специальный инструмент.

После того как жилы подготовлены к опрессовке, на них надевают наконечник или гильзу. При оконцевании жилу вводят в наконечник до упора, а при соединении - так, чтобы торцы соединяемых жил соприкасались между собой в середине гильзы. Трубчатую часть наконечника или гильзу устанавливают в матрице и производят опрессовку.

Если при этом опрессовку выполняют однозубым пуансоном, то на наконечнике делают два вдавливания, а на гильзе - четыре (по два на каждый конец соединяемых жил). Если опрессовывают двузубым пуансоном, то на наконечнике делают одно вдавливание, а на гильзе - два.

Вдавливание производят до упора шайбы пуансона в торец матрицы. Правильность глубины вдавливания проверяют штангенциркулем с насадкой или специальным измерителем.

После опрессовывания остаточная толщина материала должна быть: при сечении жил 16 - 35 мм<sup>2</sup> - 5,5 мм, при сечении 50 мм<sup>2</sup> - 7,5 мм, при сечении 70 и 95 мм<sup>2</sup> - 9,5 мм, при сечении 120 и 150 мм<sup>2</sup> - 11,5 мм, при сечении 185 мм<sup>2</sup> - 12,5 мм, при сечении 240 мм<sup>2</sup> - 14 мм.

При опрессовке с помощью пресса, имеющего автоматический контроль качества опрессовки (глубины вдавливания), отпадает надобность в указанной проверке. Перед наложением изоляции острые края гильзы опиливают, закругляют и зачищают мелкой наждачной бумагой.

При опрессовке соединений жил кабелей 6—10 кВ принимают меры для выравнивания электрического поля, симметрия которого нарушается против мест вдавливания. Зоны сгущения линий электрического поля могут явиться очагами возникновения местных разрядов, приводящих к пробое изоляции. Во избежание этих явлений непосредственно на гильзу накладывают экран из одного слоя полупроводящей бумаги.

Необходимо помнить, что нельзя применять наконечники и гильзы, не соответствующие сечению и типу жилы, а также применять не соответствующие пуансоны и матрицы. Нельзя также "выкусывать" проволоки для облегчения ввода жилы в наконечник или гильзу и производить опрессовку без смазки жил и гильзы кварцевазелиновой пастой. Однопроволочные жилы 25 - 240 мм<sup>2</sup>, оконцовываемые штамповкой наконечника на жиле.

Для выполнения оконцевания снимают с конца жилы изоляцию на длине: для жил сечением 25 мм<sup>2</sup> - 45 мм, для 35 - 96 мм<sup>2</sup> - 50 мм, для 120 - 240 мм<sup>2</sup> - 56 мм.

Выбирают пуансон и матрицу в зависимости от сечения жилы. Штамповку выполняют с помощью пиротехнических механизмов. Пуансон под действием пороховых газов производит штамповку наконечника, формируя его из конца жилы.

В случае неточного оформления наконечника допускается повторная штамповка при снижении мощности повторного выстрела, для чего пуансон не доводится до верхнего крайнего положения на 5 - 7 мм.

На штампованной части наконечника не должно быть видимых трещин, раковин, наплавов и вмятин, должна быть соосность отверстия под болт в контактной части наконечника. После пяти выстрелов формующую часть пуансона необходимо смазать тонким слоем машинного масла.

### **Опрессовка многопроволочные медных медных жил кабелей 1 - 2,5 мм<sup>2</sup>.**

Опрессовку выполняют пресс-клещами в кольцевых медных наконечниках, обжимаемых специальными пуансонами и матрицами.

Перед опрессовкой в кольцевом наконечнике снимают с конца жилы изоляцию на длине 25 - 30 мм, зачищают жилу до металлического блеска, скручивают ее туго плоскогубцами, выбирают соответствующие сечению жилы наконечник, пуансон и матрицу; устанавливают их в пресс-клещи, укладывают жилу в наконечник, надевают наконечник с уложенной в него жилой на стержень пуансона так, чтобы жила выходила через желобок пуансона, производят обжим наконечника пресс-клещами до упора шайбы пуансона в торец матрицы.

### **Однопроволочные и многопроволочные 4 - 240 мм<sup>2</sup>.**

Оконцевание жил 4 - 240 мм<sup>2</sup> выполняют в медных наконечниках, а соединение жил 16 - 240 мм<sup>2</sup> в гильзах. Последовательность операции опрессовки та же, что и опрессовки алюминиевых жил, но здесь не требуется смазки кварцевазелиновой пастой.

Опрессовку медных наконечников и гильз выполняют пуансоном и матрицей с одним зубом, на наконечнике выполняют одно вдавливание, на гильзе — два, по одному на каждый конец соединяемых жил

## **2. Практические задания**

**1 задание.** Составить таблицу:

| Наименование инструмента | Назначение инструмента | Технология применения |
|--------------------------|------------------------|-----------------------|
|                          |                        |                       |
|                          |                        |                       |
|                          |                        |                       |

### **Пояснение к выполнению задания**

Для заполнения таблицы использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

### **3. Контрольные вопросы.**

1. В чем преимущество гидравлических клещей над механическими?
2. Чем отличается технология опрессовки алюминиевых и медных жил проводов?

## **Практическое занятие №3**

**Тема: Выбор припоев и флюсов для пайки различных материалов**

**Цель практического занятия:** Приобрести практические навыки подбора инструментов для пайки, выбора припоев и флюсов для пайки различных материалов.

**Материально-техническое оснащение:**

Инструкционные карты

### Рекомендуемая литература:

1. Ярочкина, Г.В. Радиоэлектронная аппаратура и приборы: Монтаж и регулировка: Учебник для нач. проф. образования.- М.: ИРПО; ПрофОбрИздат, 2002.- 240 с.
2. Сибикин, Ю.Д., Технология электромонтажных работ/ Ю.Д.Сибикин, М.Ю. Сибикин: Учеб. пособие для проф. учеб. заведений.- М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 2000.- 301 с.

### Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

#### 1. Теоретическое введение

1. Припой принято делить на две группы — мягкие и твёрдые. К мягким относятся припои с температурой плавления до 300 °С, к твёрдым — выше 300 °С. Кроме того, припои существенно различаются по механической прочности. Мягкие припои имеют предел прочности при растяжении 16—100 МПа, а твёрдые — 100—500МПа.

Мягкими припоями являются оловянно-свинцовые сплавы (ПОС) с содержанием олова от 10 (ПОС-10) до 90% (ПОС-90), остальное свинец. Проводимость этих припоев составляет 9—15% чистой меди. Большое количество оловянно-свинцовых припоев содержит небольшой процент сурьмы (такие припои обозначаются ПОССу).

Наиболее распространёнными твёрдыми припоями является медно-цинковые (ПМЦ) и серебряные (ПСр) с различными добавками.

2. Флюсы должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Температура плавления флюса и его удельный вес должны быть ниже температуры плавления и удельного веса припоя.

2. Флюс должен полностью расплавляться и иметь хорошую жидкотекучесть при температуре пайки, но в то же время не должен быть слишком текучим, чтобы не «уходить» от места пайки.

3. Флюс должен своевременно и полностью растворять окислы основного металла, причем флюс должен действовать при температуре на несколько градусов ниже температуры плавления припоя.

4. Флюс не должен образовывать соединений с основным металлом и припоем, а также поглощаться ими.

5. Флюс должен равномерным слоем покрывать поверхность основного металла у места пайки, предохраняя его от окисления в продолжение всего процесса пайки.

6. Флюс не должен испаряться и выгорать при температуре пайки, а продукты его разложения и окислы должны вытесняться припоем, легко удаляться после пайки и не вызывать коррозии.

#### 2. Практические задания

1 задание. Используя текст инструкционной карты, составить таблицу.

Таблица 1- Флюсы для пайки

| Виды флюсов              | Область применения | Достоинства | Недостаток |
|--------------------------|--------------------|-------------|------------|
| Химически активные флюсы |                    |             |            |
|                          |                    |             |            |

| Виды флюсов                      | Область применения | Достоинства | Недостаток |
|----------------------------------|--------------------|-------------|------------|
| <b>Химически пассивные флюсы</b> |                    |             |            |
|                                  |                    |             |            |

**2 задание.** Используя текст инструкционной карты, составить таблицу.

Таблица 2 - Припой для пайки

| Марка припоя          | Химический состав | Температура плавления | Область применения |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Мягкие припои</b>  |                   |                       |                    |
|                       |                   |                       |                    |
| <b>Твердые припои</b> |                   |                       |                    |
|                       |                   |                       |                    |

#### **Пояснение к выполнению задания**

Для заполнения таблицы использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

#### **3. Контрольные вопросы.**

1. Какие припои называют мягкими?
2. Какие металлы входят в состав припоев для пайки меди?
3. Для чего применяют флюсы и какие они бывают?

### **Практическое занятие №4**

#### **Тема: Определение дефектов пайки**

**Цель практического занятия:** изучить дефекты паяных соединений, причины их возникновения, проанализировать и предложить способы предотвращения данных дефектов.

#### **Материально-техническое оснащение:**

1. Инструкционные карты
2. Индивидуальные рабочие карты
3. Натуральные образцы паяных соединений (учебные сетки)
4. Презентация «Дефекты пайки»

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Ярочкина, Г.В. Радиоэлектронная аппаратура и приборы: Монтаж и регулировка: Учебник для нач. проф. образования.- М.: ИРПО; ПрофОбрИздат, 2002.- 240 с.

#### **Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

## 1. Теоретическое введение

Основными дефектами паяных соединений являются:

### 1). Непропаи

К основным дефектам паяных соединений относятся непропаи вследствие плохого смачивания паяемого металла припоем. Плохое смачивание паяемой поверхности объясняется в большинстве случаев наличием окисной пленки вследствие плохой зачистки перед пайкой, плохой активностью флюса или низкой и недостаточной для растекания припоя температурой нагрева.

Причинами непропаев при хорошем смачивании припоем паяемого металла могут быть: плохая подготовка поверхностей перед пайкой; неоднородность зазора из-за плохой подгонки и сборки паяемых элементов. В больших зазорах припой не удерживается капиллярными силами, а в малый зазор он не проникает.

Причиной непропая может явиться также различный или недостаточный нагрев паяемых элементов, недостаточное количество использованного припоя или флюса.

2). Включения флюса и шлака в паяных соединениях встречаются сравнительно часто. Эти дефекты снижают статическую и вибрационную прочность паяных соединений.

Шлаковые включения в паяном шве образуются вследствие плохой подготовки поверхности соединяемых элементов перед пайкой, наличия загрязнений (ржавчины, масла и т.д.), а также при длительном нагреве во время пайки, когда флюс, реагируя с основным металлом, переходит в шлак, плохо вытесняемый припоем.

Медленный нагрев при пайке изделий с малыми зазорами в большинстве случаев приводит к потере активности флюса и его физико-химических свойств. Расплавленный флюс растворяет имевшиеся на паяемых поверхностях окислы, изменяется по составу и делается вязким, припой не в состоянии его вытеснить из зазора, где он может остаться в значительных количествах.

Включения флюса в паяных соединениях наблюдаются и в том случае, когда припой затекает в зазор одновременно с двух противоположных направлений, а также и при недостаточном количестве припоя.

3). Газовые пузыри и пористость паяного шва при удовлетворительном смачивании паяемых поверхностей припоем являются результатом разложения флюса или взаимодействия применяемых газовых сред с припоем или паяемыми металлами. Пузырьки газов не успевают выйти из припоя и остаются в нем при затвердении. Причиной возникновения этих дефектов может явиться также перегрев флюса или припоя и кипение их с выделением легко испаряющихся компонентов.

Наличие влаги во флюсе также способствует образованию пор.

Одной из существенных причин, вызывающих эти дефекты, является недостаточно тщательная очистка поверхности от окислов, загрязнений, жира и т. д., которые при пайке взаимодействуют с флюсом и припоем с выделением газа.

Усадочные раковины, поры могут появиться также при недостаточном количестве внесенного при пайке припоя или слишком большом зазоре между кромками свариваемых деталей.

### 4). Трещины в паяном шве

Большое количество использованного припоя или скопление его в одном месте также может явиться причиной разъедания основного металла и привести к неисправимому браку.

Трещины в металле паяного шва могут возникать по различным причинам, однако все они связаны с имевшимися в металле или возникшими в процессе пайки растягивающими напряжениями. Трещины в припое паяного шва могут возникнуть вследствие усадки при кристаллизации и образовании галтелей в соединениях, паянных внахлестку. Следует отметить, что излишне высокие валики с выпуклым мениском, наплывы, шероховатости валика способствуют возникновению трещин и снижают вибрационную прочность паяных соединений. Размеры валика не регламентируются, однако он должен быть с плавным

вогнутым мениском и не выходить за пределы гипотенузы равнобедренного прямоугольного треугольника со стороной, равной толщине паяемого металла нахлестки.

В процессе пайки при местном перегреве металла в околошовной зоне вследствие низкой теплопроводности нержавеющей сталей и жаропрочных сплавов создаются термические растягивающие напряжения и иногда возникают трещины, идущие по припою вдоль соединения.

Трещины в паяном шве иногда появляются также при затвердении припоя и при охлаждении после пайки, если коэффициенты линейного расширения припоя и паяемых металлов значительно разнятся, а припой обладает большим интервалом кристаллизации и в момент образования напряжений не имеет достаточной пластичности.

В паяемых металлах трещины возникают под воздействием жидких припоев, которые, находясь в контакте с паяемыми металлами, снижают их прочность и пластичность.

## **2. Практические задания**

**1 задание.** Заполнить таблицу.

Вид таблицы демонстрируется на слайде презентации и имеется у каждого обучающегося на рабочем месте.

Каждый ряд получает свои тексты для работы. Используя текст, необходимо выявить причину возникновения конкретного дефекта пайки и заполнить соответствующую графу в таблице.

Один человек с первого ряда сообщает выявленные им причины, желающие дополняют сообщение. Остальные два ряда заполняют свои таблицы в соответствующей строке.

Преподаватель на слайде презентации демонстрирует изображение дефекта и эталон ответа.

Затем вся группа обсуждает какие необходимо предпринять меры для предотвращения дефекта и заполняют третью графу в первой строке.

Аналогичным образом работают над оставшимися двумя дефектами.

Таблица 1 - Дефекты пайки

| <b>Дефекты</b> | <b>Причины их возникновения</b> | <b>Способы предотвращения дефектов</b> |
|----------------|---------------------------------|--|
|                |                                 |  |
|                |                                 |  |
|                |                                 |  |

**2 задание.**

Каждая пара обучающихся получает учебную сетку, выполненную с дефектами пайки. Задачей является выявление дефектов. Необходимо обсудить в паре виды дефектов и записать в бланке для работы.

### **Пояснение к выполнению задания**

Для заполнения таблицы использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

### **Контрольные вопросы.**

1. Что такое пайка?
2. В каких случаях используется пайка?
3. Как производится контроль паяных соединений?
4. Перечислите дефекты пайки, которые могут быть вызваны неправильным температурным режимом пайки?

## Практическое занятие № 5

**Тема: Расчет сечения проводов по нагрузке**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки расчета нагрузки на провода, навыки определения сечения провода по условиям нагрузки.

**Материально-техническое оснащение:**

1. Инструкционные карты

**Рекомендуемая литература:**

1. Нестеренко, В.М. Технология электромонтажных работ: Учеб. пособие для нач. проф. Образования/ В.М.Нестеренко, А.М.Мысянов.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 592 с.

2. Материалы с сайта <http://elektrichestvo.net>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

Выбор сечения кабелей и проводов является обязательным и очень важным пунктом при монтаже и проектировании схемы любой электрической установки. Для правильного выбора сечения силового провода необходимо учитывать величину максимально потребляемого нагрузкой тока.

Расчет и определение расчетных мощностей (нагрузок) является сложной задачей. Расчет производят не только при проектировании "с нуля", но и если производится реконструкция сетей, например, в случае увеличения мощности или изменения профиля использования здания. Каждая осветительная лампа, телевизор или нагревательный прибор потребляют определенную номинальную мощность при номинальном напряжении на зажимах, принимаемую как расчетная мощность данного электроприемника. Процесс определения расчетных мощностей электрической сети для электродвигателя несколько сложнее и зависит от крутящего момента, связанного с двигателем механизма: вентилятора, станка, транспортера. На корпусе двигателя прикреплена табличка с указанием номинальной мощности. Как правило, фактическая мощность, потребляемая электродвигателем из сети, отличается от номинальной. Так, нагрузка двигателя токарного станка не постоянна, а изменяется в зависимости от толщины снимаемой с детали стружки, размера обрабатываемой детали и ряда других факторов.

Определение расчетных мощностей двигателя рассчитывается по наиболее тяжелым условиям работы станка. При других режимах работы двигатель будет работать в неполную нагрузку, поэтому расчетная мощность двигателя выше его номинальной мощности.

Для группы электроприемников определение расчетной мощности усложнено тем, что необходимо учитывать возможное количество включенных приемников, что является важным условием при выполнении электромонтажных работ.

Расчетная нагрузка (кВт) группы электроприемников определяется формулой:

$$P = K_c \cdot P_y,$$

где  $K_c$  - коэффициент спроса для режима наибольшей нагрузки. Коэффициент спроса учитывает наибольшее возможное число включенных приемников группы.

Для двигателей коэффициент спроса должен учитывать величину их загрузки;

$P_y$  - установленная мощность группы приемников, по величине равная сумме их номинальных мощностей, измеряется в кВт.

Величина расчетного тока (А) трехфазного электроприемника определяется по формуле,

$$I = \frac{1000P}{1,73 U_n \cos \varphi}$$

где Р - расчетная мощность приемника, кВт;  $U_n$  - номинальное напряжение на зажимах приемника, равное по величине межфазному (линейному) напряжению сети, к которой он присоединяется, В;  $\cos \varphi$  - коэффициент мощности приемника.

Для однофазного приемника или для группы приемников, присоединенных к одной фазе сети трехфазного тока, величина расчетного тока (А), рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{1000P}{U_n \cos \varphi}$$

где  $U_{н.ф}$  - номинальное напряжение приемников, равное по величине фазному напряжению сети, к которой присоединяются приемники, В.

По данной формуле можно рассчитать величину расчетного тока для группы приемников, присоединенных к линии однофазного тока.

Для нагревательных приборов и ламп накаливания коэффициент мощности  $\cos \varphi = 1$ , что значительно упрощает формулу определения расчетного тока.

## 2. Практические задания

**1 задание.** Четырехпроводная линия, номинальным напряжением 380/220 В, питает мастерскую, в которой используется тридцать электродвигателей. Суммарная установленная мощность составляет  $P_{y1} = 48$  кВт.

Суммарная мощность осветительных ламп в мастерской составляет  $P_{y2} = 2$  кВт.

Коэффициент спроса для осветительной нагрузки  $K_{с2}=0,9$  и для силовой нагрузки  $K_{с1}=0,35$ . Средний коэффициент мощности для всей установки  $\cos \varphi=0,75$ .

Необходимо определить расчетный ток линии и выбрать сечение (диаметр провода для различных условий прокладки).

**2 задание.** Необходимо определить сечения проводов для монтажа электропроводки в учебной мастерской, питание которой осуществляется от осветительного щитка. В мастерской необходимо подключить 14 ламп накаливания мощностью 150 Вт, 4 лампы по 60 Вт, 8 ламп по 15 Вт. В мастерской необходимо установить электронагревательные приборы общей мощностью 2 кВт. Напряжение сети 220 В.

### Пояснение к выполнению задания

Сечение провода определить по таблице:

| Сечение токопроводящей жилы, мм2 | Ток, для проводов и кабелей с медными жилами, А |             |             |        |       | Ток, для проводов и кабелей с алюминиевыми жилами, А |             |             |        |       |
|----------------------------------|---|-------------|-------------|--------|-------|--|-------------|-------------|--------|-------|
|                                  | Одно-   | Двухжильных | Трехжильных |        |       | Одно-  | Двухжильных | Трехжильных |        |       |
|                                  | При прокладке                                   |             |             |        |       |  |             |             |        |       |
|                                  | воздух  | воздух      | земля       | воздух | земля | воздух   | воздух      | земля       | воздух | земля |
| 1,5                              | 23  | 19          | 33          | 19     | 27    | -  | -           | -           | -      | -     |
| 2,5                              | 30  | 27          | 44          | 25     | 38    | 23   | 21          | 34          | 19     | 29    |
| 4                                | 41  | 38          | 55          | 35     | 49    | 31   | 29          | 42          | 27     | 38    |
| 6                                | 50  | 50          | 70          | 42     | 60    | 38   | 38          | 55          | 32     | 46    |
| 10                               | 80  | 70          | 105         | 55     | 90    | 60   | 55          | 80          | 42     | 70    |
| 16                               | 100   | 90          | 135         | 75     | 115   | 75   | 70          | 105         | 60     | 90    |
| 25                               | 140   | 115         | 175         | 95     | 150   | 105  | 90          | 135         | 75     | 115   |
| 35                               | 170   | 140         | 210         | 120    | 180   | 130  | 105         | 160         | 90     | 140   |
| 50                               | 215   | 175         | 265         | 145    | 225   | 165  | 135         | 205         | 110    | 175   |
| 70                               | 270   | 215         | 320         | 180    | 275   | 210  | 165         | 245         | 140    | 210   |
| 95                               | 325   | 260         | 385         | 220    | 330   | 250  | 200         | 295         | 170    | 255   |
| 120                              | 385   | 300         | 445         | 260    | 385   | 295  | 230         | 340         | 200    | 295   |

## 3. Оформление отчета

В отчете указать порядок выполнения расчетов и выбранное сечение провода.

### 3. Контрольные вопросы.

1. Какова зависимость сечения провода от нагрузки? Если увеличить нагрузку, сечение нужно увеличивать или уменьшать?
2. Какие величины учитывают при выборе сечения провода?



## Практическое занятие № 6

### Тема: Расчет заземляющего устройства

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки применения методов оценки опасности поражения током, способах расчета заземляющих устройств, зависимости свойств заземления от почв и климатических условий

### Материально-техническое оснащение:

1. Инструкционные карты
2. Электронные плакаты

### Рекомендуемая литература:

1. Сибикин, Ю.Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий/ Ю.Д.Сибикин, М.Ю.Сибикин.- М.:Издательский центр «Академия»,2008
2. Материалы с сайта <http://cxema.my1.ru>

### Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

#### 1. Теоретическое введение

Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции, должны надежно соединяться с землей. Такое заземление называется защитным, так как его целью является защита обслуживающего персонала от опасных напряжений прикосновения.

Согласно требований ПУЭ, заземление обязательно во всех электроустановках при напряжении 380 В. и выше переменного тока, 440 В. и выше постоянного тока, а в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках – при напряжении 42 В. и выше переменного тока, 110 В. и выше постоянного тока. В электрических установках заземляются корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, вторичной обмотки измерительных трансформаторов, приводы электрических аппаратов, каркасы РУ, РП, ЩСУ, РЩ, ЩО, металлические корпуса кабельных муфт, металлические оболочки и броня кабелей, проводов, металлические конструкции зданий и сооружений и другие металлические конструкции, связанные с установкой электрооборудования.

Заземление, предназначено для создания нормальных условий работы аппарата или электроустановки называется рабочим заземлением. К рабочему заземлению относится заземление нейтралей трансформаторов, генераторов, дугогасительных катушек. Без рабочего заземления аппарат не может выполнить своих функций или нарушается режим работы электроустановки.

Для защиты оборудования от повреждений ударом молнии применяется грозозащита с помощью разрядников, искровых промежутков, стержневых и тросовых молниеотводов которые присоединяются к заземлителям. Такое заземление называется грозозащитным. Обычно для выполнения всех трех типов заземления используют одно заземляющее устройство. Для выполнения заземления используют естественные и искусственные заземлители.

В качестве естественных заземлителей применяют водопроводные трубы, металлические трубопроводы, проложенные в земле, за исключением трубопроводов горючих жидкостей и газов, металлические и железобетонные конструкции зданий, находящиеся в соприкосновении с землей, свинцовые оболочки кабелей, заземлители опор ВЛ, соединенные

с заземляющим устройством грозозащитным тросом, рельсовые подъездные пути при наличии перемычек между рельсами.

Естественные заземлители должны быть связаны с магистралями заземлений не менее чем двумя проводниками в разных точках. В качестве искусственных заземлителей применяют прутковую круглую сталь диаметром не менее 10 мм (стальной пруток), угловую сталь (40х40, толщиной не менее 4мм), стальные трубы (не кондиция) толщиной стенки не менее 4мм.

Количество заземлителей (вертикальных и горизонтальных) определяется расчетом в зависимости от необходимого сопротивления заземляющего устройства, согласно требований ПУЭ.

При расчете заземляющего устройства определяется тип заземлителей, их количество и место размещения, а также сечение заземляющих проводников. Выполняем расчет заземляющего устройства для механического отделения. Естественных заземлителей нет.

Сопротивление заземляющего устройства нейтрали трансформатора на стороне 0,4 кВ согласно ПУЭ должно быть не более 4 Ом. Сопротивление заземляющего устройства на стороне 10 кВ согласно ПУЭ должно быть не менее 10 Ом. При совмещении заземляющих устройств различных напряжений (по заданию 0,4 кВ и 10 кВ) принимаем меньшие из требуемых значений сопротивления заземляющего устройства, т.е.  $R_z = 4$  Ом является определяющим значением для расчета.

## 2. Практические задания

### Исходные данные:

Выполняем расчет заземляющего устройства для механического отделения. Естественных заземлителей нет. Удельное сопротивление грунта (земля – суглинок) при нормальной влажности равно 86 Ом \* м.

Сопротивление заземляющего устройства нейтрали трансформатора на стороне 0,4 кВ согласно ПУЭ должно быть не более 4 Ом. Сопротивление заземляющего устройства на стороне 10 кВ согласно ПУЭ должно быть не менее 10 Ом. При совмещении заземляющих устройств различных напряжений (по заданию 0,4 кВ и 10 кВ) принимаем меньшие из требуемых значений сопротивления заземляющего устройства, т.е.  $R_z = 4$  Ом является определяющим значением для расчета.

Заземляющее устройство выполняем в виде контура из стальной полосы 40х4мм, проложенной на глубине 0,7м вокруг оборудования подстанции (горизонтальный заземлитель) на расстоянии 2-х метров от подстанции. Общая длина полосы 60 м. Предварительно принимаем в контуре 10 вертикальных заземлителей (стальные прутковые стержни длиной 5м и диаметром 12мм на расстоянии 5м друг от друга).

### 1 задание.

1. Определить необходимое сопротивление искусственного заземлителя с учетом использования естественных заземлителей, включенных параллельно, используя выражение

$$\frac{1}{R_{\text{и}}} = \frac{1}{r_{\text{зм}}} - \frac{1}{R_{\text{е}}}$$

или

$$R_{\text{и}} = \frac{R_{\text{е}} r_{\text{зм}}}{R_{\text{е}} - r_{\text{зм}}}$$

где  $r_{\text{зм}}$  -допустимое сопротивление заземляющего устройства по п. 1,  $R_{\text{и}}$  -сопротивление искусственного заземлителя;  $R_{\text{е}}$  -сопротивление естественного заземлителя.

Определить: Каково должно быть сопротивление заземляющего устройства.

### 2 задание.

Определить расчетное удельное сопротивление грунта  $\rho_{\text{расч}}$  с учетом повышающих коэффициентов, учитывающих высыхание грунта летом и промерзание зимой. При отсутствии точных данных о грунте можно воспользоваться таблицей, где приведены средние данные по сопротивлениям грунтов, рекомендуемые для предварительных расчетов.

Таблица 1- Удельное сопротивление грунтов

| Грунт              | Удельное сопротивление Ом м |
|--------------------|-----------------------------|
| Песок              | 400 - 1000 и более          |
| Супесок            | 150 - 400                   |
| Суглинок           | 40 - 150                    |
| Глина              | 8 - 70                      |
| Садовая земля      | 40                          |
| Торф               | 20                          |
| Чернозем           | 10 - 50                     |
| Мергель, известняк | 1000 - 2000                 |
| Скалистый грунт    | 2000 - 4000                 |

К измеренному значению удельного сопротивления грунта в зависимости от состояния грунта и от количества осадков вводятся поправочные коэффициенты  $k$ , учитывающие изменение вследствие высыхания и промерзания грунта, т. е.  $\rho_{расч} = \rho \cdot k$   
 Значения  $k$ , рекомендованные ВЭИ для средней полосы России, приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Коэффициенты повышения сопротивления по отношению к измеренному удельному сопротивлению грунта (или сопротивлению заземления) для средней полосы России

| Заземлители                             | Глубина заложения, м                          | Поправочный коэффициент |       |       |
|---|---|-------------------------|-------|-------|
|   |   | $k_1$                   | $k_2$ | $k_3$ |
| Углубленные (стержни, уголки, трубы)    | Верхний конец ниже поверхности земли на 0,8 м | 2,0                     | 1,5   | 1,4   |
| Поверхностные (полоса, пластина и т.д.) | 0,5   | 6,5                     | 5,0   | 4,5   |
|   | 0,8   | 3,0                     | 2,0   | 1,6   |

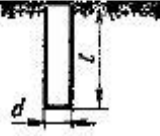
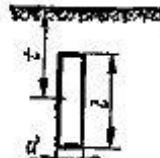

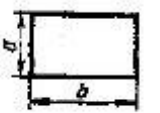
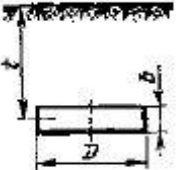
### 3 задание.

Определить сопротивление растеканию одного вертикального электрода  $R$  в.о. по формулам таблицы 3. Эти формулы даны для стержневых электродов из круглой стали или труб.

При применении вертикальных электродов из угловой стали в формулу вместо диаметра трубы подставляется эквивалентный диаметр уголка, вычисленный по выражению  $d_{у,эк} = 0,95 b$

где  $b$  - ширина сторон уголка.

Таблица 3- Формулы для определения сопротивления растеканию тока различных заземлителей

| Тип заземлителя  | Расположение заземлителя  | Формула  | Примечание   |
|--|---|--|--|
| Вертикальный, из круглой стали, верхний конец у поверхности земли  |    | $R_{в.о} = \frac{\rho_{расч.в}}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$  | $l > d$  |
| Вертикальный, из круглой стали, верхний конец ниже уровня земли    |    | $R_{в.о} = \frac{\rho_{расч.в}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4l+1}{4l-1} \right)$ | $l > d$  |
| Горизонтальный, из полосовой стали, протяженный, ниже уровня земли |    | $R_r = \frac{\rho_{расч.г}}{2\pi l} \ln \frac{2l}{bt}$   | $\frac{l}{2t} \geq 2,5$ ;<br>b — ширина полосы; если заземлитель круглый, диаметром d, то $b = 2d$ |
| Пластинчатый, вертикальный, ниже уровня земли                      |  | $R_{в.о} \approx 0,25 \frac{\rho_{расч.в}}{\sqrt{ab}}$   | a и b размеры стороны пластины   |
| Кольцевой, из полосовой стали, горизонтальный, ниже уровня земли   |  | $R_r = \frac{\rho_{расч.г}}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D^2}{bt}$   | b — ширина полосы; $t < D/2$ если заземлитель круглый, диаметром d, то $b = 2d$                    |

#### 4 задание.

Определить примерное число вертикальных заземлителей при предварительно принятом коэффициенте использования

$$n = \frac{R_{в.о.}}{K_{и,в,зм} R_{и}}$$

где  $R_{в.о.}$  - сопротивление растеканию одного вертикального электрода, определенное в задании 3;  $R_{и}$  - необходимое сопротивление искусственного заземлителя;  $K_{и,в,зм}$  - коэффициент использования вертикальных заземлителей

### **Пояснение к выполнению задания**

Для заполнения таблицы использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

#### **3. Контрольные вопросы.**

1. Какие материалы применяют для изготовления заземляющего устройства?
2. От чего зависит сопротивление грунта?
3. Как устроено заземляющее устройство?

### **Практическое занятие № 7**

**Тема: Определение порядка прокладки кабельных линий в зависимости от условий**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки самостоятельного выбора необходимого вида кабеля, соединительной муфты и вида концевой заделки.

**Материально-техническое оснащение:**

1. Инструкционные карты.
2. Натуральные образцы.

**Рекомендуемая литература:**

1. Нестеренко, В.М. Технология электромонтажных работ: Учеб. пособие для нач. проф. Образования/ В.М.Нестеренко, А.М.Мысьянов.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 592 с.
2. Материалы с сайта <http://elektrichestvo.net>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

#### **1. Теоретическое введение**

Кабельная линия электропередачи (КЛ) – линия для передачи электроэнергии, состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с соединительными, стопорными и концевыми муфтами (заделками) и крепежными деталями.

Как правило, кабельные линии прокладывают в местах, где затруднено строительство воздушных линий (ВЛ) – в городах, поселках, на территории промышленных предприятий. Они имеют определенные преимущества перед ВЛ – закрытая прокладка, обеспечивающая защиту от атмосферных воздействий (ветер, гроза, обледенение), КЛ имеют большую надежность и безопасность в эксплуатации. Поэтому, несмотря на их большую стоимость и трудоемкость сооружения, кабельные линии широко применяют в сетях внешнего и внутреннего электроснабжения.

Для соединения кабелей при монтаже выполняют разделку их концов и соединение жил. Разделка конца кабеля состоит из последовательных операций ступенчатого удаления защитных и изоляционных частей и является частью монтажа муфт. Размеры разделки, зависящие от конструкции муфты, напряжения кабеля и сечения его жил.

Соединение и ответвление токоведущих жил кабеля выполняют с помощью специальных инструментов, различных приспособлений и принадлежностей с соблюдением технологии, обеспечивающей надежный электрический контакт и необходимую механическую прочность. При выборе способа соединения учитывают материал и сечение соединяемых жил, конструктивные особенности муфт.

Для соединения участков кабельной линии применяют кабельные муфты.

Кабельные муфты разделяют по напряжению (до 1, 6, 10, 35 кВ), назначению (соединительная, ответвительная, концевая), габаритным размерам (нормальная, малогабаритная), материалу (чугунная, свинцовая, эпоксидная), форме (У-образная, Т-образная, Х-образная), месту установки (внутренняя, наружная), числу фаз (концевая трехфазная или четырехфазная).

Для оконцевания кабелей вне помещений применяют концевые кабельные муфты, а внутри помещений – концевые заделки.

В качестве концевых муфт для кабелей напряжением до 10 кВ с бумажной изоляцией используют мачтовые муфты КМ с заливкой кабельной массы или эпоксидные КНЭ, при напряжении 20...35 кВ – однофазные КНО или КНЭО, а для кабелей с пластмассовой изоляцией – КНЭ или ПКНЭ.

Концевые заделки бывают в стальных воронках (тип КВБ), в воронках из эпоксидного компаунда (КВЭ), из поливинилхлоридных лент (КВВ), в резиновых перчатках (КВР)

## 2. Практические задания

**Данная работа выполняется в группах.**

1. Организовать группу из 4 человек.
2. Каждый из участников группы выполняет один из пунктов задания (№1, 2, 3, 4). Результаты занести в таблицу №1, приведенную ниже.
3. Пункт №5 задания выполняется совместно: каждый из участников может дополнить ответы других.
4. Участники группы дают соседу прочитать вопрос и найденный на него ответ (вопросы передаются «по часовой стрелке»).
5. Оценив правильность ответа, поставить товарищу оценку в таблицу №2.
6. Выбрать участника группы, который сообщит результат работы всей остальной группе и преподавателю.
8. При сообщении результатов работы другими группами, внимательно их выслушав, дополнить своими сообщениями.
7. Сдать результаты своей работы преподавателю.

Таблица 1

| Ф.И.О. обучающегося, выполнявшего данное задание | Содержание задания                            | Выбранный вариант ответа |
|--|---|--------------------------|
|  | Марка кабеля, расшифровка обозначения         |                          |
|  | Порядок разделки кабеля                       |                          |
|  | Тип муфты для соединения двух участков кабеля |                          |
|  | Тип концевой заделки данного кабеля           |                          |
|  | Требования техники безопасности               |                          |

Таблица 2

| Ф.И.О. обучающегося | Ф.И.О. эксперта и его оценка | Оценка преподавателя | Итоговая оценка |
|---------------------|------------------------------|----------------------|-----------------|
|                     |                              |                      |                 |
|                     |                              |                      |                 |
|                     |                              |                      |                 |
|                     |                              |                      |                 |

### **1 задание.**

На складе имеются:

- а) кабели АСК, СБ, АСГ, СБГ, СБи.
- б) муфты СЭп, СЭс, СЧм.
- в) материалы для концевых заделок КВР, КВЭз, КВВ.

Необходимо проложить кабельную линию в траншее, напряжением 6 кВ.

1. Выбрать марку кабеля, расшифровать условные обозначения.
2. Определить порядок разделки кабеля.
3. Подобрать тип муфты для соединения двух участков кабеля.
4. Подобрать тип концевой заделки данного кабеля (считать условия эксплуатации нормальными).

Если при выборе муфт и заделок возможны несколько вариантов, выберите более экономичный вариант.

5. Сформулировать требования безопасности труда при монтаже кабельной муфты, концевой заделки, при прокладке кабеля в траншее.

### **2 задание.**

На складе имеются:

- а) кабели АСК, СБ, АСП, СБГ, СБи.
- б) муфты СЭв, СЭс, СЧо.
- в) концевые заделки КВЭд, КВР, КВЭп.

Необходимо проложить кабельную линию в сыром производственном помещении, напряжением 1 кВ.

1. Выбрать марку кабеля, расшифровать условные обозначения.
2. Определить порядок разделки кабеля.
3. Подобрать тип муфты для соединения двух участков кабеля.
4. Подобрать тип концевой заделки данного кабеля, используемого в нормальных условиях.

Если при выборе муфт и заделок возможны несколько вариантов, выберите более экономичный вариант.

5. Сформулировать требования безопасности труда при монтаже кабельной муфты, концевой заделки, при прокладке данного кабеля.

### **3 задание**

На складе имеются:

- а) кабели АСК, СБ, АСП, СРГ, СБи.
- б) муфты СЭм, СЭс, СЧм.
- в) концевые заделки КВР, КВЭн, КВВ.

Необходимо проложить кабельную линию в туннеле, напряжением 10 кВ.

1. Выбрать марку кабеля, расшифровать условные обозначения.
2. Определить порядок разделки кабеля.
3. Подобрать тип муфты для соединения двух участков кабеля.
4. Подобрать тип концевой заделки данного кабеля, используемого в нормальных условиях.

Если при выборе муфт и заделок возможны несколько вариантов, выберите более экономичный вариант.

5. Сформулировать требования безопасности труда при монтаже кабельной муфты, концевой заделки, при прокладке кабеля в туннеле.

### **4 задание**

На складе имеются:

- а) кабели АСК, СБ, АСГ, СБГ, СБи.
- б) муфты СЭп, СЭс, СЧм.
- в) концевые заделки КВВ, КВЭд, КВР.

Необходимо проложить кабельную линию в трубе, напряжением 0,66 кВ.

1. Выбрать марку кабеля, расшифровать условные обозначения.
2. Определить порядок разделки кабеля.

3. Подобрать тип муфты для соединения двух участков кабеля.
4. Подобрать тип концевой заделки данного кабеля, используемого в тропических условиях.  
Если при выборе муфт и заделок возможны несколько вариантов, выберите более экономичный вариант.
5. Сформулировать требования безопасности труда при монтаже кабельной муфты, концевой заделки, при прокладке кабеля в трубе.

#### **Пояснение к выполнению задания**

Для заполнения таблицы использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

#### **3. Контрольные вопросы.**

1. Когда прокладывают кабельные линии?
2. Какие устройства входят в состав кабельной линии?
3. По каким признакам выбирают тип кабеля, кабельную муфту и кабельную заделку?

### **Практическое занятие № 8**

**Тема: Чтение электрических схем осветительных электроустановок**

**Цель практического занятия:** продолжить формировать знания об условно- графических и условно- буквенных обозначениях , приобрести практические навыки чтения электрических схем осветительных электроустановок

**Материально- техническое оснащение:**

1. Инструкционные карты
2. Электрические схемы осветительных электроустановок

**Рекомендуемая литература:**

1. ГОСТ 2.755-87 Обозначения условные графические в электрических схемах
2. ГОСТ 21.614, ГОСТ 21.608 Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах.

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

#### **1. Теоретическое введение**

Специальные устройства электроосвещения называют осветительными установками. В состав осветительной электроустановки входят источники света, осветительные арматуры, пускорегулирующие устройства, электропроводки, электроустановочные изделия и приборы, щиты, щитки и распределительные устройства.

Существует множество схем включения электрических источников света. Наиболее простым являются схемы включения ламп накаливания, а более сложными – люминесцентных ламп и дуговых ртутных ламп (ДРЛ) высокого давления.

Сети электрического освещения разделяются на питающие и групповые. Питающие сети это линии от комплектных трансформаторных подстанций (КТП) или вводно-распределительных устройств (ВРУ) или других пунктов питания до групповых щитков. Групповые сети – линии от групповых щитков до осветительных приборов, штепсельных розеток и понижающих трансформаторов светильников, требующих безопасного напряжения.

Питающие сети для осветительной установки и силового электрооборудования рекомендуется выполнять отдельными линиями.



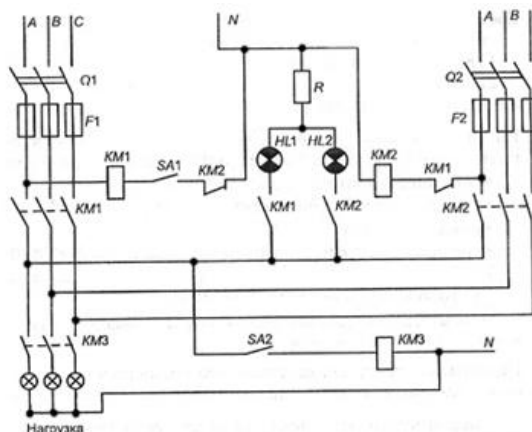
В начале каждой питающей линии устанавливаются аппараты защиты и отключения. В начале групповой линии обязательно устанавливается аппарат защиты, а отключающий аппарат может не устанавливаться при наличии таких аппаратов по длине линии.

Отличительной особенностью осветительных электроустановок является многообразие применяемых схем и способов исполнения электропроводок, конструкций светильников и других источников света. В современных мощных электроустановках применяются сложные устройства автоматики и телеуправления.

## 2. Практические задания

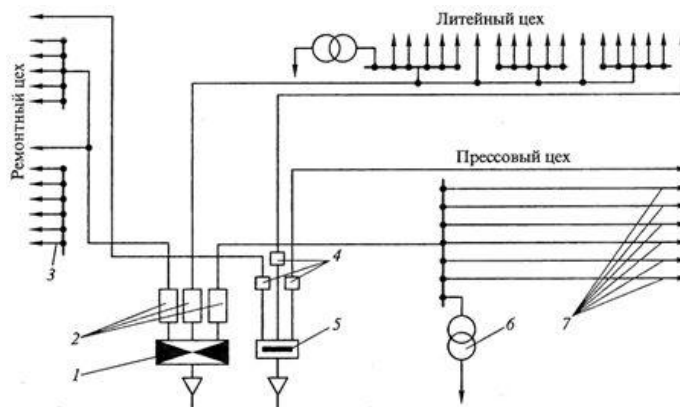
### 1 задание.

Изучить схему включения и управления ламп накаливания, начертить схемы и составить спецификацию к схеме.



### 2 задание.

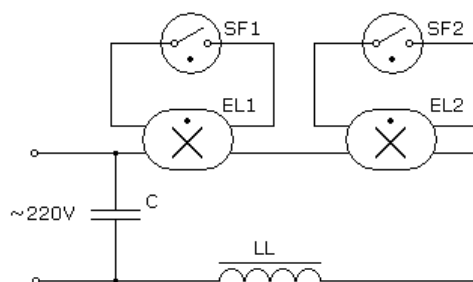
Изучить схему присоединения к сети осветительных электроустановок промышленного предприятия, начертить схемы и составить спецификации к каждой схеме



1 — вводное устройство сети рабочего освещения; 2 — аппараты дистанционного управления сетью рабочего освещения; 3 — цеховой распределительный щит; 4 - аппараты автоматического включения сети аварийного освещения; 5 — вводное устройство сети аварийного освещения; 6 — понижающий трансформатор питания сети местного освещения; 7— отходящие линии питания осветительной сети.

### 3 задание.

Изучить схему включения люминесцентных ламп, начертить схему и составить спецификацию к схеме



Электрическая схема включения люминесцентных ламп мощностью 20/18 Вт

### Пояснение к выполнению задания

Для выполнения работы использовать ГОСТ 2.755-87 Обозначения условные графические в электрических схемах, ГОСТ 21.614, ГОСТ 21.608 Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах.

### 3. Контрольные вопросы.

- 1) Какое напряжение используется в схемах?
- 2) Какие источники света использованы в каждой из схем?
- 3) Что требуется для начала свечения люминесцентной лампы?

## Практическое занятие № 9

### Тема: Составление электрических схем осветительных электроустановок

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки составления электрических схем осветительных электроустановок

**Материально-техническое оснащение:**

1. Электрические схемы осветительных электроустановок

### Рекомендуемая литература:

1. ГОСТ 2.755-87 Обозначения условные графические в электрических схемах,
2. ГОСТ 21.614, ГОСТ 21.608 Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах.

### Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

Рассмотрим простые схемы управления электрическими лампами. Две или более лампы могут присоединяться к сети одним однополюсным выключателем (рис. 1, а). Управление пятью лампами с помощью двух расположенных рядом однополюсных выключателей (рис. 1, б) осуществляется следующим образом. При повороте первого выключателя включаются две лампы, а при повороте второго - остальные три. Такая схема включения ламп применяется в больших помещениях с режимом работы, требующим обеспечения освещенности различной степени.

Если необходимо попеременное изменение числа включаемых ламп, их присоединяют к сети при помощи люстрового переключателя (рис. 2). С первым поворотом такого переключателя включается одна лампа из трех, со вторым - оставшиеся две, но при этом выключается первая лампа, с третьим — включаются все лампы, а с четвертым — все лампы люстры выключаются.

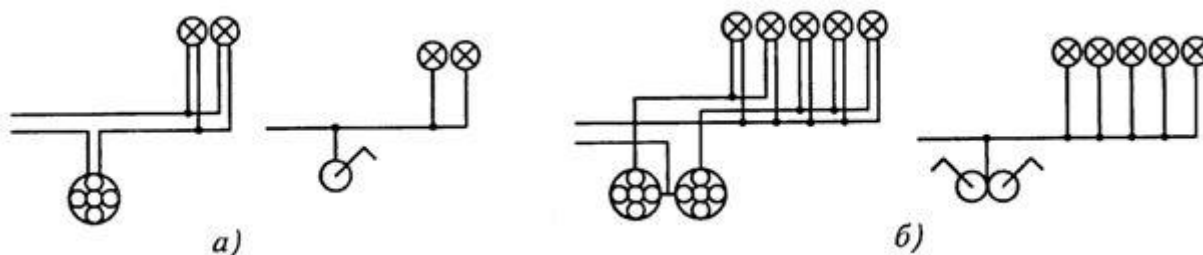


Рис. 1. Электрическая и монтажная схемы присоединения к сети электрических ламп: а — одним выключателем; б — двумя выключателями

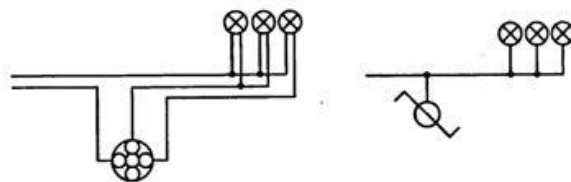


Рис. 2. Электрическая и монтажная схемы присоединения к сети электрических ламп одним люстровым переключателем

При необходимости независимого управления одной или несколькими лампами с двух мест применяют схему с двумя переключателями, соединенными двумя перемычками и проводом (рис. 3).

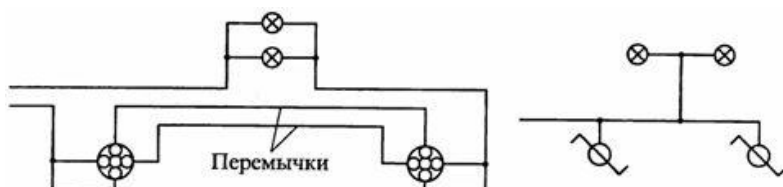


Рис. 3. Электрическая и монтажная схемы присоединения ламп к сети двумя переключателями

Лампы осветительных электроустановок, питаемых от трехпроводной системы трехфазного тока, включаются между двумя фазами сети, а установок питаемых от четырехпроводной сети — между фазным и нулевым проводами (рис. 4).

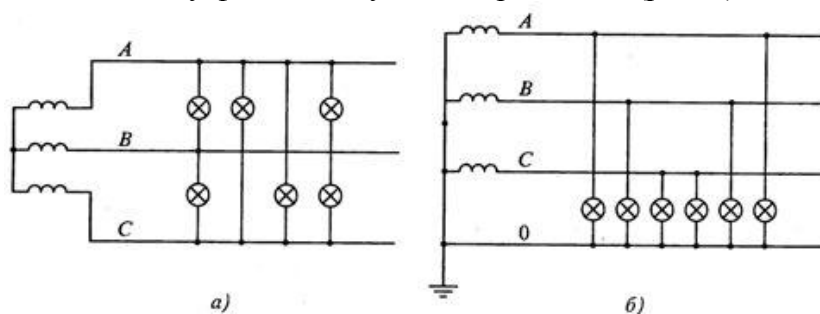


Рис. 4. Схемы присоединения электрических ламп к сети с линейным (а) и фазным (б) напряжениями

## 2. Практические задания

### 1 задание

Составить электрическую принципиальную схему, содержащую: 2 лампы накаливания, предохранитель, двухполюсный выключатель и штепсельную розетку.

### 2 задание

Составить монтажную электрическую схему, соответствующую начерченной принципиальной схеме.

### 3 задание

Составить однолинейную электрическую схему, соответствующую начерченной принципиальной схеме.

### Пояснение к выполнению задания

Для выполнения работы использовать ГОСТ 2.755-87 Обозначения условные графические в электрических схемах, ГОСТ 21.614, ГОСТ 21.608 Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах.

## 3. Контрольные вопросы.

1. Какая из схем: принципиальная, монтажная или однолинейная показывает все провода, которые устанавливаются при монтаже осветительной электроустановки?
2. Для чего предназначен предохранитель в электрической схеме?
3. Назовите условно- буквенные обозначения выключателя, предохранителя, лампы сигнальной, лампы осветительной.

## Практическое занятие № 10

**Тема: Порядок укладки провода при монтаже освещения**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки разработки порядка укладки провода при монтаже освещения

**Материально- техническое оснащение:**

1. Инструкционные карты

**Рекомендуемая литература:**

1. Правила устройств электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 2007

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

#### ПУЭ, глава 2. 1, раздел Открытые электропроводки внутри помещений

2.1.52. Открытую прокладку незащищенных изолированных проводов непосредственно по основаниям, на роликах, изоляторах, на тросах и лотках следует выполнять:

1. При напряжении выше 42 В в помещениях без повышенной опасности и при напряжении до 42 В в любых помещениях - на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания.

2. При напряжении выше 42 В в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных - на высоте не менее 2,5 м от уровня пола или площадки обслуживания.

Данные требования не распространяются на спуски к выключателям, розеткам, пусковым аппаратам, щиткам, светильникам, устанавливаемым на стене.

В производственных помещениях спуски незащищенных проводов к выключателям, розеткам, аппаратам, щиткам и т. п. должны быть защищены от механических воздействий до высоты не менее 1,5 м от уровня пола или площадки обслуживания.

В бытовых помещениях промышленных предприятий, в жилых и общественных зданиях указанные спуски допускается не защищать от механических воздействий.

В помещениях, доступных только для специально обученного персонала, высота расположения открыто проложенных незащищенных изолированных проводов не нормируется.

2.1.53. В крановых пролетах незащищенные изолированные провода следует прокладывать на высоте не менее 2,5 м от уровня площадки тележки крана (если площадка расположена выше настила моста крана) или от настила моста крана (если настил расположен выше площадки тележки). Если это невозможно, то должны быть выполнены защитные устройства для предохранения персонала, находящегося на тележке и мосту крана, от случайного прикосновения к проводам. Защитное устройство должно быть установлено на всем протяжении проводов или на самом мосту крана в пределах расположения проводов.

2.1.54. Высота открытой прокладки защищенных изолированных проводов, кабелей, а также проводов и кабелей в трубах, коробах со степенью защиты не ниже IP20, в гибких металлических рукавах от уровня пола или площадки обслуживания не нормируется.

2.1.55. Если незащищенные изолированные провода пересекаются с незащищенными или защищенными изолированными проводами с расстоянием между проводами менее 10 мм, то в местах пересечения на каждый незащищенный провод должна быть наложена дополнительная изоляция.

2.1.56. При пересечении незащищенных и защищенных проводов и кабелей с трубопроводами расстояния между ними в свету должны быть не менее 50 мм, а с

трубопроводами, содержащими горючие или легковоспламеняющиеся жидкости и газы, - не менее 100 мм. При расстоянии от проводов и кабелей до трубопроводов менее 250 мм провода и кабели должны быть дополнительно защищены от механических повреждений на длине не менее 250 мм в каждую сторону от трубопровода.

При пересечении с горячими трубопроводами провода и кабели должны быть защищены от воздействия высокой температуры или должны иметь соответствующее исполнение.

2.1.57. При параллельной прокладке расстояние от проводов и кабелей до трубопроводов должно быть не менее 100 мм, а до трубопроводов с горючими или легковоспламеняющимися жидкостями и газами - не менее 400 мм.

Провода и кабели, проложенные параллельно горячим трубопроводам, должны быть защищены от воздействия высокой температуры либо должны иметь соответствующее исполнение.

2.1.58. В местах прохода проводов и кабелей через стены, междуэтажные перекрытия или выхода их наружу необходимо обеспечивать возможность смены электропроводки. Для этого проход должен быть выполнен в трубе, коробе, проеме и т. п. С целью предотвращения проникновения и скопления воды и распространения пожара в местах прохода через стены, перекрытия или выхода наружу следует заделывать зазоры между проводами, кабелями и трубой (коробом, проемом и т. п.), а также резервные трубы (короба, проемы и т. п.) легко удаляемой массой от несгораемого материала. Заделка должна допускать замену, дополнительную прокладку новых проводов и кабелей и обеспечивать предел огнестойкости проема не менее предела огнестойкости стены (перекрытия).

2.1.59. При прокладке незащищенных проводов на изолирующих опорах провода должны быть дополнительно изолированы (например, изоляционной трубой) в местах проходов через стены или перекрытия. При проходе этих проводов из одного сухого или влажного помещения в другое сухое или влажное помещение все провода одной линии допускается прокладывать в одной изоляционной трубе.

При проходе проводов из сухого или влажного помещения в сырое, из одного сырого помещения в другое сырое или при выходе проводов из помещения наружу каждый провод должен прокладываться в отдельной изоляционной трубе. При выходе из сухого или влажного помещения в сырое или наружу здания соединения проводов должны выполняться в сухом или влажном помещении.

2.1.60. На лотках, опорных поверхностях, тросах, струнах, полосах и других несущих конструкциях допускается прокладывать провода и кабели вплотную один к другому пучками (группами) различной формы (например, круглой, прямоугольной в несколько слоев).

Провода и кабели каждого пучка должны быть скреплены между собой.

2.1.61. В коробах провода и кабели допускается прокладывать многослойно с упорядоченным и произвольным (россыпью) взаимным расположением. Сумма сечений проводов и кабелей, рассчитанных по их наружным диаметрам, включая изоляцию и наружные оболочки, не должна превышать: для глухих коробов 35% сечения короба в свету; для коробов с открываемыми крышками 40%.

2.1.62. Допустимые длительные токи на провода и кабели, проложенные пучками (группами) или многослойно, должны приниматься с учетом снижающих коэффициентов, учитывающих количество и расположение проводников (жил) в пучке, количество и взаимное расположение пучков (слоев), а также наличие ненагруженных проводников.

2.1.63. Трубы, короба и гибкие металлические рукава электропроводок должны прокладываться так, чтобы в них не могла скапливаться влага, в том числе от конденсации паров, содержащихся в воздухе.

2.1.64. В сухих непыльных помещениях, в которых отсутствуют пары и газы, отрицательно воздействующие на изоляцию и оболочку проводов и кабелей, допускается соединение труб, коробов и гибких металлических рукавов без уплотнения.

Соединение труб, коробов и гибких металлических рукавов между собой, а также с коробами, корпусами электрооборудования и т. п. должно быть выполнено:

в помещениях, которые содержат пары или газы, отрицательно воздействующие на изоляцию или оболочки проводов и кабелей, в наружных установках и в местах, где возможно попадание в трубы, короба и рукава масла, воды или эмульсии, - с уплотнением; короба в этих случаях должны быть со сплошными стенками и с уплотненными сплошными крышками либо глухими, разъемные короба - с уплотнениями в местах разъема, а гибкие металлические рукава - герметичными;

в пыльных помещениях - с уплотнением соединений и ответвлений труб, рукавов и коробов для защиты от пыли.

2.1.65. Соединение стальных труб и коробов, используемых в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников, должно соответствовать требованиям, приведенным в настоящей главе и гл. 1.7.

## **2. Практические задания**

### **1 задание.**

Составить правила монтажа электропроводок в зависимости от типа помещений, условий прокладки провода, особенностей помещения.

Указать требования, которые должны выполняться при пересечении проводов между собой и с другими коммуникациями.

### **Пояснение к выполнению задания**

Для выполнения практического задания использовать Правила устройства электроустановок.

## **3. Контрольные вопросы.**

1. На какой высоте выполняют открытую прокладку незащищенных изолированных проводов?

2. Как выполняют спуски к выключателям и розеткам при открытой прокладке проводов?

3. Какое напряжение применяют для устройств освещения в особо опасных помещениях?

## **Практическое занятие № 11**

**Тема: Выбор устройства для присоединения осветительных электроустановок**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки выбора устройства для присоединения осветительных электроустановок.

**Материально-техническое оснащение:**

1. Инструкционные карты

**Рекомендуемая литература:**

1. Акимов, Е.Г. Выбор, проектирование и монтаж электроустановок зданий. Справочное пособие. Акимов Е.Г. / Под ред. Ю.С. Коробкова - М.: ООО «Ай Би Тех», 2008.

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### **1. Теоретическое введение**

Выключатели и розетки относятся к аппаратам управления и предназначены для работы в номинальном режиме (при протекании длительного тока нагрузки).

Наиболее часто в помещениях используются **выключатели клавишного типа**.

Основными параметрами, по которым производится выбор выключателей, являются:

- назначение - общего назначения для осветительных цепей;
- тип установки: скрытый или открытый;
- номинальный ток: 6, 10 А;
- исполнение: однополюсные, двухполюсные, трехполюсные, четырехполюсные и т.д.;
- наличие дополнительных элементов: подсветки и т.п.;
- цвет изделия.

Выключатели иногда выпускаются в виде блоков в сочетании с другими выключателями или розетками.

Из вышеперечисленных параметров основными являются 3: тип установки, номинальный ток и исполнение.

**Тип установки** определяется схемой монтажа. Если в квартире вся электропроводка скрытая, то и выключатели выбирают скрытого исполнения.

Если проводка выполняется с помощью кабельных каналов, которые крепятся к стене, то выключатели могут иметь открытый тип установки.

**Выбор выключателей по исполнению** (однополюсные, двухполюсные и т.д.)

производится после составления схемы электроснабжения и согласования с заказчиком места установки выключателей. Кроме того, это зависит от вида осветительных приборов, от количества источников света в светильнике.

**Номинальный ток** выключателя должен быть выше допустимого длительного тока, протекающего через его контакты.

## **2. Практические задания**

### **1 задание.**

В вашей квартире необходимо заменить штепсельную розетку. В нее планируется включать (поочередно) пылесос мощностью 1,4 кВт, фен для сушки волос мощностью 1300 Вт и утюг мощностью 2200 Вт. У всех устройств «евро»- вилка.

Выбрать тип розетки.

### **2 задание.**

Выполнить необходимые расчеты и определите: возможно ли использование стандартной розетки на 16 А для подключения проточного водонагревателя мощностью 5,5 кВт

### **Пояснение к выполнению задания**

Для выполнения задания использовать формулы мощности электрического тока ( $P=UI$ ) и закон Ома ( $I=U/R$ ), а также предложенную литературу

## **3. Контрольные вопросы.**

1. Чем отличается дроссель от катушки индуктивности?
2. Как крепится катушка индуктивности при навесном монтаже?
3. Для чего предназначены трансформаторы?

## **Практическое занятие №12**

**Тема: Установка и монтаж распределительных устройств освещения**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки разработки последовательности монтажа распределительных устройств осветительных установок

**Материально- техническое оснащение:**

1. Схемы электрические принципиальные
2. Инструкционные карты

**Рекомендуемая литература:**

1. Нестеренко, В.М. Технология электромонтажных работ: Учеб. пособие для нач. проф. Образования/ В.М.Нестеренко, А.М.Мысянов.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 592 с.

## **Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### **1. Теоретическое введение**

Для распределения электроэнергии, установки приборов защиты от КЗ и перегрузки, управления осветительными приборами, а также для установки электрических счетчиков применяют осветительные щитки и пункты

На вводе в жилые многоквартирные дома, а также в общественные здания, как правило, устанавливают вводно-распределительное устройство (ВРУ), на котором сосредотачивают приборы защиты и отключения ввода и магистралей для питания электрической энергией квартир (стояков), освещения подвалов, лестничных клеток. На ВРУ устанавливают также счетчики для учета электроэнергии, расходуемой в общедомовых осветительных и силовых сетях зданий, а также аппараты для автоматического управления освещением лестничных клеток.

Вводно-распределительные устройства должны удовлетворять требованиям ГОСТ 19734—80\*.

Электроэнергия, расходуемая в жилых квартирах, учитывается счетчиками, установленными в каждой квартире. Вводно-распределительные устройства для жилых и общественных зданий изготавливают в виде панелей (шкафов) одностороннего обслуживания. В жилых домах с небольшим числом отходящих линий при питании осветительных и силовых нагрузок от общих кабелей (пятиэтажные здания, девятиэтажные здания башенного типа) обычно устанавливают ВРУ, состоящее из одной вводно-распределительной панели с отделениями (отсеками) для аппаратов ввода, распределения энергии, учета и автоматического управления освещением лестничных клеток.

Для жилых домов повышенной этажности и общественных зданий при питании осветительных и силовых нагрузок от двух отдельных вводов ВРУ комплектуют из двух-трех панелей: вводной и одной-двух распределительных.

На лестничных площадках или в поэтажных коридорах в жилых многоэтажных зданиях для распределения электроэнергии по квартирам устанавливают этажные щитки в утопленном исполнении с приборами защиты, отключения и счетчиками для учета энергии в каждой квартире. Часто эти щитки совмещают со шкафом для устройств подсоединения абонентов к телефонной, радиотрансляционной и телевизионной сетям дома.

Щитки осветительные этажные и квартирные для жилых зданий должны удовлетворять требованиям ГОСТ 9413—78\*.

В промышленных и общественных зданиях широко применяют щитки и пункты серий СУ и ПР с установочными автоматическими выключателями А2000 (рис. 10.5). Пункты изготавливают с различными схемами соединений и с различным числом автоматических выключателей. Исполнения их — утопленное, навесное и стоячее с уплотнением

### **2. Практические задания**

#### **1 задание.**

Составить таблицу:

| <b>Этап установки и монтажа распределительного устройства</b> | <b>Содержание этапа</b> | <b>Инструменты, приспособления для выполнения этапа</b> |
|---|-------------------------|---|
|   |                         |   |
|   |                         |   |



### **Пояснение к выполнению задания**

Для заполнения таблицы использовать данные из рекомендованной литературы.

#### **3. Контрольные вопросы.**

1. Какие электромонтажные работы относят к вспомогательным?
2. В чем заключаются разметочные работы?
3. Какие инструменты применяют для выполнения пробивных работ?

### **Практическое занятие №13**

**Тема: Выполнение подключения счетчиков электроэнергии**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки выполнения подключения счетчиков электроэнергии

**Материально- техническое оснащение:**

- 1.Схемы электрические принципиальные
- 2.Инструкционные карты
- 3.Счетчики электрические (на монтажных стендах для сборки схем освещения)

**Рекомендуемая литература:**

1. Нестеренко, В.М. Технология электромонтажных работ: Учеб. пособие для нач. проф. Образования/ В.М.Нестеренко, А.М.Мысьянов.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 592 с.
- 2.материалы с сайта <http://elektroprovodnik.ru>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

#### **1. Теоретическое введение**

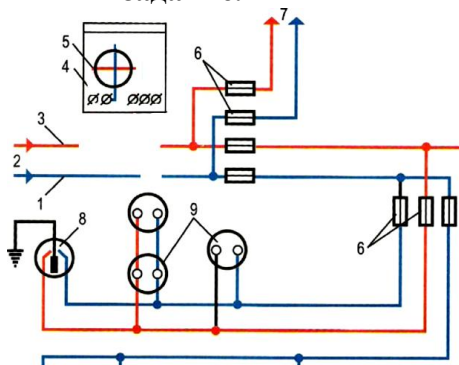
Электрический счетчик – электроизмерительный прибор, предназначенный для учета расхода электрической энергии переменного или постоянного тока, которая измеряется в кВт/ч или А/ч. Электросчетчики применяются там, где осуществляется легальное потребление электроэнергии и есть возможность экономить деньги, отслеживая ее потребление за определенный промежуток времени. Электросчетчики выпускаются однофазные или трехфазные. Включаются в сеть через измерительные трансформаторы тока (непрямого включения) и без них (прямого включения). Для включения в сеть напряжением до 380 В применяются счетчики на ток от 5 до 20 А. В настоящее время в основном используются два типа электросчетчиков – индукционные и электронные. При этом первых гораздо больше, поскольку они устанавливались до середины 90-х годов.

Возникает вопрос, какой счетчик лучше – индукционный или электронный? Чтобы ответить на него, надо понимать, какие задачи на него будут возложены кроме простого списывания показаний. Нужны ли будут различные функции, заложенные в большинстве электронных счетчиков.

Принцип работы индукционного электросчетчика заключается во взаимодействии магнитных сил катушек индуктивности тока и напряжения с магнитными силами алюминиевого диска, в результате взаимодействия число оборотов диска прямо пропорционально отражает расход электроэнергии счетным механизмом.

## 2. Практические задания

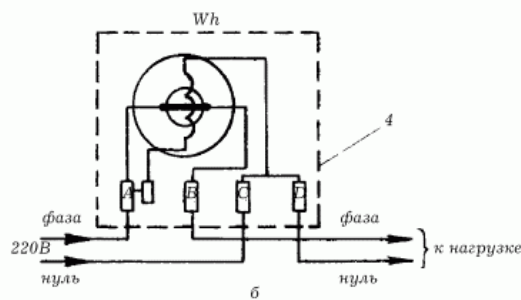
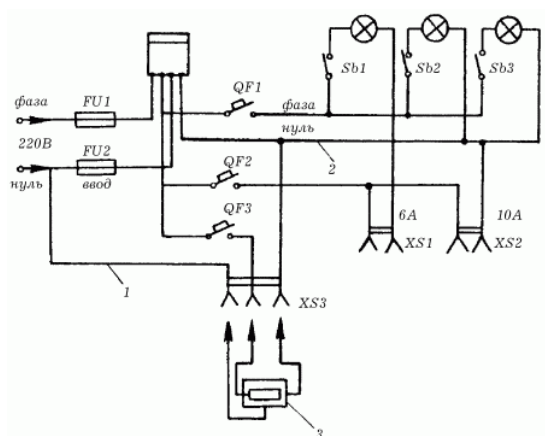
### 1 задание.



Начертить на изображении электрической схемы подключения счетчиков недостающие линии электрической связи.

### Пояснение к выполнению задания

Для выполнения задания использовать следующие электрические схемы:



### 2 задание

Начертить электрическую схему подключения трехфазного счетчика, используя следующее изображение:

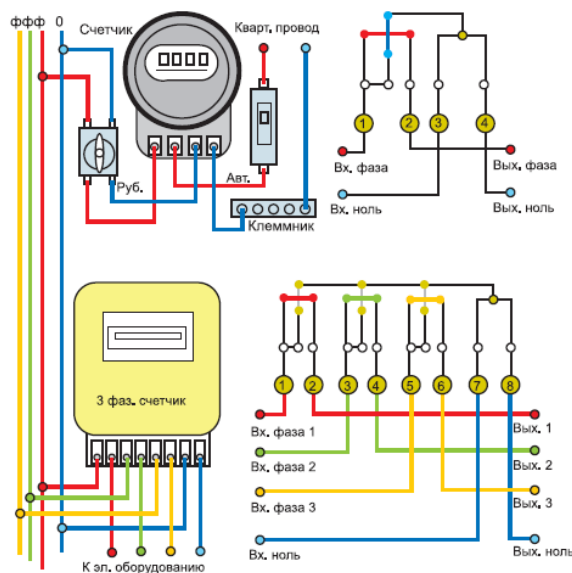


Схема подключения однофазного и трехфазного эл. счетчиков

### 3 задание

На стендах для сборки схем освещения подключить электрический счетчик.

### 3. Контрольные вопросы.

1. Какие виды электрических счетчиков вы знаете?
2. Как работает индукционный счетчик?
3. Сколько обмоток у однофазного счетчика? у трехфазного счетчика?

## Практическое занятие № 14

**Тема: Составление дефектной ведомости осветительных электроустановок**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки определения неисправностей и составления дефектной ведомости осветительных электроустановок **Материально-техническое оснащение:**

1. Осветительные электроустановки ( в классе, в мастерской, в коридоре и т.д.)

1. Инструкционные карты

**Рекомендуемая литература:**

1. Нестеренко, В.М. Технология электромонтажных работ: Учеб. пособие для нач. проф.

Образования/ В.М.Нестеренко, А.М.Мысьянов.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 592 с.

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### **1. Теоретическое введение**

Неисправности люминесцентных ламп с электромагнитными ПРА и способы их устранения

#### **Люминесцентная лампа не зажигается**

Причиной может быть нарушение контакта или обрыв провода, обрыв электродов в лампе, неисправность стартера и недостаточное напряжение в сети. Для определения и устранения неисправности прежде всего следует сменить лампу; если она вновь не будет гореть, заменить стартер и проверить напряжение на контактах держателя. При отсутствии напряжения на контактах держателя лампы необходимо найти и устранить обрыв сети и проверить контакты в местах присоединения проводов к балластному сопротивлению и держателю.

**Люминесцентная лампа мигает, но не зажигается, свечение наблюдается только с одного конца лампы**

Причиной неисправности может быть замыкание в проводах, держателе или в выводах самой лампы. Для определения и устранения неисправности необходимо переставить лампу так, чтобы светящийся и неисправный конец поменялись местами. Если при этом неисправность не будет устранена, следует заменить лампу или искать дефект в держателе или проводке.

**На концах люминесцентной лампы видно тусклое оранжевое свечение, которое то исчезает, то вновь появляется, но лампа не зажигается**

Причина неисправности — наличие воздуха в лампе. Такая лампа подлежит замене.

**Люминесцентная лампа вначале зажигается нормально, но затем наблюдается сильное потемнение ее концов и она гаснет**

Обычно такое явление связано с неисправностью балластного сопротивления, не обеспечивающего необходимый режим работы люминесцентной лампы. В этом случае следует заменить балластное сопротивление.

#### **Люминесцентная лампа периодически зажигается и гаснет**

Это может произойти в результате неисправности лампы или стартера. Необходимо заменить лампу или стартер.

**При включении люминесцентной лампы перегорают спирали и чернеют концы лампы**

В этом случае следует проверить напряжение питающей сети и соответствие его напряжению подключаемой лампы, а также балластное сопротивление. Если напряжение сети соответствует напряжению лампы, то неисправно балластное сопротивление, которое должно быть заменено.

### **Ремонт розеток.**

При нагревании определенных частей вилки или розетки следует совершить несколько операций, имеющих целью устранение столь опасных неполадок. Последовательность действий такова. Вначале следует вынуть вилку из розетки, прекратив подачу тока к ней. Потом вывернуть пробки, отключив предохранители с механическими прерывателями, если у вас в доме такие.

После этих действий следует проверить: действительно ли ток в квартирную электросеть не поступает. Отверткой отвернуть центральный винт и снять крышку розетки.

1. При потемнении головки винта и прилегающих частей клеммы причиной этого обычно является слабый контакт между деталями. В этом случае следует завернуть винт до самого конца, до упора. Если это не удастся, то его отворачивают и проверяют состояние части провода, которую винт зажимает. Многожильный медный проводник от перегрева сереет, становясь ломким. Оконечность алюминиевой жилы в этом случае теряет упругость. При такой ситуации следует откусить испорченную жилу. Если испорчена резьба клеммы, то надо подобрать гайку к винту. Гайку застопорить узкогубцами, а затем вкрутить винт, пропущенный через отверстие в клемме. Под головкой винта будут находиться шайбы и проводник.

2. При неисправной клемме можно позаимствовать ее в исправной или сломанной розетке. Замена клеммы довольно трудоемкое занятие, поэтому, если нет подходящей розетки, следует подумать о полной замене розетки. Если розетка с неисправной клеммой — один из узлов скрытой проводки, то ее вынимают, винт скобы несколько выворачивают, чтобы ослабить цепкость распорных лапок.

Затем выкручивают винт клеммы. В розетке для открытой проводки при замене клеммы выворачивают шурупы. В любом случае необходимо иметь оборотную сторону розетки для того, чтобы подтолкнуть винт «сзади». Вместо прежней резьбы следует нарезать новую резьбу метчиком или стальным винтом. Так как металл клеммы мягок, то сталь — подходящий материал для подобного действия. Конечно, под новую резьбу нужно подобрать и новый винт.

3. Потемнение клеммы вокруг резьбового торца винта свидетельствует о слабом контакте клеммы или отсутствии пластины. В этом случае винт нужно довернуть до конца. Упавшую или запасную пластину ставят на место с помощью отвертки с шириной лопатки не более ширины пластины. Лопатку вводят на место пластины, потом нажимают на пружину и в образовавшуюся щель вводят пластину. Если пластина потерялась, нужно вырезать новую пластину из жести. Ширину пластины определяют направляющей клеммой, длину — углублением в основании. Загиб пластины определяет диаметр пружины. В качестве образца может послужить пластина из соседнего гнезда. Это довольно сложная деталь, и заводы делают ее по-разному.

4. Еще один способ возвращения пластины на прежнее место. Шилом или отверткой вынимают пружину, вставляют в пластину загибом к пружине и заводят пружину. Пинцетом или узкогубцами после проведенных манипуляций пробуют на прочность.

5. Потемнение клеммы может означать, что ослаб контакт между деталями, смежными с клеммой, или выпали пластина и пружина. Методы восстановления пластины и пружины описаны в первом и втором вариантах возможных неполадок. Перегрев клеммы сказывается на основании розетки. Фарфоровое основание затягивается копотью, а пластмассовое крошится от долгого нагрева, что может привести к повреждению корпуса розетки. В этом случае лучше заменить пластмассовый корпус или всю розетку.

6. В розетке отсутствует электроток. Причиной скорее всего является выпадение из розетки пластины и пружины из гнезда. Порядок действий таков. Сначала проверяют наличие тока в других розетках. Если в соседних розетках ток не обнаружен, то проводится ремонт описанный ранее. Если у вас под рукой нет ни новой пластины, ни пружины, то направляют в основание

розетки старые отверткой или шилом. Таким образом устанавливается временная клемма. При ее использовании следует следить за ее нагревом и не допускать перегрева. Поэтому не стоит использовать ее более одного-двух часов.

## **2. Практические задания**

### **1 задание.**

Составить таблицу:

| <b>Проявление неисправности</b> | <b>Причина неисправности</b> | <b>Порядок устранения неисправности</b> |
|---------------------------------|------------------------------|---|
|                                 |                              |   |
|                                 |                              |   |
|                                 |                              |   |

### **Пояснение к выполнению задания**

Для заполнения таблицы использовать данные из рекомендованной литературы.

## **3. Контрольные вопросы.**

1. Какими будут ваши действия: вы включили в розетку утюг, а он не нагревается?
2. Если люминесцентная лампа мигает, но не разгорается- в чем причина?
3. Когда «греется» розетка- в чем дело?

## **Практическое занятие № 15**

### **Тема: Выбор и подключение устройств защитного отключения**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки выбора и подключения устройств защитного отключения

### **Материально- техническое оснащение:**

1. Электронное пособие (модуль OMS) «Устройства защитного отключения»
2. Электронное пособие «Устройство защитного отключения (УЗО): Теория и практика использования» Приложение к бесплатному электронному журналу «Я электрик!»

### **Рекомендуемая литература:**

1. Нестеренко, В.М. Технология электромонтажных работ: Учеб. пособие для нач. проф. Образования/ В.М.Нестеренко, А.М.Мысьянов.- М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 592 с.
2. Материалы с сайта <http://www.electrolibrary.info/>

### **Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### **1. Теоретическое введение**

Устройство защитного отключения (УЗО)— Механический коммутационный аппарат, предназначенный для включения, проведения и отключения токов при нормальных условиях эксплуатации, а также размыкания контактов в случае, когда значение дифференциального тока достигает заданной величины в определенных условиях.

УЗО защищает человека от поражения электрическим током и от возникновения пожара, вызванного утечкой тока через поврежденную изоляцию проводов.

УЗО предназначены для

- Защиты человека от поражения электрическим током при **косвенном прикосновении** (прикосновение человека к открытым проводящим нетоковедущим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением в случае повреждения изоляции), а

также при **непосредственном прикосновении** (прикосновение человека к токоведущим частям электроустановки, находящимся под напряжением). Данную функцию обеспечивают УЗО соответствующей чувствительности (ток отсечки не более 30 мА).

- Предотвращения возгораний при возникновении токов утечки на корпус или на землю.
- УЗО отключает питающую сеть:
- При прямом прикосновении человека или животного к частям электроприбора находящимся под напряжением и его контакте с "землей".
- При повреждении основной изоляции и контакте токоведущих частей с заземленным корпусом.
- При перемене нулевого рабочего (N) и заземляющего (PE) проводников.
- При перемене фазного и нулевого рабочего проводников и прикосновении человека к частям оказавшимся под напряжением и одновременном его контакте с "землей"
- При обрыве нулевого рабочего проводника до (и после) УЗО и прикосновении человека к токоведущим или оказавшимся под напряжением частям электроприбора и одновременном его контакте с "землей"

## **2. Практические задания**

### **1 задание.**

Изучить содержание раздела «Что требуется учесть при электромонтаже устройств защитного отключения» электронного пособия «Устройство защитного отключения (УЗО): Теория и практика использования».

Составить перечень требований к устройствам защитного отключения.

### **2 задание.**

Начертите схемы с ошибками, допущенными при подключении (из электронного пособия «Устройство защитного отключения (УЗО): Теория и практика использования»).

Исправьте ошибки в схемах.

### **3 задание.**

Выполнить задания 3,4 электронного пособия (модуль OMS) «Устройства защитного отключения»

### **Пояснение к выполнению задания**

Для выполнения задания использовать данные из рекомендованной литературы.

## **3. Контрольные вопросы.**

1. Чем отличается УЗО от автоматического выключателя?
2. Какие характеристики УЗО учитывают при его выборе?
3. Как устанавливают УЗО в электрическую схему?

**Практическое занятие № 1**

**Тема: Определение конструктивных особенностей аппаратов управления и защиты**

**Цель практического занятия:** систематизировать знания об устройстве электрических аппаратов, приобрести практические навыки определения конструктивных особенностей аппаратов управления и защиты, научиться использовать справочную литературу

**Материально- техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты

**Инструменты и оборудование:** магнитные пускатели; тепловые реле; автоматические выключатели; отвертки.

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература:** 1. Девочкин, О.В. Электрические аппараты: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования/ О.В.Девочкин, В.В.Лохнин. М.: Издательский центр «Академия», 2013

2. Москаленко В.В. Справочник электромонтера. М.: Издательский центр «Академия», 2007

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

**1. Теоретическое введение**

Электрические аппараты предназначены для включения и отключения, управления, регулирования и защиты электрооборудования и участков электрических цепей.

В зависимости от назначения их делят на четыре группы: коммутационные — для включения и отключения электрических цепей; защиты - защищающие электрические цепи от перегрузки, токов короткого замыкания, недопустимого повышения напряжения, снижения или исчезновения напряжения; токоограничивающие и пускорегулирующие — для пуска, регулирования частоты вращения двигателей, изменения тока в электрических цепях, ограничения тока при коротком замыкании; выполняющие одновременно несколько из перечисленных выше функций - включение и отключение электрических цепей, защита их от перегрузок, токов короткого замыкания и др.

В зависимости от номинального напряжения различают электрические аппараты до 1000 В (обычно до 660 В) и свыше 1000 В.

В электрических аппаратах чаще всего повреждаются подвижные и неподвижные рабочие контакты, а также промежуточные и дугогасительные, реже детали механизмов, пружины, пластины дугогасительных камер и изоляция. Основным показателем качества любого контакта является его переходное сопротивление, которое зависит главным образом от состояния контактных поверхностей и степени прижатия их одна к другой, так как контактные поверхности соприкасаются не по всей их площади, а только в отдельных точках, называемых точками соприкосновения. Плохо обработанные и окислившиеся контакты имеют большое переходное сопротивление. Тщательная слесарная обработка контактных поверхностей позволяет убрать оксидную пленку и получить наибольшее количество точек соприкосновения.

В электроустановках напряжением до 1000 В в качестве силовых выключателей используются рубильники, пакетные выключатели, автоматические выключатели, магнитные пускатели, контакторы. При отключении этих аппаратов возникающая между контактами дуга

легко гасится без применения специальных дугогасительных устройств (в рубильниках) или с помощью простых дугогасительных приспособлений (дугогасительных решеток в контакторах или автоматических выключателях). Легкость гашения дуги в этих случаях объясняется тем, что при сравнительно низком напряжении напряженность электрического поля между расходящимися контактами небольшая, воздух ионизируется незначительно, поэтому дуга неустойчивая и быстро гаснет.

## **2. Практические задания**

1. Произвести внешний осмотр аппарата, списать в тетрадь его маркировку.
2. С помощью справочников определить класс аппарата, его характеристики, записать в тетрадь.
3. Открутить винты, открыть крышку.
4. Рассмотреть конструкцию, записать основные части аппарата.
5. Ответить на вопрос: какие детали больше всего подвержены износу в аппаратах данного типа.
6. Есть ли поврежденные детали в рассматриваемом аппарате? Что необходимо в нем отремонтировать или заменить?
7. Сделать вывод.

## **Пояснение к выполнению задания**

При выполнении задания использовать рекомендованную литературу.

## **3. Контрольные вопросы**

1. Перечислите номинальные параметры вашего аппарата.
2. Что значит цифра 2 в обозначении магнитного пускателя ПМЕ 211?
3. Как изменить температуру срабатывания теплового реле? Продемонстрируйте на образце.

## **Практическое занятие № 2**

**Тема: Разработка технологии ремонта взрывозащищенных аппаратов**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки разработки технологии ремонта взрывозащищенных аппаратов

**Дидактическое обеспечение:** электронные плакаты

**Технические средства обучения:** персональный компьютер, мультимедийный проектор, демонстрационный экран

**Инструменты и оборудование:** электрические аппараты

### **Информационное обеспечение занятия:**

**Литература:** Акимова, Н.А Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования/ Н.А.Акимова, Н.Ф.Котеленец, Н.И.Сентирюхин, М.: Издательский центр «Академия», 2013

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

**Материально- техническое оснащение:**

1. Инструкционные карты

### **Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта



## 1. Теоретическое введение

Взрывозащищенные аппараты эксплуатируются во взрывоопасных зонах (помещениях). Взрывоопасной называется зона, в которой по условиям технологического процесса могут выделяться горючие газы в таком количестве, что они в соединении с воздухом образуют взрывоопасную смесь. Различают несколько классов помещений по признакам взрывоопасности.

Рассмотрим основные особенности ремонта взрывозащищенных аппаратов и светильников, установленных в помещениях наиболее опасных по условиям взрыва. Ремонт разрешается выполнять только тем ремонтным подразделениям, которые обеспечены необходимым специальным оборудованием, инструментом, помещением, располагают опытным ремонтным персоналом и имеют разрешение выполнять ремонт взрывозащищенных аппаратов.

К основным условиям ремонта следует отнести:

- повышенные требования к качеству выполняемых работ,
- ужесточенные нормы отбраковки поврежденных деталей и элементов,
- применение только таких материалов, которые предусмотрены конструкцией,
- повышенные требования к испытаниям и проверкам отремонтированных частей аппарата.

Разбирать аппаратуру и светильники необходимо с особой осторожностью, не допуская повреждений, особенно взрывозащищаемых поверхностей (отмеченных пометкой «взрыв»). Не допускается нанесение резких ударов и больших усилий при демонтаже. Трудно отвинчивающиеся крепежные детали необходимо предварительно смочить керосином.

Крепежные изделия после разборки рекомендуется вернуть на свои места во избежание потери. Разбираемые детали отмечают бирками, чтобы при сборке не было ошибок по их установке.

Поврежденные детали заменяют. При ремонте необходимо обеспечить максимальное сохранение заводских параметров, которые до ремонта должны быть известны ремонтному персоналу по чертежам и техническим документам завода-изготовителя.

Планово-предупредительный ремонт и профилактические испытания электрооборудования должны осуществляться по графику, утвержденному главным инженером или ответственным за электрохозяйство предприятия, в сроки, установленные на основании ПТЭ и ПТБ с учетом условий эксплуатации конкретного электрооборудования, инструкций заводов-изготовителей и других нормативных документов. Ремонт электрооборудования, который не может повлечь за собой нарушения его взрывозащиты, производится эксплуатационными службами предприятий, при этом должностное лицо, ответственное за эксплуатацию электрооборудования, несет ответственность и за его ремонт.

На взрывозащищенном электрооборудовании эксплуатационному персоналу разрешается выполнять следующие виды работ:

- 1) замену смазки и подшипников,
- 2) ревизию токоведущих частей и контактных соединений,
- 3) замену перегоревших ламп и поврежденных стеклянных колпаков в светильниках,
- 4) разборку, чистку, смазку взрывозащитных поверхностей и сборку электрооборудования,
- 5) устранение течи масла и его замену,
- 6) замену уплотняющих прокладок,
- 7) смену предохранителей, сухих гальванических элементов и аккумуляторных батарей,
- 8) замену обмоток электрических машин при соблюдении параметров обмотки и качества материалов, замену поврежденных изоляторов идентичными,
- 9) ремонт оболочек и установленного внутри электрооборудования, а также систем продувки оболочки, защиты и блокировок при условии, что ремонт не повлияет на взрывозащищенность,

10) ремонт вентилятора электродвигателя и его кожуха,

11) установку недостающих болтов при обязательном соблюдении размеров (диаметр и длина) и выполнении требований технической документации на данное электрооборудование.

Предприятие может заменять любые детали взрывозащищенного электрооборудования деталями, изготовленными заводом-изготовителем по рабочим чертежам и техническим условиям, утвержденным для данного электрооборудования, с последующей проверкой элементов взрывозащиты.

Другие виды работ, ремонт электрооборудования связанный с восстановлением или изготовлением его составных частей, обеспечивающих взрывозащиту, эксплуатационному персоналу производить запрещается.

На каждое повреждение взрывозащищенного электрооборудования ответственным за его эксплуатацию составляется акт или производится запись в паспорте (карте) индивидуальной эксплуатации с указанием даты и причины повреждения, а также отметка об устранении повреждения.

Разборка и сборка электрооборудования должны производиться в той последовательности, которая указана в заводской инструкции по монтажу и эксплуатации, причем, по возможности, эти работы должны производиться в мастерской. На ремонтируемом электрооборудовании запрещается изменять параметры взрывозащиты, заменять болты, предусмотренные конструкцией изделия, болтами других типов.

По окончании ремонта взрывозащищенного электрооборудования необходимо измерить параметры взрывозащиты, указанные в инструкциях заводов-изготовителей, а полученные данные и объем выполненных работ записать в паспорт (карту) электрооборудования.

## **2. Практические задания**

Изучить §7 учебника Атабеков В.Б. Ремонт электрооборудования промышленных предприятий, конструкции взрывозащищенных аппаратов и особенности их ремонта. Составить последовательность ремонта взрывозащищенных аппаратов с указанием инструментов для ремонта и требований безопасности труда при работе во взрывоопасных электроустановках и помещениях.

### **Пояснение к выполнению задания**

Для заполнения таблицы использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

## **3. Контрольные вопросы.**

1. Какие устройства называют электрическими аппаратами?
2. Какие элементы конструкции наиболее подвержены износам?
3. Как ремонтируют контакты?

## **Практическое занятие №3**

**Тема:** Разработка технологической последовательности испытаний электрической аппаратуры

**Цель практического занятия:** Приобрести практические навыки разработки последовательности испытаний электрической аппаратуры

**Материально-техническое обеспечение занятия:**

**Дидактическое обеспечение:** электронные плакаты

**Технические средства обучения:** персональный компьютер, мультимедийный проектор, демонстрационный экран

**Инструменты и оборудование:** электрические аппараты

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература:** Акимов, Н.А Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования/ Н.А.Акимов, Н.Ф.Котеленец, Н.И.Сентирюхин, М.: Издательский центр «Академия», 2013

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

### Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

#### 1. Теоретическое введение

Автоматические выключатели служат для защиты распределительных сетей переменного тока и электроприемников в аварийных случаях при повреждении изоляции. Для осуществления защитных функций автоматические выключатели имеют максимальные расцепители от токов перегрузки и токов короткого замыкания. При прохождении через автоматический выключатель токов больше номинальных, он должен отключиться. Защита от перегрузки осуществляется тепловыми или электронными устройствами. Защита от токов короткого замыкания осуществляется электромагнитными или электронными расцепителями.

Измеряемой величиной является время отключения автоматического выключателя при заданной величине тока, превышающей номинальное значение тока автоматического выключателя.

Времятоковая характеристика (характеристика расцепления) автоматического выключателя проверяется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50345-99 согласно таблице 1.

Таблица 1- Стандартные времятоковые характеристики автоматических выключателей

| Испытание | Тип мгновенного расцепителя автоматического выключателя | Испытательный ток | Начальное состояние | Пределы времени расцепления или нерасцепления  | Требуемый результат |
|-----------|---|-------------------|---------------------|--|---------------------|
| a         | B, C, D   | $1,13 I_n$        | Холодное            | $t \geq 1 \text{ ч}$ (при $I_n \leq 63 \text{ A}$ ) $t \geq 2 \text{ ч}$ (при $I_n < 63 \text{ A}$ )                             | Без расцепления     |
| b         | B, C, D   | $1,45 I_n$        | Сразу за п. а       | $t < 1 \text{ ч}$ (при $I_n \leq 63 \text{ A}$ ) $t \geq 63 \text{ A}$   | Расцепление         |
| c         | B, C, D   | $2,55 I_n$        | Холодное            | $1 \text{ с} < t < 60 \text{ с}$ (при $I_n \leq 32 \text{ A}$ ) $1 \text{ с} < t < 120 \text{ с}$ (при $I_n \geq 32 \text{ A}$ ) | Расцепление         |
| d         | B   | $3,00 I_n$        | Холодное            | $t \geq 0,1 \text{ с}$   | Расцепление         |
|           | C   | $5,00 I_n$        |                     |  |                     |
|           | D   | $10,00 I_n$       |                     |  |                     |
| e         | B   | $5 I_n$           | Холодное            | $t < 0,1 \text{ с}$  | Расцепление         |
|           | C   | $10 I_n$          |                     |  |                     |
|           | D   | $50 I_n$          |                     |  |                     |

При проведении испытаний соблюдают следующие условия:

- автоматический выключатель устанавливают вертикально;
- испытуемый автоматический выключатель отключается от сети;
- испытания автоматического выключателя проводят при частоте сети  $(50 \pm 5) \text{ Гц}$ ;

*Выполнение испытаний срабатывания расцепителей автоматических выключателей.* Собрать схему проверок срабатывания расцепителей автоматического выключателя согласно с инструкцией изготовителя используемого нагрузочного устройства. Электромагнитный расцепитель срабатывает без выдержки времени. Комбинированный расцепитель должен сработать с обратной зависимостью от тока выдержкой времени при перегрузке и без выдержки времени при коротких замыканиях. Ток уставки расцепителей не регулируют.

В каждом полюсе автомата смонтирован свой тепловой элемент, воздействующий на общий расцепитель автомата. Чтобы убедиться в правильности действия всех тепловых элементов, необходимо проверить каждый из них в отдельности.

При одновременной проверке большого количества автоматов испытание тепловых элементов по начальному току срабатывания нецелесообразно, т.к. на проверку каждого автомата затрачивается несколько часов. В связи с этим тепловые элементы рекомендуется проверять испытательным током, равным двух- и трехкратному номинальному току расцепителя при одновременной нагрузке испытательным током всех полюсов автоматов.

Если тепловой элемент не срабатывает, то автомат к эксплуатации не пригоден и дальнейшим испытаниям не подлежит.

У всех тепловых элементов должны быть проверены тепловые характеристики при одновременной нагрузке испытательным током всех полюсов автомата. Для этого все полюса автомата соединяют последовательно. При проверке электромагнитных расцепителей, не имеющих тепловых элементов, автомат включают вручную и устанавливают такую величину испытательного тока, при которой автомат отключится. После отключения автомата ток снижают до нуля и в указанном порядке проверяют электромагнитные элементы в остальных полюсах автомата.

Время срабатывания автомата определяется по шкале секундомера испытательного оборудования. Времятоковые характеристики срабатывания расцепителей автоматического выключателя должны соответствовать калибровкам и паспортным данным завода-изготовителя. Проверка срабатывания электромагнитных и тепловых расцепителей автоматических выключателей в объеме 30%, из них 15% наиболее удаленных от ВРУ квартир. При несрабатывании 10% проверяемых автоматических выключателей, производится проверка срабатывания всех 100% автоматических выключателей.

*Контроль точности результатов измерений при испытаниях автоматических выключателей*

Контроль точности результатов измерений обеспечивается ежегодной поверкой приборов, применяемых для испытания автоматических выключателей, в органах Госстандарта РФ. Приборы должны иметь действующие свидетельства о госповерке. Выполнение измерений прибором с просроченным сроком поверки не допускается.

*Оформление результатов испытаний автоматических выключателей*

Результаты испытаний оформляются протоколом «Проверки автоматических выключателей напряжением до 1000В».

*Требования к квалификации персонала при испытании автоматических выключателей*

К выполнению измерений допускают лиц, прошедших специальное обучение и аттестацию с присвоением группы по электробезопасности не ниже III при работе в электроустановках до 1000 В, имеющих запись о допуске к испытаниям и измерениям в электроустановках до 1000 В.

Проверка работоспособности автоматического выключателя производится по распоряжению только квалифицированным персоналом в составе бригады в количестве не менее 2 человек. Производитель работ должен иметь 5 разряд, члены бригады — не ниже 4 разряда.

*Обеспечение безопасности при выполнении испытаний автоматических выключателей*

При проверке работоспособности автоматических выключателей необходимо руководствоваться требованиями Межотраслевых правил по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.

Испытания автоматических выключателей можно проводить только на отключенной электроустановке. Испытания должны проводиться по распоряжению бригадой в составе не менее 2 человек. Присоединение и отсоединение испытательного комплекта, нагрузочных концов необходимо производить при снятом испытательном напряжении.

*Проверка и регулировка тепловых реле*

При внешнем осмотре тепловых реле проверяют:

1. надежность затяжки контактов присоединения тепловых элементов;
2. исправное состояние нагревательных элементов, состояние биметаллических пластин;
3. четкость работы механизма, связанного с контактами реле, и самих контактов — отсутствие заеданий, задержек и т.п.;
4. чистоту контактов и биметаллических пластин;
5. условия охлаждения реле; отсутствие вблизи реле реостатов, нагревательных приборов, возможность обдувания от вентилятора и т.п.

При регулировке тепловых реле снимают следующие характеристики:

1. ток срабатывания в функции выдержки времени без предварительного подогрева;
2. ток срабатывания в функции выдержки времени после предварительного подогрева номинальным током.

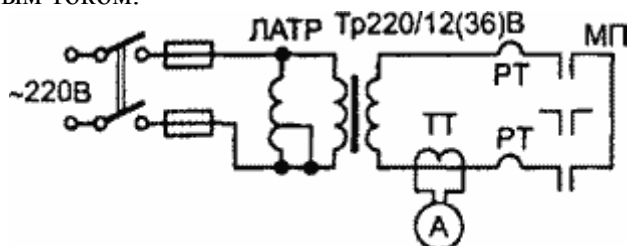


Схема испытания тепловых реле

Если испытания не дают удовлетворительных результатов, реле подвергают регулировке.

Перед подачей напряжения на тепловые элементы регулировочный рычаг реле устанавливается в среднее (нулевое) положение. Затем через реле пропускается ток номинального значения защищаемого объекта. Тепловые элементы оставляют под током в течение 2 ч. Считается, что за это время внутри реле установится постоянная температура и в течение этого времени реле не должно сработать.

По истечении 2 ч ток нагрузки поднимается до 120% номинального. При этой нагрузке реле должно сработать за время не более 20 мин. Если за это время оно не сработает, медленно перемещать регулировочный рычаг в сторону начала шкалы до момента срабатывания реле. По окончании настройки реле уставка фиксируется меткой на корпусе реле.

## 2. Практические задания

Изучить §6 учебника Атабеков В.Б. Ремонт электрооборудования промышленных предприятий.

Выписать содержание послеремонтных испытаний автоматических выключателей, контакторов и магнитных пускателей с тепловыми реле.

### Пояснение к выполнению задания

Для заполнения таблицы использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

## 3. Контрольные вопросы.

1. Какие части аппаратов наиболее подвержены износам?
2. Как обслуживают и ремонтируют контакты аппаратов?
3. Как ремонтируют электромагнитную систему?

## Практическое занятие №4

**Тема: Чтение и составление электрических схем пуска электродвигателей**

**Цель практического занятия:** систематизировать знания о способах пуска электрических двигателей, сформировать навыки чтения и составления электрических схем пуска электрических двигателей.

**Материально-техническое обеспечение занятия:**

**Дидактическое обеспечение:** электрические схемы

**Технические средства обучения:** персональный компьютер, мультимедийный проектор, демонстрационный экран

**Инструменты и оборудование:** электрические аппараты, модели электрических машин

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература:** Акимова, Н.А Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования/ Н.А.Акимова, Н.Ф.Котеленец, Н.И.Сентирюхин, М.: Издательский центр «Академия», 2013

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

При включении асинхронного двигателя в сеть переменного тока по обмоткам его статора и ротора будут проходить токи, в несколько раз больше номинальных. Это объясняется тем, что при неподвижном роторе вращающееся магнитное поле пересекает его обмотку с большой частотой, равной частоте вращения магнитного поля в пространстве, и индуцирует в этой обмотке большую эдс. Эта эдс создает большой ток в цепи ротора, что вызывает возникновение соответствующего тока и в обмотке статора.

При увеличении частоты вращения ротора скольжение уменьшается, что приводит к уменьшению эдс и тока в обмотке ротора. Это, в свою очередь, вызывает уменьшение тока в обмотке статора.

Большой пусковой ток нежелателен как для двигателя, так и для источника, от которого двигатель получает энергию. При частых пусках большой ток приводит к резкому повышению температуры обмоток двигателя, что может вызвать преждевременное старение их изоляции.

В сети при больших токах понижается напряжение, которое оказывает влияние на работу других приемников энергии, включенных в эту же сеть.

Поэтому прямой пуск двигателя непосредственным включением его в сеть допускается только в том случае, когда мощность двигателя, намного меньше мощности источника энергии, питающего сеть.

Двигатели с короткозамкнутым ротором при малой мощности их по сравнению с мощностью источника энергии пускают в ход непосредственным включением в сеть.

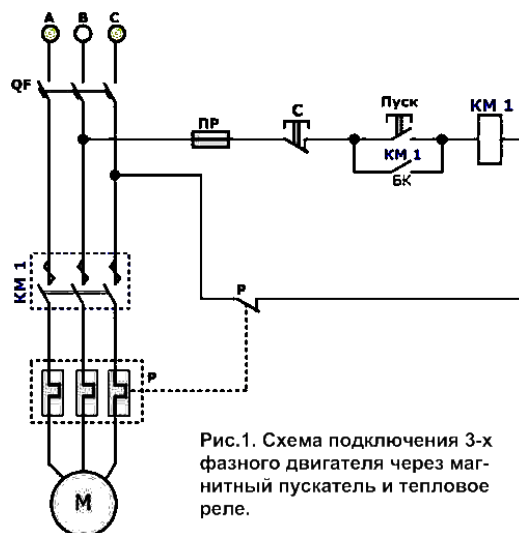


Рис.1. Схема подключения 3-х фазного двигателя через магнитный пускатель и тепловое реле.

## 2. Практические задания

На интерактивной доске выведена схема пуска электродвигателя с использованием магнитного пускателя с катушкой 380 В.

1. Необходимо объяснить принцип работы данной схемы.
2. Начертить схему включения магнитного пускателя с катушкой 220 В для управления пуском асинхронного электродвигателя.

### Пояснение к выполнению задания

Для составления схемы используйте ГОСТ 2.755-87 Обозначения условные графические в электрических схемах, ГОСТ 21.614, ГОСТ 21.608 Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах.

### 3. Контрольные вопросы.

1. Какой аппарат используют для управления пуском электродвигателей?
2. Как обозначают магнитные пускатели в схемах?
3. Как выполнить реверс электродвигателя?

## Практическое занятие № 5

**Тема:** Определение характеристик прибора по условным обозначениям на шкале

**Цель практического занятия:** систематизировать знания об устройстве электроизмерительных приборов, сформировать навыки расшифровки условных обозначений на шкалах приборов

**Материально-техническое обеспечение занятия:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты

**Технические средства обучения:** персональный компьютер, мультимедийный проектор, демонстрационный экран

**Инструменты и оборудование:** Амперметры, вольтметры, ваттметры, омметры

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература:** 1. Шишмарёв, В.Ю. Измерительная техника: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ В.Ю. Шишмарёв.- М.: Издательский центр «Академия», 2014

2. Шишмарёв, В.Ю. Электротехнические измерения: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ В.Ю. Шишмарёв.- М.: Издательский центр «Академия», 2014

**Интернет-ресурсы:** <http://elektrichestvo.net>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество


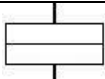

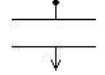
ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития


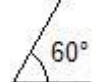
ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

1. Условные обозначения, наносимые на электроизмерительные приборы

#### Обозначения принципа действия прибора

|  |   |                        |   |
|--|---|------------------------|---|
| 1. Магнитоэлектрический с подвижной рамкой |  | 3. Электродинамический |  |
| 2. Электромагнитный                        |  | 4. Электростатический  |  |

| Обозначения тока           |   | Обозначения положения прибора                      |   |
|----------------------------|---|--|---|
| 1. Постоянный              |  | 1. Горизонтальное положение шкалы                  |  |
| 2. Переменный однофазный   |  | 2. Вертикальное положение шкалы                    |  |
| 3. Постоянный и переменный |  | 3. Наклонное положение шкалы под углом к горизонту |  |

#### Обозначения единиц измерения физических величин

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Ампер - А        | 10. Микроом – мкОм    |
| 2. Миллиампер – мА  | 11. Фарада – Ф        |
| 3. Микроампер – мкА | 12. Микрофарад – мкФ  |
| 4. Вольт – В        | 13. Нанофарад - нФ    |
| 5. Киловольт – кВ   | 14. Пикофарад – пФ    |
| 6. Милливольт – мВ  | 15. Генри – Гн        |
| 7. Ом – Ом          | 16. Миллигенри – мГн  |
| 8. Мегаом – МОм     | 17. Микрогенри – мкГн |
| 9. Килоом – кОм     | 18. Тесла – Тл        |

#### 2. Основная классификация электроизмерительных приборов

В зависимости от способа, который используется для сравнения измеряемой величины с единицей измерения, электроизмерительные приборы подразделяются на *приборы непосредственной оценки* (вольтметр) и *приборы сравнения*, служащие для сравнения измеряемой величины с известными, которые иногда монтируются в прибор (мост для измерения сопротивления).

По способу получения отсчета измерительные приборы подразделяются на *приборы с непосредственным отсчетом*, *управляемым отсчетом* и *самопишущие*.

Электроизмерительные приборы классифицируются по роду измеряемой величины: амперметр, вольтметр и т. д.

Классификация по роду тока: *приборы постоянного, переменного, постоянно–переменного тока*.

Приборы с непосредственным отсчетом, кроме того, подразделяются

1. по принципу действия в зависимости от системы: *приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, электростатической систем; цифровые и т.д.*
2. по степени точности: *приборы классов (см. ниже) точности 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 .*

#### 2. Практические задания

Каждый обучающийся получает прибор. Необходимо определить:

1. Название прибора
2. Физическую величину, которую измеряет данный прибор
3. Единицу измерения данной величины в СИ
4. Начертить и расшифровать условные знаки на шкале прибора.
5. Предел измерения прибора
6. Цену деления прибора
7. Начертить схему включения прибора для измерения

Поменяться приборами с обучающимся с соседнего ряда, повторить работу по алгоритму.

#### Пояснение к выполнению задания

Для выполнения задания использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

#### 3. Контрольные вопросы.

1. По каким признакам делятся электроизмерительные приборы?
2. Какие системы приборов вы запомнили?
3. Как обозначается на шкале горизонтальное рабочее положение прибора?



## Практическое занятие № 6

**Тема:** Расчет шунтов и дополнительных сопротивлений для расширения предела измерения

**Цель практического занятия:** сформировать знания о способах расчета шунтов и дополнительных сопротивлений, приобрести практические навыки применения формул для расчета величин сопротивлений, коэффициента расширения пределов измерений

**Материально-техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты

**Инструменты и оборудование:** магнитные пускатели; тепловые реле; автоматические выключатели; отвертки.

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература** 1. Шишмарёв, В.Ю. Измерительная техника: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ В.Ю. Шишмарёв.- М.: Издательский центр «Академия», 2014

2. Шишмарёв, В.Ю. Электротехнические измерения: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ В.Ю. Шишмарёв.- М.: Издательский центр «Академия», 2014

**Интернет-ресурсы:** <http://elektrichestvo.net>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

Для расширения пределов измерения амперметров применяются шунты. Шунт - это точно подобранное сопротивление, подключаемое к амперметру параллельно, чтобы строго определенная часть тока прошла мимо прибора. Пусть  $I_a$  - максимально возможный ток через прибор, который требуется включить в цепь с током, в  $n$  раз большим максимального,

т.е.  $I = n \cdot I_a$ . Так как  $I = I_{ш} + I_a$ , и шунт с амперметром включены параллельно, напряжения

$$\frac{I_a}{I_{ш}} = \frac{R_{ш}}{R_a}$$

на них равны. Следовательно,

$$R_{ш} = R_a \cdot \frac{I_a}{I_{ш}} = R_a \cdot \frac{I_a}{I - I_a} = R_a \cdot \frac{1}{(I/I_a) - 1} = R_a \cdot \frac{1}{n - 1}$$

Отсюда

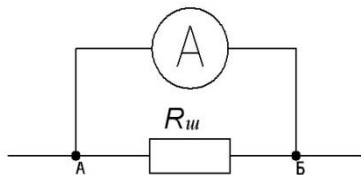


Рис. 1. Подключение шунта к амперметру

Для расширения пределов измерения вольтметров применяют дополнительные сопротивления.

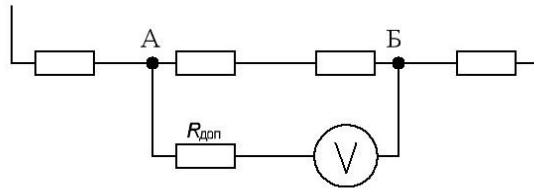


Рис. 2. Подключение вольтметра.

Пусть измеряемое напряжение  $U$  в  $n$  раз превышает то напряжения  $U_v$ , на которое рассчитан вольтметр сопротивлением  $R_v$ . Тогда, применив закон Ома для участка цепи, получим:  $U = I(R_{\text{доп}} + R_v)$ ,  $R_{\text{доп}} = \frac{U}{I} - R_v = R_v \left( \frac{U}{U_v} - 1 \right) = R_v \cdot \left( \frac{U}{U_v} - 1 \right)$ . Если  $\frac{U}{U_v} = n$ , то:  $R_{\text{доп}} = R_v(n - 1)$

## 2. Практические задания

1. Определить сопротивление шунтов, расширяющих предел измерения амперметра до  $I$ , если сопротивление вольтметра  $R_a$ , предел измерения вольтметра  $I_a$ .

|                     |       |     |    |     |     |
|---------------------|-------|-----|----|-----|-----|
| $R_a$ , Ом          | 25    | 20  | 35 | 47  | 47  |
| $I$ , А             | 0,5   | 50  | 30 | 150 | 300 |
| $I_a$ , А           | 0,005 | 0,5 | 3  | 10  | 15  |
| $R_{\text{ш}}$ , Ом |       |     |    |     |     |

2. Определить величину добавочного резистора, расширяющих предел измерения вольтметра до  $U$ , если сопротивление вольтметра  $R_v$ , предел измерения вольтметра  $I_v$ .

|            |     |      |     |     |     |
|------------|-----|------|-----|-----|-----|
| $R_v$ , Ом | 400 | 450  | 350 | 570 | 500 |
| $U$ , В    | 300 | 1000 | 150 | 600 | 800 |
| $U_v$ , В  | 50  | 300  | 30  | 250 | 350 |
| $R_d$ , Ом |     |      |     |     |     |

### Пояснение к выполнению задания

Для заполнения таблицы использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

## 3. Контрольные вопросы.

1. Какие приборы применяют для измерения силы тока?
2. Как включают в схему вольтметры?
3. Как обозначается на схемах ваттметры?

## Практическое занятие № 7

**Тема: Измерение тока и напряжения**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки составления электрических схем и измерения токов и напряжений

**Материально- техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты; виртуальная лабораторная работа «Начало электроники»

**Инструменты и оборудование:** амперметры, вольтметры, мультиметры

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература:** Литература 1. Шишмарёв, В.Ю. Измерительная техника: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ В.Ю. Шишмарёв.- М.: Издательский центр «Академия», 2014

2. Шишмарёв, В.Ю. Электротехнические измерения: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ В.Ю. Шишмарёв.- М.: Издательский центр «Академия», 2014

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

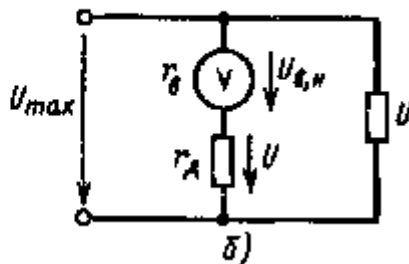
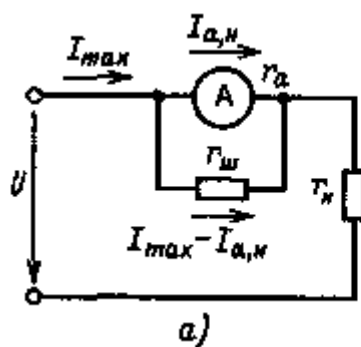
ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

*Измерение тока.* Для измерения тока в какой-либо цепи последовательно в цепь включают амперметр. В установках постоянного тока для этой цели применяются главным образом приборы магнитоэлектрической системы и реже — приборы электромагнитной системы. В установках переменного тока используются преимущественно амперметры электромагнитной системы. Для уменьшения погрешности измерения необходимо, чтобы сопротивление амперметра (или полное сопротивление амперметра и шунта) было на два порядка меньше сопротивления любого элемента измеряемой цепи.

Для расширения предела измерения амперметра (в  $k$  раз) в цепях постоянного тока служат шунты-резисторы, включаемые параллельно амперметру (рис. 7.10, а).



Схемы присоединения шунта к амперметру (а) и добавочного резистора к вольтметру (б)

Сопротивление шунта определяется из соотношения

$$r_{ш}(I_{max} - I_{a,n}) = r_a I_{a,n},$$

где  $I_{max}$  — наибольшее значение тока в контролируемой цепи (предел измерения тока амперметром при наличии шунта);  $I_{a,n}$  — предельное (номинальное) значение тока прибора при отсутствии шунта.

$$\text{Отсюда } r_{ш} = r_a \frac{I_{a,n}}{I_{max} - I_{a,n}}.$$

Значение тока  $I$  в контролируемой цепи при существующей нагрузке определяется из соотношения

$$\frac{I}{I_a} = \frac{I_{max}}{I_{a,n}} = \frac{r_a + r_{ш}}{r_{ш}} = k,$$

где  $I_a$  — показание амперметра.

Шкалу амперметра часто градуируют с учетом включенного шунта; тогда значение измеряемого тока  $I$  отсчитывается непосредственно по шкале прибора.

В цепях переменного тока для расширения пределов измерения амперметров используют трансформаторы тока.

*Измерение напряжения.* Для измерения значения напряжения на каком-либо элементе электрической цепи (генераторе, трансформаторе, нагрузке) к выводам элемента присоединяют вольтметр. Для уменьшения погрешности измерения необходимо, чтобы сопротивление вольтметра (или общее сопротивление вольтметра и добавочного резистора) было на два порядка больше сопротивления любого элемента измеряемой цепи.

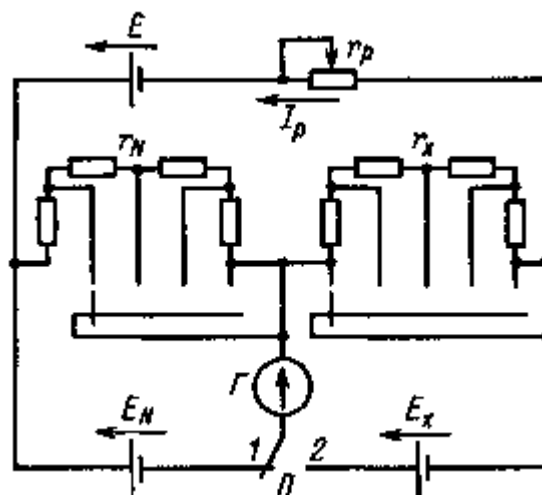


Схема компенсатора

Для расширения предела измерения вольтметра (в  $k$ раз) в цепях напряжением до 500 В обычно применяют добавочные резисторы, включаемые последовательно с обмоткой вольтметра.

Сопротивление добавочного резистора,  $r_d$  определяют из соотношения

$$\frac{r_d + r_B}{r_B} = \frac{U_{\max}}{U_{B,H}}.$$

где  $U_{\max}$  — наибольшее значение измеряемого напряжения (предел измерения напряжения вольтметром при наличии добавочного резистора);  $U_{B,H}$  — предельное (номинальное) значение напряжения прибора при отсутствии добавочного резистора.

Отсюда

$$r_d = r_B \frac{U_{\max} - U_{B,H}}{U_{B,H}}.$$

Значение фактически измеряемого напряжения  $U$  определяется из соотношения

$$\frac{U}{U_B} = \frac{U_{\max}}{U_{B,H}} = \frac{r_d + r_B}{r_B} = k, \quad U = kU_B,$$

где  $U_B$  — показание вольтметра.

Шкалу вольтметра градуируют с учетом включенного добавочного резистора.

В цепях переменного тока высокого напряжения для расширения пределов измерения вольтметров применяют трансформаторы напряжения.

## 2. Практические задания

1. Соберите на монтажном столе схему, содержащую источник постоянного тока, ключ, резистор, лампочку. (Резистор и лампу включите параллельно)

2. Измерьте с помощью мультиметра силу тока и напряжение на лампочке и на резисторе, при замкнутом ключе. Запишите данные в отчет.

3. Определите силу тока до разветвления цепи. Вычислите мощность резистора и лампы.

4. Светится ли лампочка в собранной Вами схеме? Почему? (Напоминаем, что в данной лабораторной работе есть возможность проверки и изменения параметров элементов электрической цепи). Запишите характеристики элементов схемы.

5. Измените параметры одного или нескольких элементов цепи так, чтобы лампочка стала светить. Повторите измерение тока и напряжения. Запишите новые характеристики элементов цепи.

6. Сделайте вывод.

### Пояснение к выполнению задания

Для выполнения задания использовать текст инструкционной карты и рекомендованную литературу.

### 3. Контрольные вопросы.

1. Назовите единицы измерения напряжения, тока, сопротивления?
2. Что такое мультиметр?
3. Как измерить напряжение с помощью мультиметра?

## Практическое занятие № 8

**Тема: Выполнение подключений двигателей по схемам «звезда» и «треугольник»**

**Цель практического занятия:** сформировать знания о схемах соединения обмоток электродвигателей и правилах подключения выводов обмоток, приобрести практические навыки чтения и составления электрических схем соединения обмоток электродвигателей

**Материально-техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** Презентация «Порядок подключения асинхронных двигателей»

**Инструменты и оборудование:** макеты электрических машин

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература:** Сибикин, Ю.Д. Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2 кн. Кн. 2: учебник для учреждений нач. проф. образования/ Ю.Д. Сибикин. - М.: Издательский центр «Академия», 2013

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

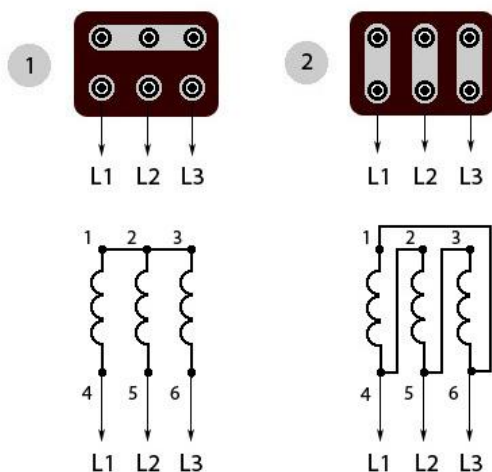
### 1. Теоретическое введение

Существует два основных способа подключения трёхфазных электродвигателей: подключение звезда и подключение треугольник.

При соединении трёхфазного электродвигателя звездой концы его статорных обмоток сводятся вместе, соединяясь в одной точке, а на начала обмоток подаётся питание (рис 1).

При соединении трёхфазного электродвигателя треугольником обмотки статора соединяются последовательно – конец одной обмотки соединён с началом следующей (рис 2).

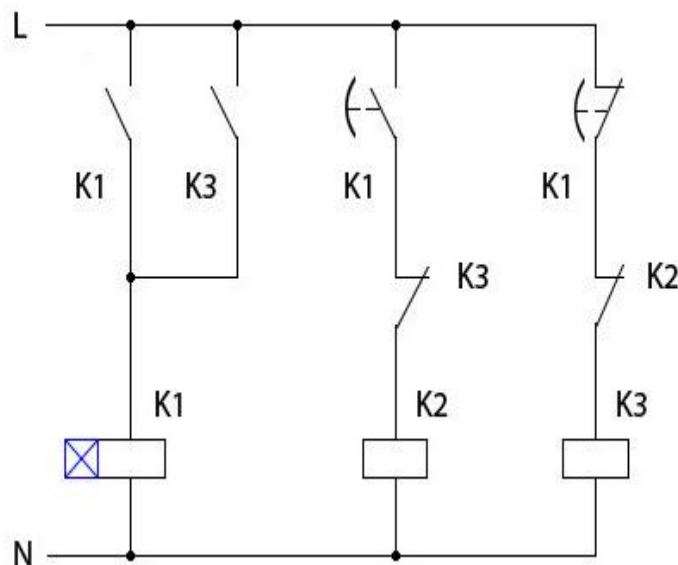
Клеммные колодки электродвигателей и схемы соединения обмоток:



Электродвигатели с обмотками, соединёнными звездой работают намного мягче, чем с соединением обмоток в треугольник, однако при соединении обмоток звездой двигатель не способен развить полную мощность.

При соединении обмоток треугольником двигатель работает на полную паспортную мощность (примерно 1,5 раз больше, чем при соединении звездой), но имеет очень большие значения пусковых токов.

Поэтому целесообразно (особенно для электродвигателей большой мощности) подключение по схеме типа звезда – треугольник; запуск осуществляется по схеме звезда, после чего (когда электродвигатель «набрал обороты»), происходит автоматическое переключение на схему треугольник.  
Схема управления:



Подключение оперативного напряжения через контакт NC (нормально закрытый) реле времени K1 и контакт NC K2, в цепи катушки пускателя K3.

Включение пускателя K3, размыкает контакт K3 в цепи катушки пускателя K2 (блокировка случайного включения) и замыкает контакт K3, в цепи катушки магнитного пускателя K1 – он совмещен с контактами реле времени.

При включении пускателя K1 замыкается контакт K1 в цепи катушки магнитного пускателя K1 и одновременно включается реле времени, размыкается контакт реле времени K1 в цепи катушки пускателя K3, замыкает контакт реле времени K1 в цепи катушки пускателя K2.

Отключение пускателя K3, замыкается контакт K3 в цепи катушки магнитного пускателя K2. Включение пускателя K2, размыкает контакт K2 в цепи катушки пускателя K3.

## 2. Практические задания

Изучить содержание презентации.

1. По слайду 2: определить типы асинхронных электродвигателей и узлов асинхронных машин.
2. Начертить схемы соединения обмоток «звездой» и «треугольником» и порядок присоединения выводов обмоток на доске зажимов.
3. Записать: как выбирается схема соединений

### Пояснение к выполнению задания

Для выполнения работы использовать ГОСТ 2.755-87 Обозначения условные графические в электрических схемах, ГОСТ 21.614, ГОСТ 21.608 Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах.

## 3. Контрольные вопросы.

- 1) Какое напряжение используется в схемах?
- 2) Какие источники света использованы в каждой из схем?
- 3) Что требуется для начала свечения люминесцентной лампы?

## Практическое занятие № 9

**Тема: Сравнение возможных схем торможения асинхронных двигателей**

**Цель практического занятия:** сформировать знания о способах торможения асинхронных двигателей и их применении, приобрести практические навыки сравнения электрических схем торможения асинхронных двигателей

**Материально-техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты

**Инструменты и оборудование:** магнитные пускатели; тепловые реле; электрические двигатели

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература:** Кацман М.М. Электрические машины. М.: Издательский центр «Академия», 2011

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

**Материально-техническое оснащение:**

1. Электрические схемы осветительных электроустановок

**Рекомендуемая литература:**

### 1. Теоретическое введение

Все способы торможения электродвигателей можно разделить на два основных вида: механическое и электрическое.

При механическом торможении кинетическая энергия преобразуется в тепловую, за счет которой происходит нагрев трущихся и прилегающих к ним частей механического тормоза.

При электрическом торможении кинетическая энергия преобразуется в электрическую и в зависимости от способа торможения двигателя либо отдается в сеть, либо преобразуется в тепловую энергию, идущую на нагрев обмоток двигателя и реостатов.

Наиболее совершенными считают такие схемы торможения, при которых механические напряжения в элементах электродвигателя незначительны

*Схемы динамического торможения асинхронных двигателей*

Для управления моментом при динамическом торможении асинхронным двигателем с фазным ротором по программе с заданием времени используются узлы схем, приведенные на рис. 1, из которых схема рис. 1, а применяется при наличии сети постоянного тока, а схема рис. 1, б — при отсутствии ее.

В качестве тормозных резисторов в роторе используются пусковые резисторы R1, включение которых в режиме динамического торможения производится отключением контакторов ускорения, показанных в рассматриваемых узлах схем условно в виде одного контактора КМ3, команда на отключение которого подается блокировочным контактом линейного контактора КМ1.

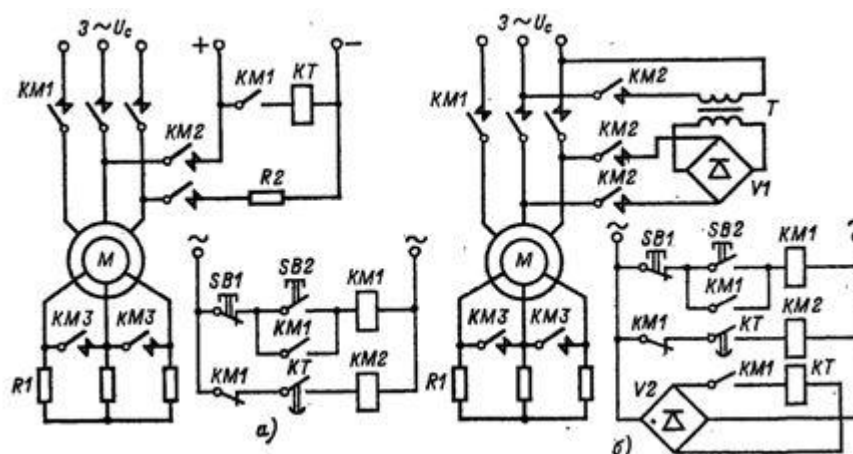


Рис. 1 Схемы управления динамическим торможением асинхронных двигателей с фазным ротором с заданием времени при наличии и отсутствии сети постоянного тока

Эквивалентное значение постоянного тока в обмотке статора при торможении обеспечивается в схеме рис. 1, а дополнительным резистором  $R_2$ , а в схеме рис. 1, б соответствующим выбором коэффициента трансформации трансформатора  $T$ .

Контактор торможения  $KM_2$  может быть выбран как на постоянном, так и на переменном токе в зависимости от требуемого числа включений в час и использования пусковой аппаратуры.

Приведенные на рис. 1 схемы управления могут использоваться для управления режимом динамического торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Для этого обычно используется схема с трансформатором и выпрямителем, приведенная на рис. 1, б.

#### Схемы торможения противовключением асинхронных двигателей

При управлении моментом при торможении противовключением асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с контролем скорости применяется узел схемы, приведенный на рис. 2.

В качестве реле противовключения используется реле контроля скорости  $SR$ , укрепляемое на двигателе. Реле настраивается на напряжение отпадения, соответствующее скорости, близкой к нулю и равной (0,1 - 0,2)  $\omega_{уст}$ .

Схема используется для остановки двигателя с торможением противовключением в реверсивной (рис. 2, а) и в нереверсивной (рис. 2, б) схемах. Команда  $SR$  используется для отключения контакторов  $KM_2$  или  $KM_3$  и  $KM_4$ , отключающих обмотку статора от напряжения сети при скорости двигателя, близкой к нулю. При реверсировании двигателя команды  $SR$  не используются.

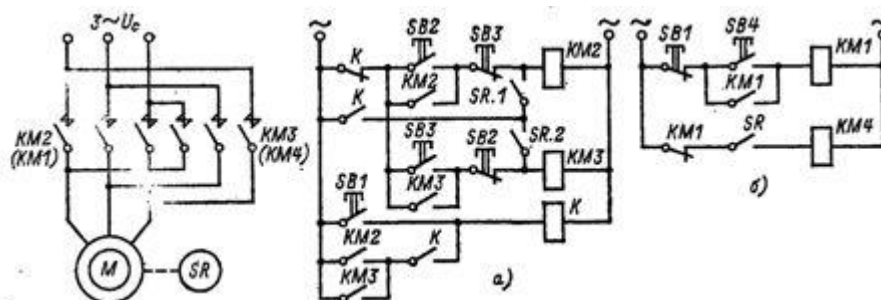


Рис. 2 Узлы схемы управления торможения противовключением асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с контролем скорости при остановке в реверсивной и нереверсивной схемах

Узел управления асинхронным двигателем с фазным ротором в режиме торможения противовключением с одной ступенью, состоящей из  $R_1$  и  $R_2$ , приведен на рис. 3. Управляющее реле противовключения  $KV$ , в качестве которого применяется, например, реле напряжения постоянного тока типа РЭВ301, которое подключено к двум фазам ротора через выпрямитель  $V$ . Реле настраивается на напряжение отпадения.



Часто для настройки реле KV используется дополнительный резистор R3. Схема в основном применяется при реверсировании АД со схемой управления, приведенной на рис. 3, а, но может использоваться и при остановке в нереверсивной схеме управления, приведенной на рис. 3, б.

При пуске двигателя реле противовключения KV не включается и ступень противовключения резистора ротора R1 выводится сразу после подачи управляющей команды на пуск.

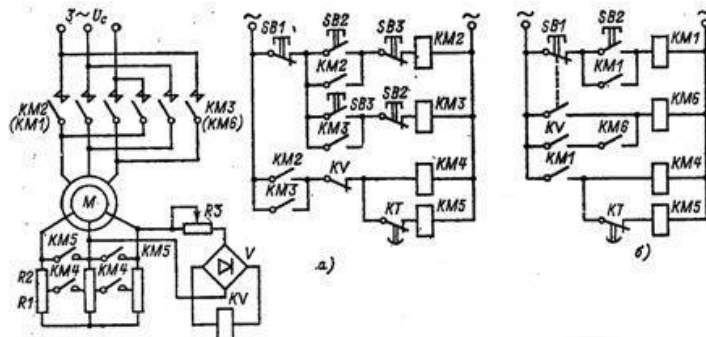


Рис. 3. Узлы схем управления торможением противовключением асинхронных двигателей с фазным ротором с контролем скорости при реверсе и остановке

В режиме противовключения после подачи команды на реверс (рис. 3, а) или остановку (рис. 3, б) скольжение электродвигателя повышается и происходит включение реле KV.

Реле KV отключает контакторы KM4 и KM5 и тем самым вводит полное сопротивление R1 + R2 ротор двигателя.

В конце процесса торможения при скорости асинхронного двигателя, близкой к нулю и составляющей примерно 10 - 20 % установившейся начальной скорости  $\omega_{пер} = (0,1 - 0,2) \omega_{уст}$ , реле KV отключается, обеспечивая команду на отключение ступени противовключения R1 с помощью контактора KM4 и на реверсирование электродвигателя в реверсивной схеме или команду на остановку электродвигателя в нереверсивной схеме.

В приведенных схемах в качестве управляющего устройства может применяться командоконтроллер и другие аппараты.

## 2. Практические задания

### 1 задание

Составить электрическую принципиальную схему, содержащую: 2 лампы накаливания, предохранитель, двухполюсный выключатель и штепсельную розетку.

### 2 задание

Составить монтажную электрическую схему, соответствующую начерченной принципиальной схеме.

### 3 задание

Составить однолинейную электрическую схему, соответствующую начерченной принципиальной схеме.

### Пояснение к выполнению задания

Для выполнения работы использовать ГОСТ 2.755-87 Обозначения условные графические в электрических схемах, ГОСТ 21.614, ГОСТ 21.608 Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах.

## 3. Контрольные вопросы.

1. Какая из схем: принципиальная, монтажная или однолинейная показывает все провода, которые устанавливаются при монтаже осветительной электроустановки?
2. Для чего предназначен предохранитель в электрической схеме?
3. Назовите условно- буквенные обозначения выключателя, предохранителя, лампы сигнальной, лампы осветительной.

## Практическое занятие № 10

**Тема:** Составление сравнительной таблицы машин постоянного и переменного тока

**Цель практического занятия:** систематизировать знания об устройстве электрических машин постоянного и переменного тока, приобрести практические навыки составления сравнительной таблицы электрических машин

**Материально-техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты

**Инструменты и оборудование:** магнитные пускатели; тепловые реле; автоматические выключатели; отвертки.

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература** Сибикин, Ю.Д. Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2 кн. Кн. 2: учебник для учреждений нач. проф. образования/ Ю.Д. Сибикин. - М.: Издательский центр «Академия», 2013

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

Машины переменного тока по количеству фаз делятся на много фазные и однофазные. Наиболее часто машины выполняются трехфазными в соответствии с применяемой в энергетических установках системой трехфазного тока. Для автоматических устройств и для бытовых электроприборов применяются двухфазные машины и иногда однофазные. В основе работы многофазных машин и некоторых однофазных лежит образование вращающегося магнитного поля.

Каждая машина переменного тока, так же как машина постоянного тока, состоит из статора и ротора. По способу образования магнитного поля статора и ротора машины переменного тока делятся на две группы: асинхронные и синхронные.

*А. Асинхронная машина.* Асинхронной машиной называется машина переменного тока, у которой скорость вращения ротора зависит от нагрузки. Магнитное поле в асинхронной машине создается переменным током обмоток статора и ротора. Скорость вращения ротора отличается от скорости вращения поля.

Асинхронные машины делятся на бесколлекторные и коллекторные. Бесколлекторные асинхронные машины являются наиболее распространенными электрическими машинами в народном хозяйстве и применяются главным образом в качестве двигателей. Коллекторные асинхронные машины имеют большее разнообразие характеристик по сравнению с бесколлекторными, используются также в качестве двигателей, но имеют ограниченное применение.

Основным типом асинхронной бесколлекторной машины является трехфазный двигатель в двух главных исполнениях: двигатель с фазной обмоткой ротора и двигатель с короткозамкнутой обмоткой ротора. Конструктивные схемы этих машин показаны на рис. 1, где 1 — сердечник статора, собранный из листовой электротехнической стали, 2 — трехфазная обмотка статора, включаемая в сеть переменного тока, 3 — сердечник ротора, 4 — фазная обмотка ротора, 5 — контактные кольца для соединения с пусковым или регулировочным реостатом, 6 — короткозамкнутая обмотка ротора.

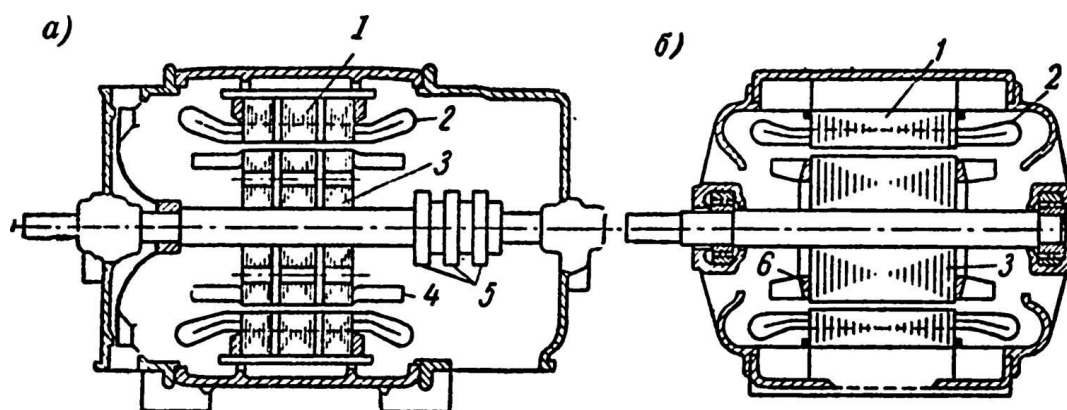


Рис. 1. Конструктивная схема трехфазного асинхронного двигателя: а — с фазной обмоткой ротора, б — с короткозамкнутой обмоткой ротора

Б. *Синхронная машина*. Синхронной машиной называется такая машина переменного тока, скорость вращения ротора которой равна скорости вращения первой гармоники поля статора и определяется

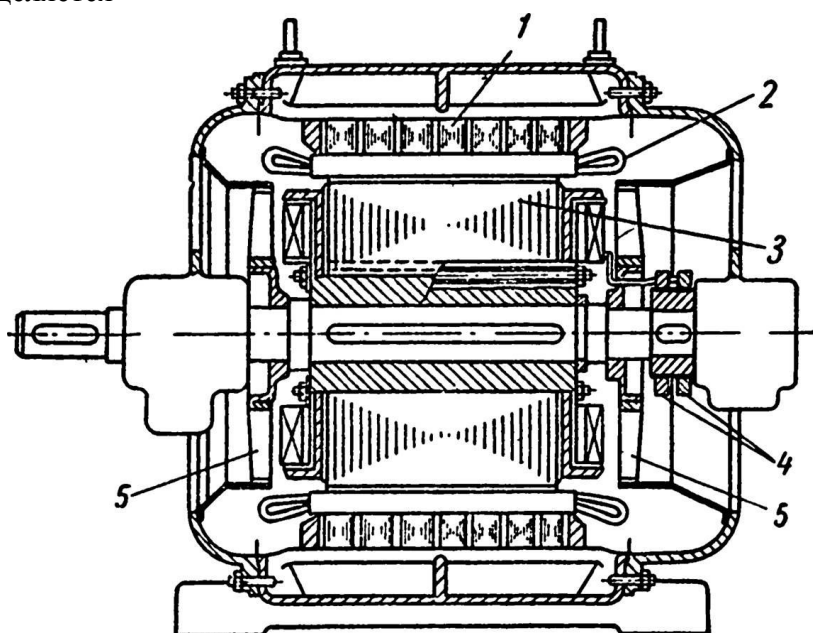


Рис. 2. Конструктивная схема трехфазного синхронного генератора

$n = 60f/p$ . частотой  $f$  переменного тока в обмотке статора и количеством пар полюсов машины (1)

Как правило, магнитное поле в синхронной машине создается обмоткой постоянного тока ротора и обмоткой переменного тока статора. В синхронных машинах малой мощности вместо обмотки постоянного тока на роторе используются постоянные магниты (магнитоэлектрические синхронные машины) или же магнитное поле создается только переменным током обмотки статора (реактивные синхронные машины). Синхронные машины широко применяются в качестве генераторов трехфазного переменного тока на электростанциях и используются также в качестве электродвигателей.

На рис. 2 изображена конструктивная схема трехфазной синхронной машины. Здесь 1 — сердечник статора, 2 — трехфазная обмотка статора, 3 — полюсы ротора с обмоткой постоянного тока, 4 — кольца для соединения обмотки ротора с источником постоянного тока, 5 — вентиляторы.

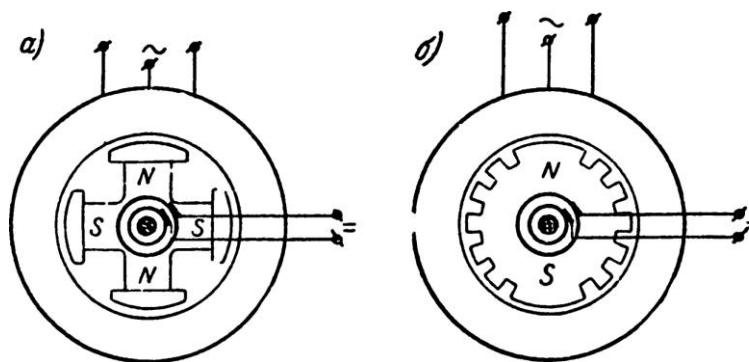


Рис. 3. Основные типы синхронных машин: а — с явнополюсным ротором, б — с неявнополюсным ротором

По устройству ротора различают два типа синхронной машины: машина с явнополюсным ротором, в которой катушки обмотки постоянного тока размещены на выступающих полюсах (рис. 3,а) и машина с неявнополюсным ротором, в котором распределенная обмотка постоянного тока уложена в пазы ротора (рис. 3,б).

Явнополюсная синхронная машина изготавливается для скорости вращения до 1500 об/мин и используется в качестве генератора или двигателя. Наиболее крупные синхронные машины устанавливаются на гидроэлектростанциях и приводятся во вращение водяными турбинами со скоростью до 300 об/мин.

Неявнополюсная синхронная машина используется в основном как генератор на тепловых электростанциях и приводится во вращение паровой турбиной со скоростью обычно 3000 об/мин (при частоте 50 Гц).

*В Машины постоянного тока. Электродвигатели и генераторы.*

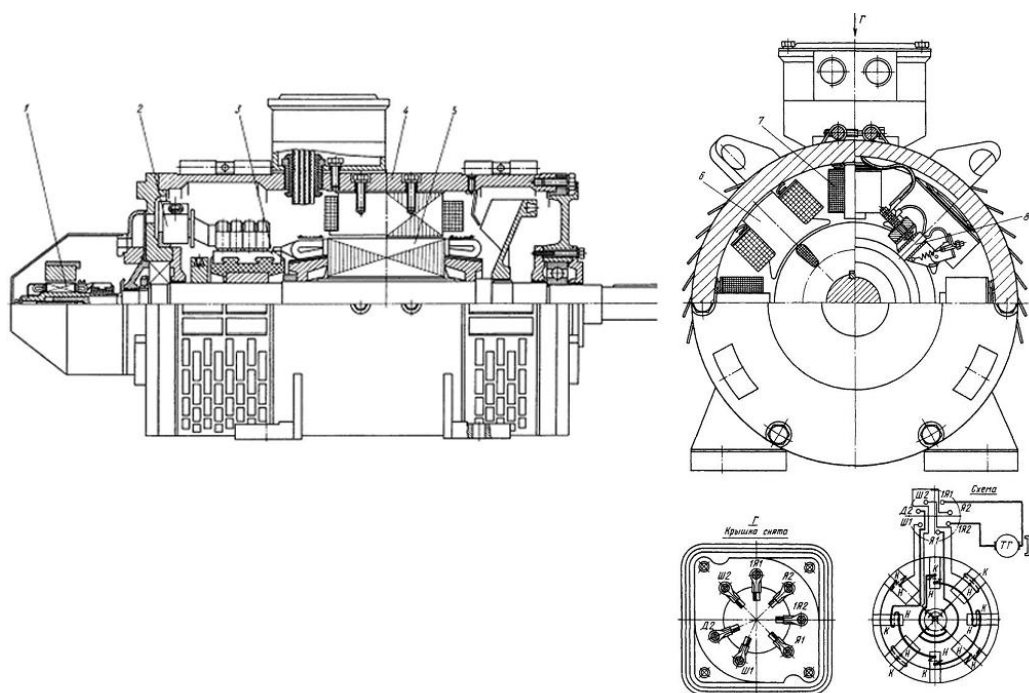
#### 1. Особенности коллекторных машин постоянного тока

Коллекторные машины — это в основном машины постоянного тока. Они выпускаются мощностью от долей ватта до десятков тысяч киловатт. Коллекторные машины переменного тока находят применение в качестве приводных двигателей лишь для узкого круга специальных механизмов небольшой мощности, например как приводы некоторых бытовых приборов, электрифицированного ручного инструмента, медицинского оборудования, т. е. в тех случаях, когда для питания двигателей используется однофазный и реже трехфазный переменный ток, а характеристики асинхронных машин не удовлетворяют требованиям приводного механизма.

Коллекторные машины постоянного тока используются как двигатели и как генераторы. В промышленности более распространены двигатели, что объясняется все возрастающим применением различных статических выпрямителей, обеспечивающих промышленные установки энергией постоянного тока.

Широкое распространение электродвигателей постоянного тока несмотря на их более высокую стоимость и сложность эксплуатации по сравнению с асинхронными двигателями, объясняется в первую очередь простыми и надежными способами регулирования частоты вращения, большими пусковыми моментами и перегрузочной способностью, чем у двигателей переменного тока. Наибольшее распространение двигатели постоянного тока получили в приводах, требующих глубокого регулирования частоты вращения (металлургическая промышленность, транспорт и т. п.).

#### 2. Основные элементы конструкции машин постоянного тока



Двигатель постоянного тока серии 2П:

1 — тахогенератор; 2 — траверса; 3 — коллектор; 4 — станина; 5 — якорь; 6 — главный полюс; 7 — добавочный полюс;

## 2. Практические задания

1 задание. Составить сравнительную таблицу:

| Электрические машины                          |                               |                     |                   |  |
|---|-------------------------------|---------------------|-------------------|--|
|   | Переменного тока              |                     |                   | Постоянного тока<br>(двигатели и генераторы) |
|   | АД с короткозамкнутым ротором | АД с фазным ротором | Синхронная машина |  |
| Узлы, одинаковые для всех электрических машин |                               |                     |                   |  |
| Узлы, характерные только данному типу машин   |                               |                     |                   |  |

2 задание. Составьте перечень ремонтных работ для одного из типов электрических машин.

### Пояснение к выполнению задания

Для выполнения практического задания использовать рекомендованную литературу.

## 3. Контрольные вопросы.

1. Назовите устройство, воспринимающее нагрузку от вала и облегчающее вращение ротора электрических машин?
2. Для чего применяют коллекторы? У какого типа машин есть данный узел?
3. Какое напряжение применяют для синхронных электрических машин?

## Практическое занятие №11

**Тема: Разработка и проведение испытаний электрических машин после ремонта**

**Цель практического занятия:** систематизировать знания о содержании, порядке выполнения испытаний, измерительных приборах для испытаний, приобрести практические навыки разработки и проведения испытаний электрических машин

**Материально-техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты

**Инструменты и оборудование:** мегомметры

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература:** Акимов, Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования/ Н.А.Акимов, Н.Ф.Котеленец, Н.И.Сентирюхин, М.: Издательский центр «Академия», 2013

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

#### МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА.

*Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками.* Измерение сопротивления изоляции обмоток производят до начала испытания машины при температуре обмотки, равной температуре окружающей среды.

Для измерения сопротивления изоляции применяются мегомметры на 500 в для электрических машин с номинальным напряжением до 500 в включительно и мегомметры на 1000 в для электрических машин с номинальным напряжением свыше 500 вольт. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками производят поочередно для каждой независимой электрической цепи при соединении всех прочих цепей с корпусом машины.

*Измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии.* Под практически холодным состоянием электрической машины понимается температура любой ее части, отличающаяся от температуры окружающей среды не более чем на  $+3^{\circ}$ .

Измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии может производиться одним из следующих методов:

- а) вольтметра и амперметра;
- б) одинарным или двойным мостом.

При измерении сопротивления одинарным мостом к измеряемому сопротивлению обмотки прибавляется сопротивление соединительных проводов и контактов. Во избежание получения большой погрешности применять его для измерения сопротивлений, меньших 1 ом, не допускается. Измерения двойным мостом такого недостатка не имеют.

Во избежание нагрева обмоток при испытаниях не следует принимать величину измерительного тока больше 15—20% номинального тока данной обмотки, а длительность его протекания — более 1 мин. Измерение сопротивления производят непосредственно на выводах обмоток.

*Испытание машин при повышенной скорости вращения.* Испытание производится с целью определения прочности электрической машины при аварийном повышении скорости

вращения. Испытание при повышенной скорости вращения проводят как в режиме генератора, так и в режиме двигателя.

Многоскоростные электрические машины испытываются при повышенной скорости вращения на наибольшей номинальной скорости.

При испытании скорость вращения плавно повышается до испытательной и выдерживается при ней в течение 2 мин, а затем плавно понижается до полной остановки машины.

Испытательные скорости вращения:

а) у электродвигателей переменного и постоянного тока с последовательным возбуждением на 20% больше наибольшей, указанной на щитке электродвигателя, но не ниже полуторной номинальной;

б) у электродвигателей с регулировкой скорости вращения на 20% больше наибольшей, указанной на щитке электродвигателя;

в) у всех остальных электрических машин на 20% больше номинальной.

Повышение скорости вращения испытуемой машины, работающей в режиме генератора, производится путем соответствующего повышения скорости вращения приводного двигателя.

При работе электрической машины в режиме двигателя скорость вращения у бесколлекторных машин переменного тока увеличивается за счет повышения частоты тока питания.

После испытания необходимо тщательно осмотреть вращающиеся части машины, которые не должны иметь повреждений и остаточных деформаций.

У машин, имеющих коллекторы или контактные кольца, рекомендуется измерять биение этих узлов до и после испытания.

*Испытание изоляции обмоток на электрическую прочность относительно корпуса машины, между обмотками и между витками.* Испытание изоляции обмоток электрической машины производится практически синусоидальным напряжением с частотой 50 Гц, т. е. таким напряжением, у которого коэффициент искажения синусоидальной кривой не превышает 5%.

Величина испытательного напряжения устанавливается в зависимости от типа, мощности и номинального напряжения машины. Оно колеблется от 500 до 8000 В (для высоковольтных машин), что превышает номинальное напряжение в 3 - 10 раз.

Испытательное напряжение должно прикладываться плавно или ступенями, не превышающими 5% его окончательного значения. Согласно стандарту испытание должно начинаться с напряжения, не превышающего одну треть испытательного напряжения, при этом время, допускаемое для его подъема от половинного до полного значения, должно быть не менее 10 сек.

Полное испытательное напряжение выдерживают в течение 1 мин, после чего плавно снижают до одной трети его значения, а затем отключают.

Стандартом для машин мощностью до 10 кВт включительно на номинальные напряжения до 525 В допускается заменять вышеуказанное испытание испытанием в течение 1 сек при напряжении, повышенном на 20% против принятого для обычного испытания.

Испытанию изоляции относительно корпуса подвергают поочередно каждую электрически независимую цепь. Для этого один из выводов источника напряжения подключают к выводу испытуемой обмотки, а второй — к корпусу машины, который должен быть надежно заземлен, и к нему на время испытания должны быть при-соединены все остальные обмотки машины. Годной считается обмотка, у которой при испытании не произошло пробоя изоляции или перекрытия ее скользящими разрядами.

*Электрическая прочность изоляции обмотки между смежными витками* испытывается повышенным напряжением, при приложении которого изоляция должна выдержать испытание в течение 5 минут.

Испытание производят при холостом ходе машины путем повышения подводимого (при испытании в режиме электродвигателя) или генерируемого (при испытании в режиме генератора) напряжения на 30% сверх номинального напряжения.

Для электрических машин постоянного тока с числом полюсов более четырех испытательное напряжение определяется исходя из среднего напряжения между смежными коллекторными пластинами, равного 24 в.

Межвитковая изоляция трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором испытывается при неподвижном и разомкнутом роторе, а у двигателя с короткозамкнутым ротором — при холостом ходе.

## **2. Практические задания**

**1 задание.** Составьте таблицу:

| Наименование испытания | Условия проведения испытаний | Приборы, приспособления при испытаниях |
|------------------------|------------------------------|--|
|                        |                              |  |
|                        |                              |  |

**2 задание.**

Определите сопротивление изоляции электродвигателей, сопротивление обмоток электродвигателей, определите целостность обмоток электродвигателей.

### **Пояснение к выполнению задания**

Для выполнения задания 1 используйте инструкционные карты и предложенную литературу.

Выполнение задания 2 нужно выполнить в электромонтажной мастерской.

## **3. Контрольные вопросы.**

1. Что можно определить по сопротивлению изоляции?
2. Что можно определить по сопротивлению обмоток?
3. Как выполняют механические испытания?

## **Практическое занятие № 12**

**Тема:** Разработка типовой инструкции по безопасности труда при обслуживании и ремонте электрических машин

**Цель практического занятия:** сформировать знания о содержании, порядке составления инструкций по безопасности труда, приобрести навыки составления инструкций

**Материально- техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты

**Инструменты и оборудование:** макеты электрических машин

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература** Сибикин Ю.Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий- М.: Издательский центр «Академия», 2008

**Интернет-ресурсы:** <http://electrono.ru>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### **1. Теоретическое введение**

*Требования безопасности и охрана труда при ремонте трансформаторов.*

Требования безопасности, в том числе пожарной безопасности, должны соответствовать ГОСТ 11677-85 и СО 34.46.605-2005.

При ремонте трансформаторов следует пользоваться лесами, подмостями и лестницами, устройство которых должно отвечать требованиям правил техники безопасности.



Не разрешается производить работы на лесах и подмостях, выполненных из ящиков, бочек или других предметов, не предназначенных для этой цели.

Ежедневный осмотр лесов следует производить перед началом работ ответственным руководителем работ с записью результатов в журнале.

При работе на лестницах не разрешается применять механизированный инструмент (электродрели, пневматические и электрические молотки, гайковерты и др.). Приставные лестницы следует ставить при работе под углом приблизительно  $60^\circ$  к горизонту. Высота лестницы должна быть не более 5 м.

Лестницы, устанавливаемые на гладких поверхностях, должны иметь основания, обитые резиной, а лестницы, устанавливаемые на земле - острые металлические наконечники.

При работе на высоте необходимо пользоваться предохранительными поясами.

Применяемый слесарный и электрический инструменты должны отвечать требованиям правил техники безопасности.

Инструменты необходимо хранить только в инструментальных ящиках.

Токоведущие части электрических инструментов должны быть изолированы и закрыты. При работе корпус инструмента необходимо заземлять. Работать электроинструментом разрешается только в резиновых перчатках.

При работах внутри бака и на активной части трансформатора разрешается пользоваться переносными лампами на напряжение 12-36 В, защищенными металлической сеткой.

При сушке трансформаторов необходимо строго соблюдать все правила пожарной безопасности и правила техники безопасности при производстве работ.

Зону сушки следует оградить, чтобы исключить возможность прикосновения людей к намагничивающей обмотке, бак трансформатора должен быть заземлен.

Получить разрешение местных органов пожарного надзора.

Рядом с баком трансформатора должен быть установлен противопожарный пост, оборудованный всеми необходимыми средствами тушения пожара и телефоном.

Запрещается применять для утепления бака при сушке легковоспламеняющиеся вещества (паклю, бумагу и т.п.).

Во время сушки трансформатора необходимо установить круглосуточное дежурство ремонтного персонала. Дежурные по сушке инструктируются представителем местной пожарной охраны.

При производстве такелажных работ необходимо знать массу перемещаемых грузов. При подъеме грузов угол наклона стропов к вертикали не должен превышать  $30^\circ$ , если угол наклона к вертикали больше  $30^\circ$ , необходимо применять специальные траверсы.

При подъеме активной части трансформатора стропы должны быть защищены в местах острых углов подкладками из дерева или выгнутой листовой стали толщиной 3-4 мм.

Все промасленные салфетки и другие обтирочные материалы необходимо хранить в специальных железных ящиках и удалять их с ремонтной площадки в конце смены.

Приведенные в данном разделе указания являются дополнением к общим действующим правилам и инструкциям: "Межотраслевым правилам по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок" РД 153-34.0-03.150-00, утвержденным приказом Минэнерго России от 27.12.2000 г. № 163 и согласованным с Госэнергонадзором Минэнерго России 22.12.2000г.; "Правилам по охране труда на предприятиях и в организациях машиностроения" ПОТ РО 14000-001-98, утвержденным Департаментом экономики машиностроения Министерства экономики Российской Федерации 12 марта 1998г.; "Правилам пожарной безопасности для электроэнергетических предприятий" РД 34.03.301-97, а также ряда других нормативных документов, утвержденных постановлениями Министерства труда и социального развития Российской Федерации, РАО "ЕЭС России" и Госгортехнадзора России, которыми необходимо руководствоваться при подготовке к ремонту, ремонте и испытаниям трансформаторов и комплектующих узлов.

### **Практические задания**

Составить инструкцию по безопасности труда при эксплуатации и ремонте электрических машин по плану:

1. Требования к обслуживающему и ремонтному персоналу
2. Требования к рабочему месту
3. Требования безопасности при обслуживании электрических машин:
  - перед началом работы
  - во время работы
  - по окончании работы.

### **Пояснение к выполнению задания**

Для составления инструкции использовать данные из рекомендованной литературы.

### **3. Контрольные вопросы.**

1. Какие производственные факторы называют опасными? Вредными?
2. Назовите вредные и опасные факторы, которые присутствуют при обслуживании и ремонте электрических машин?

## **Практическое занятие № 13**

**Тема: Исследование узлов силовых трансформаторов**

**Цель практического занятия:** приобрести практические исследования узлов силовых трансформаторов

**Материально-техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** Электронные пособия- модули ОМС «Устройство трансформатора, его классификация и основные параметры» (практический), «Трехфазный трансформатор» (информационный), «Трехфазный трансформатор» (контроль)

**Инструменты и оборудование:** макет трехфазного трансформатора

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература** Сибикин, Ю.Д. Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2 кн. Кн. 2:учебник для учреждений нач. проф. образования/ Ю.Д. Сибикин.- М.: Издательский центр «Академия», 2013

**Интернет-ресурсы:** <http://electrono.ru>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### **1. Теоретическое введение**

Для трансформирования энергии в трехфазных системах используют либо группу из трех однофазных трансформаторов (именно так и работают мощные однофазные трансформаторы, устанавливаемые на крупных электростанциях), у которых первичные и вторичные обмотки соединяются звездой или треугольником, либо один трехфазный трансформатор с общим магнитопроводом.

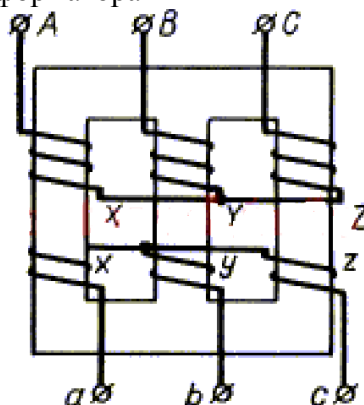
Устройство трехфазного трансформатора

Трехфазные трансформаторы могут иметь различные схемы соединения первичных и вторичных обмоток. Все начала первичных обмоток трансформатора обозначают большими буквами: А, В, С; начала вторичных обмоток — малыми буквами: а, Ь, с. Концы обмоток обозначаются соответственно: Х, У, Z и х, у, z. Зажим выведенной нулевой точки при соединении звездой обозначают буквой О.

Наибольшее распространение имеют соединения обмоток по схеме «звезда» (Y) и «треугольник» (D), причем первичные и вторичные обмотки могут иметь как одинаковые, так и различные схемы. Если при соединении обмоток «звездой» нулевая точка выводится, то такое соединение называют «звезда с нулем» (Y<sub>0</sub>).

Самым простым и дешевым из них является соединение обеих обмоток трансформатора звездой (Y/Y), при котором каждая из обмоток и ее изоляция (при глухом заземлении нейтральной точки) должны быть рассчитаны только на фазное напряжение и линейный ток; так как число витков обмотки трансформатора прямо пропорционально напряжению, то, следовательно, соединение обмоток звездой требует в каждой из обмоток меньшего количества витков, но большего сечения проводников с изоляцией, рассчитанной лишь на фазное напряжение.

Схема трехфазного трансформатора



На рисунке приведено устройство трехфазного трансформатора при соединении обеих обмоток звездой (Y/Y). Такое соединение широко применяют для трансформаторов небольшой и средней мощности (примерно до 1800 кВ·А). Соединение звездой является наиболее желательным для высокого напряжения, так как при нем изоляция обмоток рассчитывается лишь на фазное напряжение. Чем выше напряжение и меньше ток, тем относительно дороже обходится соединение обмоток треугольником.

Соединение обмоток треугольником конструктивно удобнее при больших токах. По этой причине соединение Y/D широко применяется для трансформаторов большой мощности в тех случаях, когда на стороне низшего напряжения не требуется нейтрального провода.

При трехфазной трансформации только отношение фазных напряжений  $U_{1\phi}/U_{2\phi}$  всегда приблизительно равно отношению чисел витков первичной и вторичной обмоток  $w_1/w_2$ ; что же касается линейных напряжений, то их отношение зависит от способа соединения обмоток трансформатора. При одинаковом способе соединения (Y/Y или D/D) отношение линейных напряжений также равно коэффициенту трансформации. Однако при различном способе соединения (Y/D или D/Y) отношение линейных напряжений меньше или больше этого коэффициента в  $\sqrt{3}$  раз. Это дает возможность регулировать вторичное линейное напряжение трансформатора соответствующим изменением способа соединения его обмоток.

## 2. Практические задания

1. Используя электронное пособие «Трехфазный трансформатор» (информационный), ответьте на вопросы:

- 1) В чем преимущества трехфазного тока?
- 2) Какие основные узлы составляют конструкцию силовых трансформаторов?

2. Выполните задания электронного пособия «Устройство трансформатора, его классификация и основные параметры» (практический)

### Пояснение к выполнению задания

При выполнении задания произведите записи в тетрадь.

## 3. Контрольные вопросы.

1. Выполните задания электронного пособия «Трехфазный трансформатор» (контроль)

## Практическое занятие № 14

### Тема: Определение коэффициента трансформации и КПД трансформаторов

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки определения коэффициента трансформации и КПД трансформаторов

**Материально-техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты

**Инструменты и оборудование:** макет трансформатора

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература** Кацман, М.М. Сборник задач по электрическим машинам. М.: Издательский центр «Академия», 2014

**Интернет-ресурсы:** <http://edu.sernam.ru>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

#### 1. Теоретическое введение

Коэффициентом трансформации (K) называется отношение напряжения обмотки ВН к напряжению обмотки НН при холостом ходе трансформатора:

$$K = \left( \frac{W_{ВН}}{W_{НН}} \right) \approx \left( \frac{E_{ВН}}{E_{НН}} \right) = \frac{U_{ВН}}{U_{НН}}$$

Для трехобмоточных трансформаторов коэффициентом трансформации является отношение напряжений обмоток ВН/СН, ВН/НН и СН/НН.

Значение коэффициента трансформации позволяет проверить правильное число витков обмоток трансформатора, поэтому его определяют на всех ответвлениях обмоток и для всех фаз. Эти измерения, кроме проверки самого коэффициента трансформации, дают возможность проверить правильность установки переключателя напряжения на соответствующих ступенях, а также целостность обмоток.

Если трансформатор монтируется без вскрытия и при этом ряд ответвлений, недоступен для измерений, определение коэффициента трансформации производится только для доступных ответвлений.

При испытании трехобмоточных трансформаторов коэффициент трансформации достаточно проверить для двух пар обмоток, причем измерения рекомендуется проводить на тех обмотках, для которых напряжение короткого замыкания наименьшее.

В паспорте каждого трансформатора даются номинальные напряжения обеих обмоток, относящиеся к режиму холостого хода. Поэтому номинальный коэффициент трансформации можно легко определить по их отношению.

Измеренный коэффициент трансформации на всех ступенях переключателя ответвлений не должен отличаться более чем на 2 % от коэффициента трансформации на том же ответвлении на других фазах или от паспортных данных, или от данных предыдущих измерений. В случае более значительного отклонения должна быть выяснена его причина. При отсутствии виткового замыкания трансформатор может быть введен в работу.

Коэффициент трансформации определяют следующими методами:

- а) двух вольтметров;
- б) моста переменного тока;
- в) постоянного тока;
- г) образцового (стандартного) трансформатора и др.

Коэффициент трансформации рекомендуется определять методом двух вольтметров (рис. 1).

Принципиальная схема для определения коэффициента трансформации методом двух вольтметров для однофазных трансформаторов дана на рис. 1,а. Напряжение, подводимое к двум обмоткам трансформатора, одновременно измеряют двумя разными вольтметрами.

При испытании трехфазных трансформаторов одновременно измеряют линейные напряжения, соответствующие одноименным зажимам обеих проверяемых обмоток. Подводимое напряжение не должно превышать номинального напряжения трансформатора и быть чрезмерно малым, чтобы на результаты измерений не могли повлиять ошибки вследствие потери напряжения в обмотках от тока холостого хода и тока, обусловленного присоединением измерительного прибора к зажимам вторичной обмотки.

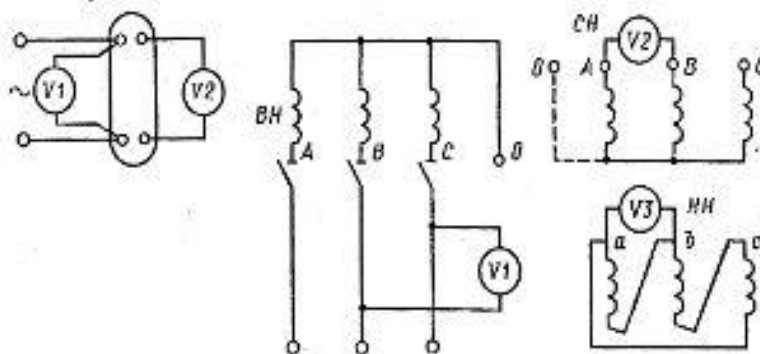


Рис. 1. Метод двух вольтметров для определения коэффициентов трансформации: а – для двухобмоточных и б – трехобмоточных трансформаторов

Подводимое напряжение должно быть от одного (для трансформаторов большой мощности) до нескольких десятков процентов номинального напряжения (для трансформаторов небольшой мощности), если испытания проводятся с целью проверки паспортных данных трансформаторов.

В большинстве случаев к трансформатору подводят напряжение от сети 380 В. В случае необходимости вольтметр присоединяется через трансформатор напряжения или включается с добавочным сопротивлением. Классы точности измерительных приборов – 0,2–0,5. Допускается присоединять вольтметр V1 к питающим проводам, а не к вводам трансформатора, если это не отразится на точности измерений из-за падения напряжения в питающих проводах.

Коэффициент полезного действия трансформатора определяется отношением мощности P2, отдаваемой трансформатором в нагрузку, к мощности P1, потребляемой из сети:

$$\eta = P2 / P1$$

Коэффициент полезного действия характеризует эффективность преобразования напряжения в трансформаторе. При практических расчетах коэффициент полезного действия трансформатора вычисляют по формуле

$$\eta = 1 - (\Sigma P - (P2 + \Sigma P)),$$

где  $\Sigma P = P_{эл} + P_{мг}$  - полные потери в трансформаторе.

Эта формула менее чувствительна к погрешностям в определении P1 и P2 и поэтому позволяет получить более точное значение коэффициента полезного действия.

Полезная мощность, отдаваемая трансформатором в сеть вычисляется по формуле

$$P2 = m \times U_{2н} \times I_{2н} \times k_{нг} \times \cos\varphi_2 = k_{нг} \times S_n \times \cos\varphi_2,$$

где  $k_{нг} = I_2 / I_{2н}$  - коэффициент нагрузки трансформатора.

## 2. Практические задания

### 1 задание.

Однофазный трансформатор ОМ-6667/35 работает как понижающий. Пользуясь его техническими данными приведенными в таблице 1, рассчитать: коэффициент трансформации; номинальные токи первичной вторичной обмоток; напряжение на вторичной обмотке  $U_2$  при активно-индуктивной нагрузке, составляющей 50% ( $\beta=0,5$ ) от номинальной и  $\cos\varphi_2=0,8$ ; к.п.д. при  $\cos\varphi_2=0,9$  и нагрузке, составляющей 75% ( $\beta=0,75$ ) от номинальной.

| Тип транс-<br>форматора | S <sub>н</sub> ,<br>кВА | U <sub>1н</sub> ,<br>кВ | U <sub>2н</sub> ,<br>кВ | P <sub>0</sub> ,<br>кВт | P <sub>к</sub> ,<br>кВт | U <sub>к</sub> ,<br>% | I <sub>0</sub> ,<br>% |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| ОМ-6667/35              | 6667                    | 35                      | 10                      | 17                      | 53,5                    | 8                     | 3                     |
| ТС-180/10               | 180                     | 10                      | 0,525                   | 1,6                     | 3                       | 5,5                   | 4                     |

## 2 задание.

Повторите расчеты для трансформатора ТС0 180/10

## Пояснение к выполнению задания

Для выполнения задания использовать данные из рекомендованной литературы.

## 3. Контрольные вопросы.

1. Что значит фраза «повышающий трансформатор»? Для чего необходимо повышать напряжение?
2. Из чего складываются потери трансформатора?

## Практическое занятие № 15

### Тема: Контроль состояния трансформаторов

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки составления порядка контроля состояния трансформаторов

**Материально-техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты

**Инструменты и оборудование:** магнитные пускатели; тепловые реле; автоматические выключатели; отвертки.

**Информационное обеспечение занятия:**

### Литература:

1. Девочкин, О.В. Электрические аппараты: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования/ О.В.Девочкин, В.В.Лохнин. М.: Издательский центр «Академия», 2013
2. Москаленко В.В. Справочник электромонтера. М.: Издательский центр «Академия», 2007

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

### Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

#### Контроль состояния трансформатора

Внешние исследования силовых трансформаторов проводятся в пределах, оговоренных нормативно-технической и конструкторской документацией.

Внешние исследования включают в себя: контроль показаний измерительных приборов; проверку уровня, давления, температуры и цвета масла; взятие проб масла; проверку исправности средств сигнализации, защиты, автоматики и газового реле; визуальный контроль поверхностей вводов и изоляторов, ошиновки, кабелей и контактных соединений.

Исследования осуществляются осмотром, простейшими и специальными приборами. Наиболее эффективен тепловизорный контроль, включающий в себя термографию. Опыт эксплуатации свидетельствует, что выявить начало развития одного из основных дефектов высоковольтных вводов — отложение металлосодержащих коллоидных частиц на фарфоре — позволяет обнаружение зоны повышенного (на 1...2°С) нагрева, возникающей при появлении даже незначительных полос осадка.

Термография производится в процессе эксплуатации, когда обнаруживается та или иная аномалия и делаются предположения о возможных неисправностях, например:

- локальные нагревы на стенках бака силового трансформатора, могут возникать из-за разрушения изоляции шпилек или обрыва шинок заземления; аномальным считается повышение температуры, которого нет на соседних фазах или на похожих силовых трансформаторах;

- наблюдаемое неравномерное распределение тепловых потерь по высоте обмотки и локальные нагревы на стенках бака свидетельствуют о возможности ускоренного старения изоляции отдельных катушек или витков;

- перегревы крайних обмоток высоковольтных вводов говорят о разбухании дополнительной бумажной изоляции или шламообразовании;

- повышение температуры корпуса маслососа возможно из-за трения крыльчаток, дефекта подшипников, виткового замыкания в обмотке электродвигателя;

- нарушение плавного повышения температуры по высоте термосифонного фильтра свидетельствует о возможном шламообразовании, случайно закрытой задвижке или работе силового трансформатора в режиме холостого хода;

- при низкой температуре труб радиаторов возможны неисправность плоского крана радиатора, или ошибочное его закрытие, коррозия труб и шламообразование;

- резкое падение температуры в маслопроводе после газового реле или отсечного клапана говорит о возможности дефекта крана, расположенного у газового реле;

- нагрев расширителя герметичного маслоснаполненного высоковольтного ввода возможен при образовании короткозамкнутого контура внутри расширителя;

- продольный нагрев на поверхности фарфоровой крышки, начиная от верхнего фланца, возможен при появлении частичных разрядов из-за увлажнения верхней части остова высоковольтного ввода; нарушении герметичности прокладок маслорасширителя и попадании влаги;

- неравномерность температуры на поверхности высоковольтного ввода может возникать из-за разбухания или смещения его бумажной основы, а также из-за шламообразования на уступах его остова или нарушения циркуляции масла в нем.

Выявление и локализацию частичных разрядов электрическими и акустическими методами необходимо осуществлять в силовых трансформаторах напряжением 330 кВ и выше, однако известны случаи их выявления и при более низком напряжении. Частичные разряды — опасный вид развивающихся внутренних дефектов силовых трансформаторов, т. е. появление частичных разрядов между обмоткой и барьерной изоляцией, это свидетельствует о понижении эффективной циркуляции масла в канале. При этом необходима проверка работы системы охлаждения и анализ масла. Если же уровень устойчивых частичных разрядов превышает уровень помех в пять и более раз, значит имеется опасный развивающийся дефект трансформатора.

В трансформаторах различного типа существуют характерные зоны повышенной вибрации, и требуется производить оценку уровня и характера шума в этих зонах. При вибрации всего бака силового трансформатора возможно нарушение жесткости установки трансформатора на катках или фундаменте. В этом случае необходимо проверить положение башмака или установить дополнительные прокладки. Если же в режиме нагрузки усиливается вибрация силового трансформатора, или изменяется частота вибрации, или появляется модулированный шум, это свидетельствует об ухудшении запрессовки обмоток и магнитопровода.

Если присутствуют резонансные колебания (шум) на частотах до 100 Гц, значит вибрации вызваны вентиляторами и маслососами, однако возможно и то, что они связаны с электродинамическими процессами (магнитострикцией в магнитопроводе и электродинамическими процессами в обмотке). Причинами резонансных колебаний на частотах 300 и 500 Гц могут быть распрессовка или дефект сборки магнитопровода.

Если при переходе от режима холостого хода к режиму нагрузки вибрация бака силового трансформатора уменьшается, значит вибрационные дефекты отсутствуют. Если частота и амплитуда вибрации превышают контрольное значение, пропорциональное квадрату тока, то возможно ослабление узлов крепления или потеря радиальной устойчивости обмоток. Если это превышение происходит постепенно (от замера к замеру), то имеет место снижение запрессовки обмотки.

При отключении электродвигателей вентиляторов силового трансформатора с системой охлаждения Д по ГОСТ 11677—85 допускается его нагрузка до 50 % от номинальной мощности (при отключении электродвигателей вентиляторов возможна локализация источника шума).

Результаты внешнего исследования вносят в карту осмотра, в которой предусмотрены соответствующие показатели состояния отдельных частей и деталей и обнаруженные во время внешнего исследования дефекты. Обнаруженные дефекты записываются в журнале дежурного персонала.

Ресурсная диагностика силовых трансформаторов должна осуществляться обязательно. Минимальная оценка их состояния включает в себя внешний осмотр и взятие проб масла, а также диагностику в объеме межремонтных испытаний. Второй уровень исследования — контроль внутреннего состояния трансформатора может осуществляться с привлечением специализированных подразделений. На этом уровне диагностирования технического состояния трансформатора ставится цель: более точно, чем на первом уровне оценить его физический и моральный износ и обосновать возможность продолжения эксплуатации, а также выявить внутренние развивающиеся и аварийные дефекты.

Ресурсная диагностика включает в себя три этапа исследования:

лабораторный — физико-химический анализ масла и хроматографический анализ растворенных газов;

тестовый — испытание и контроль параметров без включения и с отключением напряжения;

аналитический — диагностика состояния по полученным результатам исследований и экспертных запросов.

Лабораторный этап состоит из анализа взятых при внешнем исследовании проб масла и заполнения соответствующих форм для последующего хранения результатов. Анализ проб осуществляется с целью определения свойств масла как элемента изоляции и охлаждающей среды трансформатора, РПН, высоковольтных вводов и дугогасящей среды в устройствах РПН, а также как источника информации о внутреннем состоянии оборудования.

## **2. Практическое задание**

1. Изучите содержание инструкционных карт
2. Составьте перечень способов диагностики трансформаторов
3. Определите группы мероприятий по диагностике состояния трансформаторов

### **Пояснение к выполнению задания**

Для выполнения задания использовать данные из рекомендованной литературы.

## **3. Контрольные вопросы.**

1. Чем можно контролировать температуру трансформатора?
2. О чем свидетельствует появление частичных разрядов между обмоткой и барьерной изоляцией?
3. Какие этапы включает в себя ресурсная диагностика?



## Практическое занятие №16

**Тема: Определение качества трансформаторного масла**

**Цель практического занятия:** приобрести практические навыки составления порядка определения качества трансформаторного масла

**Материально-техническое оснащение:**

**Дидактическое обеспечение:** инструкционные карты

**Инструменты и оборудование:** макет трехфазного трансформатора

**Информационное обеспечение занятия:**

**Литература:** 1. Девочкин, О.В. Электрические аппараты: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования/ О.В.Девочкин, В.В.Лохнин. М.: Издательский центр «Академия», 2013

**Интернет-ресурсы:** <http://electricalschool.info>

**Формирование компетенций в соответствии с ФГОС:**

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

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития

ПК 4.3 Выявлять и устранять дефекты во время эксплуатации оборудования и при проверке его в процессе ремонта

### 1. Теоретическое введение

Большое влияние на качество трансформаторного масла оказывает его окисление кислородом атмосферы, с которой масло находится в постоянном соприкосновении.

Этому процессу способствуют высокая температура, солнечный свет и некоторые другие факторы. Появившиеся в масле кислоты оказывают разрушительное действие на материалы, из которых изготовлен трансформатор, и в частности на изоляцию его обмоток. Окисление изоляционного масла понижает также его электрическую прочность, которая является одной из важнейших характеристик трансформаторного масла.

Показателями, характеризующими степень окисления трансформаторного масла, являются кислотное число и реакция водной вытяжки. Кислотное число определяет количество миллиграммов едкого калия, которое требуется для нейтрализации всех свободных кислот в масле. Реакция водной вытяжки характеризует наличие в масле низкомолекулярных (нерастворимых) кислот. В годном для эксплуатации трансформаторном масле реакция водной вытяжки должна быть нейтральной.

Важную роль в нормальной работе изоляционного масла играет его вязкость и температура вспышки (температура, при которой пары масла, нагреваемого в закрытом сосуде, образуют смесь, вспыхивающую, когда к ней подносят пламя). Для того чтобы изоляционное масло лучше отводило тепло от нагретых элементов, оно должно хорошо циркулировать, т. е. обладать небольшой вязкостью. Температура вспышки масла не должна быть ниже установленных значений во избежание воспламенения масла при повышении температуры, вызванной перегрузкой трансформатора или масляного выключателя.

Следующим фактором, определяющим качество масла, является содержание в нем механических примесей. Они могут появиться при эксплуатации трансформаторного масла в результате растворения красок, лаков и изоляции. Примеси могут быть также в виде угля, который образуется при электрической дуге, и, наконец, в виде осадка (шлама), представляющего продукты распада масла. Механические примеси в масле оказывают неблагоприятное влияние на работу трансформаторов и масляных выключателей. Они могут вызвать перекрытие между изолированными друг от друга элементами, а также понизить электрическую прочность масла. Необходимо отметить, что загрязнение и старение

трансформаторного масла в процессе его эксплуатации ведет к повышению диэлектрических потерь в масле.

Цвет масла в процессе эксплуатации изменяется и поэтому может также характеризовать его качество. Свежее масло имеет обычно светло-желтый цвет. В процессе эксплуатации масло темнеет и приобретает темно-коричневую окраску. Изменение цвета масла происходит под влиянием его нагрева и загрязнения смолами и осадками.

В связи с тем, что характеристики трансформаторного масла в процессе эксплуатации ухудшаются, его качество приходится периодически проверять. Такие проверки осуществляют обычно один раз в 3 года, делая сокращенный анализ масла. Масло, пригодное для эксплуатации, должно удовлетворять следующим требованиям: кислотное число — не более 0,4 мг КОН; реакция водной вытяжки — нейтральная; механические примеси — визуальное отсутствие; падение температуры вспышки — не более 5° от первоначальной; взвешенный уголь в масле из трансформатора — отсутствие, а из выключателей — незначительное количество; электрическая прочность не ниже для аппаратов напряжением до 15 кВ включительно — 20 кВ; tg  $\delta$  масла трансформаторов при 20° — не более 2% и при 70° — не более 7%.

Объем эксплуатационного контроля включает в себя сокращенный или полный анализ трансформаторного масла.

Сокращенный анализ масла производят после капитальных ремонтов трансформаторов.

Сокращенный анализ трансформаторного масла включает следующие показатели качества:

- внешний вид, цвет;
- наличие механических примесей и свободной воды (визуально);
- пробивное напряжение;
- кислотное число;
- температура вспышки;
- реакция водной вытяжки.

Полный анализ трансформаторного масла помимо испытаний, входящих в объем сокращенного анализа, включает следующие показатели:

- тангенс угла диэлектрических потерь при 90°С;
- количественное содержание механических примесей;
- количественное содержание воды;
- газосодержание;
- наличие растворенного шлама (потенциального осадка);
- содержание антиокислительной присадки ионов;
- стабильности против окисления.

Полный анализ эксплуатационного трансформаторного масла следует производить при приближении одного или нескольких показателей качества масла к предельно допустимому значению, а также при ухудшении характеристик твердой изоляции и (или) интенсивном старении масла. Полный анализ трансформаторного масла позволяет более достоверно прогнозировать дальнейший срок службы масла, выявлять причины загрязнения и правильно выбрать необходимые мероприятия по восстановлению его эксплуатационных свойств.

Хроматографический анализ растворенных в масле газов может входить в объем полного анализа трансформаторного масла. Данный метод является специальным методом, служащим для обнаружения повреждений и дефектов отдельных конструктивных узлов и всей твердой изоляции электрооборудования, но практически не информирующем о качестве и состоянии самого масла.

Хроматографический анализ трансформаторного масла позволяет следить за развитием процессов в трансформаторе, предвидеть повреждения, не обнаруживаемые традиционными способами, характеризовать повреждения и ориентироваться при определении их места.

## 2. Практические задания

Составить таблицы:

Таблица 1

| <b>Фактор, определяющий качество трансформаторного масла</b> | <b>Причины ухудшения качества масла</b> | <b>Влияние ухудшения качества масла на работу трансформатора</b> | <b>Характеристика пригодного масла (по данному фактору)</b> |
|--|---|--|---|
|  |   |  |   |
|  |   |  |   |

Таблица 2

| <b>Наименование анализа трансформаторного масла</b> | <b>Время (условие) проведения анализа</b> | <b>Содержание испытаний</b> |
|---|---|-----------------------------|
|   |   |                             |
|   |   |                             |

### Пояснение к выполнению задания

Для выполнения задания использовать данные из инструкционной карты и рекомендованной литературы.

### 3. Контрольные вопросы.

1. На что влияет наличие кислоты в трансформаторном масле?
2. Как часто выполняют контроль трансформаторного масла?
3. Что определяют во время полного анализа эксплуатационного трансформаторного масла?

**Список литературы**  
**Для МДК 04.01 Техническое обслуживание и ремонт осветительных электроустановок.**  
**Электромонтажные работы**

**Основная литература**

1. Акимов, Е.Г. Выбор, проектирование и монтаж электроустановок зданий. Справочное пособие. /Акимов Е.Г., Коробков Ю.С. - М.: ООО «Ай Би Тех», 2008.
2. ГОСТ 21.614 Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах
3. ГОСТ 2.710. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах
4. ГОСТ 2.755-87 Обозначения условные графические в электрических схемах
5. ГОСТ 21.608 Система проектной документации для строительства. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи
6. Нестеренко, В.М. Технология электромонтажных работ: Учеб. пособие для нач. проф. образования/ В.М.Нестеренко, А.М.Мысьянов.- М.: Издательский центр «Академия», 2004
7. Сибикин, Ю.Д., Технология электромонтажных работ/ Ю.Д.Сибикин, М.Ю. Сибикин: Учеб. пособие для проф. учеб. заведений.- М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 2000
8. Правила устройств электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 2007
9. Ярочкина, Г.В. Радиоэлектронная аппаратура и приборы: Монтаж и регулировка: Учебник для нач. проф. образования.- М.: ИРПО; ПрофОбрИздат, 2002.- 240 с.

**Дополнительная литература**

1. Москаленко, В.В. Справочник электромонтёра: учеб. пособие для нач. проф. образования/ В.В.Москаленко.- М.: Издательский центр «Академия», 2007

**Интернет-ресурсы**

1. <http://elektrichestvo.net>
2. <http://electricalschool.info>
3. <http://fcior.edu.ru>
4. <http://exema.myl.ru>
5. <http://www.electrolibrary.info>

**Для МДК 04. 02 Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования**

**Основная литература**

1. Акимова, Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования/ Н.А.Акимова, Н.Ф.Котеленец, Н.И.Сентирюхин, М.: Издательский центр «Академия», 2013
2. ГОСТ 21.614 Изображения условные графические электрооборудования и проводок на планах
3. ГОСТ 2.710. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах
4. ГОСТ 2.755-87 Обозначения условные графические в электрических схемах
5. ГОСТ 21.608 Система проектной документации для строительства. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи
6. Девочкин, О.В. Электрические аппараты: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования/ О.В.Девочкин, В.В.Лохнин. М.: Издательский центр «Академия», 2013
7. Кацман М.М. Электрические машины. М.: Издательский центр «Академия», 2011
8. Сибикин, Ю.Д. Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2 кн. Кн. 2: учебник для учреждений нач. проф. образования/ Ю.Д. Сибикин.- М.: Издательский центр «Академия», 2013
9. Шишмарёв, В.Ю. Измерительная техника: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ В.Ю. Шишмарёв.- М.: Издательский центр «Академия», 2014

10. Шишмарёв, В.Ю. Электротехнические измерения: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/ В.Ю. Шишмарёв.- М.: Издательский центр «Академия»,2014

#### **Дополнительная литература**

1. Москаленко, В.В. Справочник электромонтёра: учеб. пособие для нач. проф. образования/ В.В.Москаленко.- М.: Издательский центр «Академия»,2007

#### **Интернет-ресурсы**

1. <http://edu.sernam.ru>
2. <http://electricalschool.info>
3. <http://electrolibrary.info>
4. <http://electrono.ru>
5. <http://fcior.edu.ru>