

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»


Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»  
в г. Петровске

УТВЕРЖДАЮ  
Директор филиала СГТУ  
имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске  
Е.А.Бесшапошникова  
«30» июня 2021 г.



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по междисциплинарному курсу  
МДК. 03.02 «Аппаратура для ремонта и наладки устройств электроснабжения»  
специальности  
13.02.07 «Электроснабжение (по отраслям)»

Методические указания рассмотрены  
на заседании предметной (цикловой)  
комиссии общепрофессиональных  
дисциплин, профессиональных модулей  
специальностей  
технического профиля  
«14» июня 2021 года, протокол № 13  
Председатель ПЦК  /Т.А.Лескина/

Петровск 2021

### **Пояснительная записка.**

Методические указания по выполнению практических работ разработаны в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.03 «Организация работ по ремонту оборудования электрических подстанций и сетей», требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 14.12.2017 № 1216 и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

- ОК 01   Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.
- ОК 02   Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.
- ОК 03   Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
- ОК 04   Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.
- ОК 05   Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста
- ОК 06   Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.
- ОК 07   Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
- ОК 08   Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности

и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

ПК 2.3 Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем;

Изучение профессионального модуля направлено на освоение основного вида деятельности «Организация работ по ремонту оборудования электрических подстанций и сетей»

При выполнении практических работ студент должен **уметь**:

- выполнять требования по планированию и организации ремонта оборудования;
- контролировать состояние электроустановок и линий электропередачи;
- устранять выявленные повреждения и отклонения от нормы в работе оборудования;
- выявлять и устранять неисправности в устройствах электроснабжения, выполнять основные виды работ по их ремонту;
- составлять расчетные документы по ремонту оборудования;
- рассчитывать основные экономические показатели деятельности производственного подразделения;
- проверять приборы и устройства для ремонта и наладки оборудования электроустановок и выявлять возможные неисправности;

- настраивать, регулировать устройства и приборы для ремонта оборудования электроустановок и производить при необходимости их разборку и сборку.

При выполнении практических работ студент должен **знать:**

- виды ремонтов оборудования устройств электроснабжения;
- методы диагностики и устранения неисправностей в устройствах электроснабжения;
- технологию ремонта оборудования устройств электроснабжения;
- методические, нормативные и руководящие материалы по организации учета и методам обработки расчетной документации;
- порядок проверки и анализа состояния устройств и приборов для ремонта и наладки оборудования электроустановок;
- технологию, принципы и порядок настройки и регулировки устройств и приборов для ремонта оборудования электроустановок и линий электроснабжения.

Содержание практических занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов междисциплинарного курса.

Объём практических занятий определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность практического занятия - 2 академических часа. Перед проведением практического занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению практических работ междисциплинарного курса МДК 03.02 «Аппаратура для ремонта и наладки устройств электроснабжения» содержит 25 практических занятия.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

МДК.03.02 Аппаратура для ремонта и наладки устройств электроснабжения

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1**

Изучение измерительных инструментов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2**

Изучение измерительных инструментов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3**

Изучение измерительных инструментов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4**

Изучение измерительных инструментов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5**

Изучение конструкции приспособлений

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6**

Изучение конструкции приспособлений

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7**

Изучение конструкции приспособлений

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8**

Изучение конструкции приспособлений

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9**

Изучение электрических исполнительных механизмов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10**

Изучение электрических исполнительных механизмов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11**

Изучение электрических исполнительных механизмов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12**

Изучение электрических исполнительных механизмов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13**

Изучение гидравлических и пневматических исполнительных механизмов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14**

Изучение гидравлических и пневматических исполнительных механизмов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15**

Изучение гидравлических и пневматических исполнительных механизмов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №16**

Изучение гидравлических и пневматических исполнительных механизмов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №17**

Хромато графический анализ трансформаторного масла

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №18**

Хромато графический анализ трансформаторного масла

#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №19**

Хроматографический анализ трансформаторного масла

#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №20**

Хроматографический анализ трансформаторного масла

#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №21**

Составление протокола для передачи устройств в ремонтные организации

#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №22**

Составление протокола для передачи устройств в ремонтные организации

#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №23**

Составление протокола для передачи устройств в ремонтные организации

#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №24**

Составление протокола для передачи устройств в ремонтные организации

#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №25**

Составление протокола для передачи устройств в ремонтные организации

## **ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**Прежде чем приступить к выполнению заданий, внимательно прочитайте данные рекомендации**

1. Практические работы проводятся под наблюдением преподавателя. К выполнению практических работ обучающиеся допускаются только после прослушивания инструктажа по технике безопасности.

2. Все практические работы проводятся за партами учебного кабинета. Обучающимся не разрешается без уважительной причины отлучаться из кабинета до полного окончания практических работ.

3. Перед началом работы длинные волосы следует заколоть.

4. На рабочем месте должны находиться только необходимые для работы материалы и инструменты.

5. С ножницами следует пользоваться аккуратно, передавать их кольцами вперед.

6. Необходимо следить за чистотой рабочего места.

7. После завершения работы обучающиеся обязаны собрать инструменты, материалы, методические пособия и сдать их преподавателю, убрать рабочее место.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1**

**Тема:** Изучение измерительных инструментов

**Цель работы:** изучить назначение, классификацию технических измерительных приборов.

**Контрольные вопросы:**

1. Что называется измерительным прибором?
2. Для чего предназначен измерительный прибор?
3. Как делятся измерительные приборы?
4. Для чего предназначен образцовый измерительный прибор?
5. Какие измерительные приборы называются рабочими?
6. Заполните классификационную схему деления технических рабочих приборов по назначению

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2**

**Тема:** Изучение измерительных инструментов

**Цель работы:** изучить назначение, классификацию технических измерительных приборов

**Контрольные вопросы:**

1. Какие технические рабочие приборы называются показывающими?
2. Какую возможность дают самопишущие приборы?
3. Что имеют регулирующие приборы?
4. Что такое измерительные автоматы?
5. Заполните классификационную схему деления технических рабочих приборов по характеру передачи показаний

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3**

**Тема:** Изучение измерительных инструментов

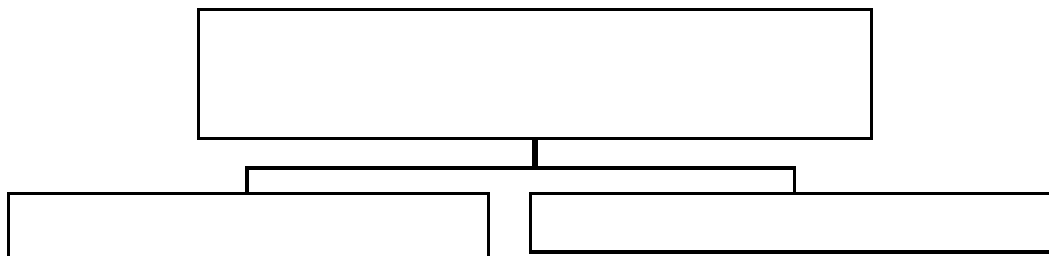
**Цель работы:** изучить назначение, классификацию технических измерительных приборов

**Контрольные вопросы:**



1. Как по конструкции различаются местные приборы от приборов с дистанционной передачей?

2. Заполните классификационную схему деления технических рабочих приборов по виду показаний

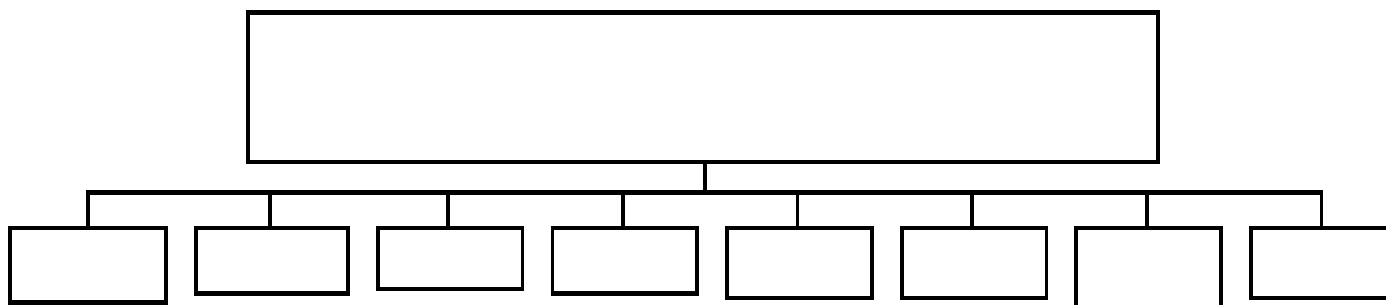


#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4**

**Тема:** Изучение измерительных инструментов

**Цель работы:** изучить назначение, классификацию технических измерительных приборов

1. Заполните классификационную схему деления технических рабочих приборов по виду измеряемой величины



#### **Контрольные вопросы:**

1. Что называется погрешностью?
2. Каким требованиям должны удовлетворять погрешности приборов?
3. Как разделяются приборы по точности измерения?
4. Чему соответствует класс точности?

#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5**

**Тема:** Изучение конструкции приспособлений

**Цель работы:** познакомиться с техническими данными, конструкцией, объемом и способами испытаний электротехнических лабораторий ЭТЛ-10, ЭТЛ-35

**Справочный материал:**

Электротехнические лаборатории (ЭТЛ) предназначены для испытания и поиска мест повреждений высоковольтных кабельных линий напряжением до 35 кВ, а также для испытаний и проведения измерений на оборудовании подстанций. Питание ЭТЛ-35 производится от промышленной однофазной сети 220 В, 50 Гц. Допускается питание от автономного генератора электроснабжения мощностью не менее 2,2 кВА. Для полной реализации возможностей ЭТЛ-35 мощность генератора должна быть не менее 20 кВА. Обслуживание лаборатории производится бригадой из двух операторов, имеющих допуск на проведение работ в цепях с напряжением свыше 1000 В.

Лаборатория производит:

- измерения емкостей и тангенсов угла диэлектрических потерь электротехнических объектов при напряжении до 10 кВ;
- измерения величин параметров мощных трансформаторов на низком напряжении;
- измерения методом вольтметра-амперметра малых сопротивлений;
- измерения тока утечки на постоянном напряжении до 60 кВ под высоким потенциалом;
- испытания выпрямленным напряжением до 140 кВ, переменным напряжением до 100 кВ;
- топографическое определение трассы кабельных линий;
- прожиг изоляции кабеля с дефектами и ее последующий дожиг;
- определение областей с повреждениями на кабельных линиях индукционным и акустическим методами;
- определение расстояния до области с повреждением в высоковольтных кабелях (0,4—10 кВ) импульсным беспрожиговым методом на высоком и низком напряжении.



Передвижная электротехническая лаборатория **ЭТЛ-35**, предназначена для высоковольтных испытаний оборудования распределительных устройств и кабельных линий среднего напряжения, а так же испытаний трансформаторного оборудования.

В стандартную комплектацию **ЭТЛ-35** входит блок высоковольтных испытаний, блок низковольтных измерений, блок измерения тангенса дельта, измеритель тока утечек, система безопасности и коммутации.

Дополнительно, передвижная электротехническая лаборатория **ЭТЛ-35** может быть оснащена дополнительным оборудованием на усмотрение заказчика – тестер устройств заземления DET4TC2, мегомметр, измеритель параметров трансформаторов СА-540, мост переменного тока СА7100-3, прибор для диагностики трансформаторов FRAScan и т.д.

Назначение лаборатории ЭТЛ-35:

- испытания изоляции кабелей и других устройств и приспособлений постоянным (до 60 кВ) и переменным (до 100 кВ) высоким напряжением;
- измерение сопротивления изоляции, напряжением до 2,5 кВ;

Измерение параметров трансформаторов:

- потери холостого хода;
- потери короткого замыкания;
- сопротивление короткого замыкания;
- коэффициент трансформации;
- измерение тангенса угла диэлектрических потерь.

Оборудование лаборатории условно подразделяется на основное (монтируемое) и дополнительное (не монтируемое) оборудование.

Лаборатория может комплектоваться ПК и обеспечивать:

- составление отчётов и протоколов испытаний;
- хранение и печать данных об испытаниях и измерениях.

Возможные шасси. ЭТЛ-35 может быть смонтирована, как в цельнометаллическом фургоне российского производства (ГАЗЕЛЬ, УАЗ, ВАЛДАЙ) и иностранного производства (Mercedes, FORD, FIAT, Volkswagen, Rego и др.), а также на грузовые машины повышенной проходимости, т.к. ГАЗ-33081, КАМАЗ, УРАЛ, IVECO и др.

**Передвижная кабельная электролаборатория ЭТЛ-10** монтируется в фургоне автомобиля и предназначена для выполнения следующих работ:

- высоковольтные испытания объектов переменным напряжением до 50 кВ;
- высоковольтные испытания объектов постоянным напряжением до 60 кВ;
- прожиг дефектной изоляции кабелей с последующим дожигом ее;
- определение расстояния до места повреждения с помощью рефлектометра РИФ-9;
- поиск повреждений кабелей с помощью генератора звуковой частоты ГЗЧ-2500 и приемника приемника П-900 индукционным методом;
- поиск повреждений кабелей с помощью генератора акустики ГАУВ-32 и приемника приемника П-900 акустическим методом.

В стоимость ЭТЛ-10 входит обучение персонала Заказчика работе на ЭТЛ-10. Срок изготовления ЭТЛ-10 - 30 дней.

Конструкция ЭТЛ отвечает требованиям безопасности "Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей" и ПБ10-611-03; ПБ10-382-00; СанНиП.

#### **Ход работы:**

- 1 Ознакомиться с техническими данными ЭТЛ-10
- 2 Описать конструктивное исполнение ЭТЛ-10
- 3 Описать назначение отдельных элементов ЭТЛ-10
- 4 Ознакомиться с техническими данными ЭТЛ-35
- 5 Описать конструктивное исполнение ЭТЛ-35
- 6 Описать назначение отдельных элементов ЭТЛ-35

## 7 Сделать вывод

### **Контрольные вопросы:**

- 1 Расскажите о назначении панели управления и блока кабельных барабанов.
- 2 Опишите систему электробезопасности ЭТЛ.
- 3 Поясните устройство блока высоковольтных испытаний.
- 4 Какие испытания проводятся лабораторией?
- 5 Расскажите о назначении блока управления высоковольтными испытаниями?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6** **Изучение конструкции приспособлений**

**Тема:** Изучение приборов для измерения электротехнических величин

**Цель работы:** Приобретение практических навыков в изучении устройства и принципа действия датчиков температуры

### **Справочный материал:**

**Мост измерительный** — устройство для измерений электрической величин (сопротивления, ёмкости и др.) методом сравнения измеряемой величины с образцовой мерой; выполнен по схеме мостовой цепи, в измерительной диагонали которой включен нуль-индикатор или измерительный прибор (обычно гальванометр). Мосты измерений постоянного тока делятся на одинарные (4-плечие) — для измерений активных (омических) сопротивлений от 1 Ом и выше, двойные (6-плечие) — для измерений сопротивлений менее 1 Ом и комбинированные (одинарно-двойные) — для измерений сопротивления в диапазоне  $10^{-6}$  —  $10^6$  Ом. Мосты измерений переменного тока, служащие для измерений ёмкости, индуктивности и т. д., обычно делаются 4-плечими, реже 6-плечими. Различают мосты измерений уравновешенные (наиболее точные), работа которых основана на нулевом методе, и неуравновешенные, в которых об измеряемой величине судят по

показаниям измерительного прибора (проградуированного в соответствующих единицах).

**Мост постоянного тока МО-62** переносной предназначен для:

- измерения омических сопротивлений в пределах от  $2 \cdot 10^{-5}$  до  $10^5$  Ом;
- проверки существующих измерительных приборов и устройств к термометрам сопротивления;
- определения характера и места повреждения воздушных линий или кабеля.

Габаритные размеры моста, мм - 395x285x205.

Масса, кг - не более 10кг.

**Мост МО-62 имеет следующие пределы измерений:**

- от 0,00002 до 0,0001 Ом (класс точности:  $\pm 5\%$ );
- от 0,0001 до 0,001 Ом (класс точности 1,0);
- от 0,001 до 0,1 Ом (класс точности 15,0);
- от 0,1 до  $10^5$  Ом (класс точности 5,0);
- от  $10^5$  до  $10^6$  Ом (класс точности 5,0).

Одновременно мост МО-62 имеет возможность производить следующие виды измерений и испытаний:

- подгонку сопротивления соединительных линий приборов с термометрами сопротивления по 2-х и 3-х проводной схеме включения;
- измерение сопротивления изоляции в пределах от 1 до 100 Мом;
- использование плеча сравнения моста в качестве магазина сопротивления;
- использование внутреннего гальванометра.

Прибор переносной МО-62 предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от +10 до +35 °С и относительной влажности до 80%.

Питание прибора МО-62 может осуществляться:

- от встроенных в прибор гальванических элементов;
- от наружных батарей соответствующего напряжения;
- от сети переменного тока 127/220В.

Для мостовых измерений используются калиброванные провода с сопротивлением каждого провода 0,0012-0,0015 Ом.

Встроенный в прибор **гальванометр** имеет следующие параметры:

- постоянная по току -  $0,4 \cdot 10^6$  а/дел;
- внутреннее сопротивление - 55 Ом.

#### **Ход работы:**

- 1 Изучить устройство МО-62
- 2 Дать краткое описание устройства МО-62
- 3 Ответить на контрольные вопросы
- 4 Сделать вывод

#### **Контрольные вопросы**

- 1 Какие виды датчиков температуры изучаются в данной работе?
- 2 Принцип действия и устройство жидкостных термометров расширения?
- 3 Принцип действия и устройство манометрических термометров?
- 4 Принцип действия и устройство термопар?

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7**

**Тема:** Изучение конструкции приспособлений

**Цель работы:** познакомиться с техническими данными, конструкцией, объемом и способами испытаний вариатора типа РНО-250-5М, устройствами типа УП-04, УПР-3

#### **Справочный материал:**

Применение переносных устройств для получения и регулирования больших токов облегчает наладку электрооборудования.

Вариатор РНО-250-5М предназначен для регулирования тока прогрузки с первичной стороны нагрузочного трансформатора. Вариатор РНО-250-5М при неизменном положении токосъемных роликов допускает протекание тока до 12 А в течение одного часа. Допустимый ток лимитируется перегревом угольно-графитного ролика токосъемного механизма и малым сечением токоотводящих

гибких проводников от роликов к выходным зажимам у вариатора в заводском исполнении.

Устройство УП-04 предназначено для проверки различного электрооборудования, работающего на напряжении 0,4 кВ переменного тока и 220 (110) постоянного тока: магнитных пускателей, контакторов, реле времени, промежуточных реле, реле напряжения, токовых реле переменного тока, автоматических выключателей с токами отсечки до 500 А.

Устройство УПР-3 предназначено для проверки простых реле без сборки каких-либо испытательных схем: реле времени, реле напряжения, промежуточных и сигнальных реле, работающих на постоянном или переменном токе.

Для правильного использования устройства, обеспечения безопасности и удобства эксплуатации целесообразно руководствоваться прилагаемыми правилами пользования устройством. В этих правилах должна быть указана последовательность операций во всех режимах работы устройства.

#### ***Контролируемые параметры вариатора РНО-250-5М***

Номинальное напряжение питания, В .....	220
Максимальное регулируемое напряжение, В .....	250
Максимальный регулируемый ток, А .....	150
Допустимая длительность максимального тока при неизменном положении токоъемных роликов на витках обмотки, с .....	20
Габариты, мм .....	228×300×465
Масса, кг .....	40

#### ***Контролируемые параметры УП-04***

Напряжение питания, В ..... 220 В

Выходные величины:

– регулируемое напряжение при переменном токе  
при 2 А, В ..... 0—380

– регулируемое напряжение при постоянном токе  
при 2 А, В ..... 0—250



- коэффициент пульсации при токе нагрузки 0,5 А..... 5 %
- кратковременный ток прогрузки токовых обмоток электрооборудования, А  
.....до 500
- длительности прогрузки токами 250—500 А с последующим отключением на  
время 90 с ..... не боле 10 с

*Характеристика встроенных в устройство приборов*

Вольтметр постоянного и переменного тока:

- пределы измерения, В ..... 25—100—250—500
- класс точности ..... 2,0

Амперметр переменного тока:

- пределы измерения, А ..... 0,5—1—2,5—5—10—25—100—250—500
- класс точности ..... 2,5

Электросекундомер ..... ПВ-53Щ (6 режимов работы)

Масса устройства, кг ..... 16

Габариты, мм ..... 470×290×190

Диапазон рабочих температур, °С ..... от –10 до +40

***Контролируемые параметры УПР-3***

Питание ..... 220 В или две фазы и нуль в сети 380 В, 50 Гц

Выходное напряжение переменного тока и ток нагрузки:

- при питании от сети 220 В ..... 0—220 В, 2 А
- при питании от сети 380 В ..... 0—380 В, 2 А

Выходное напряжение постоянного тока и ток нагрузки  
..... 0—250 В, 2 А

Величина переменной составляющей в напряжении

постоянного тока при нагрузке до 1 А ..... 5 %

*Характеристика встроенных в устройство приборов*

Вольтметр постоянного и переменного тока:

- пределы измерения ..... 25, 50, 100, 250, 500 В
- класс точности ..... 1,5

Электросекундомер ..... ПВ-53Щ

Габариты, мм ..... 250×300×140

Масса устройства, кг ..... не более

**Ход работы:**

- 1 Познакомиться с паспортными данными вариатора РНО-250-5М.
- 2 Описать устройство УП-04
- 3 Записать технические данные УПР-3
- 4 Ответить на контрольные вопросы

**Контрольные вопросы:**

- 1 Укажите назначение вариатора, и какие испытания с ним производятся.
- 2 Сколько обмоток имеет разделительный трансформатор?
- 3 Укажите назначение сопротивлений R4 и R5.
- 4 Назовите этапы проверок прибора. Как проверяются амперметр и вольтметр?
- 5 Назовите назначение меток на шкале.
- 6 Каким должно быть значение изоляции?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8**

**Тема:** Изучение конструкции приспособлений

**Цель работы:** познакомиться с техническими данными, конструкцией, объемом и способами испытаний устройств типа УПКА-1 и УПАСТ; микрометра М-1

Справочный материал:

С помощью рекомендуемого специализированного устройства УПКА-1 можно выполнять все наладочные работы за исключением испытаний на высоком напряжении и прогрузки токовых цепей.

Устройство предназначено для проведения всех регламентированных работ по наладке комплектных распределительных устройств внутренней (КРУ) или наружной (КРУН) установки (исключая высоковольтные испытания и прогрузку токовых цепей) без сборки дополнительных электрических схем, кроме включения соединительных шлангов. Производить опробование

выключателя следует с измерением времени и скорости включения и отключения, проверку напряжения срабатывания и возврата контактора включения и электромагнита отключения, проверку работы привода — при пониженном (на 20 %) напряжении. Проверка надежности контактных соединений ошиновки и аппаратуры высокого напряжения путем измерения их переходных сопротивлений составляет большую долю всей наладки оборудования. Портативный микрометр

М-1 упрощает эти измерения.

Микрометр предназначен для измерения переходных сопротивлений контактов коммутационной аппаратуры с номинальным напряжением до 500 кВ. Для удобства эксплуатации питание прибора может осуществляться либо от сети переменного тока, либо от встроенных сухих элементов, причем имеется возможность подзаряжать последние, не вынимая их из прибора. Прибор также снабжен длинными измерительными проводами, что дает возможность производить измерения с земли.

Настройка и проверка автоматических синхронизаторов являются трудоемкими и кропотливыми операциями, требующими независимого источника напряжения с регулируемой частотой и сложной схемы с приборами и реле. Применение комплектного устройства УПАСТ освобождает наладчика от потерь времени на сборку и наладку этой схемы.

Устройство позволяет провести полную проверку автосинхронизатора и предварительную настройку узлов опережения и подгонки частоты, с тем чтобы после опробования автоматической синхронизации генератора при отключенных разъединителях блока и окончательной корректировки установок вышеуказанных узлов с минимальными затратами времени ввести схему автоматической синхронизации в работу.

### ***Контролируемые параметры устройства типа УПКА-1***

Выходные величины:

- регулируемое напряжения переменного тока, В ..... 0—250 или 0—400
- регулируемое напряжения постоянного тока

с нагрузкой до 5А, В .....	0—250
– напряженне питания вибрографа напряжения .....	13 В, 50 Гц
– постоянного тока с нагрузкой до 10 А, В .....	8
– напряжения постоянного тока для питания привода выключателя, В .....	220

#### *Характеристика встроенных в устройство приборов*

Комбинированный ампервольтметр ..... Ц315 (с дополнительной защитой от перегрузок)

Электросекундомер со схемой проверки времени работы контактов всех видов  
.....ПВ-53Щ

Блок гасительных сопротивлений на токи, А .....75, 150, 200

Масса устройства, кг .....16

Габариты, мм ..... 350×290×140

#### ***Контролируемые параметры микрометра М-1***

Пределы измерения, мкОм .....×1—0—100  
.....×5— 0—500  
.....×25—0—2500

Класс точности, % .....4

Напряжение питания, В:

– в режиме «Сеть» — «С» ..... 220±10 %

– в режиме «Батарея» — «Б» = 6 и = 3

Ток потребления от сети, А:

– в режиме «Сеть» — «С» .....не более 0,15

– в режиме «Заряд» — «З» .....не более 0,05

Ток в измеряемой цепи, А .....1

Время подзаряда внутренних батарей от сети, ч .....5—8

Температура окружающего воздуха при относительной

влажности до 80 %, °С .....от –15 до +35

Длина измерительных проводов, м .....15

Габариты, мм ..... 350×280×190

Масса прибора с комплектом батарей и измерительными проводами, кг  
..... около 14

***Контролируемые параметры комплектного устройства УПАСТ***

Напряжение питающей сети, В .....370—420

Потребляемый ток в режиме проверки автосинхронизатора на фазу, А  
..... не более 0,6

Выходные напряжения генератора, В ..... 100±5 %

Выходное напряжение системы, В .....0—110

Выходное оперативное напряжение постоянного тока, В ..... 220±10 %

Максимальный ток нагрузки на фазу генератора, А .....0,25

Максимальный ток нагрузки системы, А .....2

Максимальное изменение напряжения генератора, вызванного несимметрией поля фазорегулятора, в течение последней четверти периода биения, В  
..... не более 3

Пределы регулирования периода биений, с .....4—16

Класс точности встроенных приборов .....2,5

Коэффициенты нелинейных искажений, вносимых устройством  
..... не более 1,5 %

Устройство обеспечивает правильную работу в интервале температуры окружающего воздуха, °С .....от –20 до +30

Габариты, мм ..... 500×380×180

Масса, кг .....17

**Ход работы:**

- 1 Записать технические данные устройства УПКА-1
- 2 Описать принцип действия микрометра М-1
- 3 Записать технические данные устройства УПАСТ
- 4 Ответить на контрольные вопросы

**Контрольные вопросы:**

- 1 Что обеспечивают устройства типа УПКА-1, УПАСТ?

- 2 В чем заключается проверка правильности работы защиты прибора?
- 3 Что необходимо прилагать к каждому устройству?
- 4 Что проводится по окончании работы с устройством?

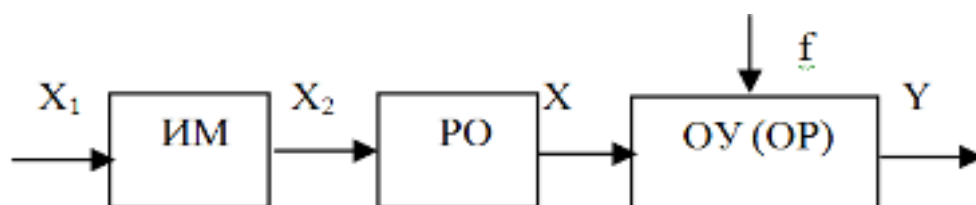
## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9

**Тема:** Изучение электрических исполнительных механизмов

**Цель работы:** ознакомиться с принципами работы, назначением и областью применения исполнительных механизмов автоматики и подробно изучить электрические исполнительные механизмы.

### Справочный материал:

Исполнительный механизм является одним из основных элементов в системах автоматизации производственных процессов. Исполнительными механизмами называются устройства автоматики, воздействующие непосредственно или через согласующие элементы на регулирующие органы объектов управления (объектов регулирования). Они как часть САУ (САР) предназначены для изменения управляющего (регулирующего) воздействия на объекте управления (регулирования) в соответствии с сигналом, формируемым управляющим устройством (регулятором) таким образом, чтобы компенсировать отклонение управляемой (регулируемой) величины от заданного значения, вызванного изменением возмущающего воздействия  $f$  (рисунок 1). Исполнительные механизмы также используются в системах дистанционного управления. В таких системах сигнал  $X_1$  формируется и подается на вход исполнительного механизма по каналу связи оператором или автоматически, например, посредством программного устройства.



ОУ (ОР) – объект управления (регулирования); РО – регулирующий орган; ИМ – исполнительный механизм; У – управляемая (регулируемая) величина; Х – управляющее (регулирующее) воздействие;  $f$  – возмущающее воздействие;  $X_1$  – входной сигнал ИМ, сформированный в управляющем устройстве (регуляторе);  $X_2$  – входной сигнал РО

Рисунок 1 – Фрагмент функциональной схемы САУ (САР) Исполнительные механизмы и регулирующие органы, чаще всего, конструктивно выполняют в виде единого технического устройства. В таких случаях его называют просто исполнительным механизмом, не отражая в названии наличие регулирующего органа.

В общем случае любой исполнительный механизм состоит из элемента силового воздействия и элементов его сопряжения с регулирующим органом (различных кинематических звеньев для преобразования угловых перемещений в линейные или наоборот, получения определенных скоростей и т.п.).

В зависимости от вида энергии, потребляемой силовым элементом, исполнительные механизмы подразделяются на пневматические, гидравлические и электрические. Из перечисленных типов исполнительных механизмов в автоматических системах сельскохозяйственного назначения преимущественно применяются электрические исполнительные механизмы. В связи с этим мы ограничимся рассмотрением только электрических исполнительных механизмов. Электрические исполнительные механизмы классифицируются на *электродвигательные* и *электромагнитные*. Последние в свою очередь делятся на так называемые соленоидные – с ходовыми электромагнитами поступательного перемещения и электромагнитные муфты. Соленоидные исполнительные механизмы (с электромагнитами принято называть электромагнитными исполнительными механизмами).

### **Контрольные вопросы:**

1. Какова конструкция и назначение потенциометрического датчика в механизме ЭМО-6,3/10?

2. Каков принцип работы электромагнитных исполнительных механизмов?
3. Каков принцип работы электромагнитных муфт сухого трения и где они применяются?
4. Каков принцип работы электромагнитных муфт вязкого трения и где они применяются?
5. Каков принцип работы электромагнитных муфт скольжения (ЭМС) и где они применяются?
6. Какой вид имеют механические характеристики ЭМС?
7. Каков принцип работы шаговых исполнительных механизмов?

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10**

**Тема:** Изучение электрических исполнительных механизмов

**Цель работы:** ознакомиться с принципами работы, назначением и областью применения исполнительных механизмов автоматики и подробно изучить электрические исполнительные механизмы.

#### **Справочный материал:**

Электродвигательные исполнительные механизмы обычно состоят из двигателя, редуктора и тормоза (последнего может и не быть). Двигатель в исполнительных механизмах выполняет функции силового элемента, создающего так называемые перестановочные усилия или моменты, необходимые для перемещения рабочего органа. Редуктор предназначается для преобразования угловых перемещений вала двигателя в линейные перемещения рабочего органа с определенной скоростью (для рабочих органов с поступательным перемещением) или для обеспечения требуемых угловых скоростей рабочего органа (для рабочих органов вращательного движения). Тормоз в исполнительных механизмах служит для предотвращения или снижения его выбега после отключения электродвигателя от сети. При включении исполнительного механизма



напряжение (сигнал) управления поступает одновременно к двигателю и тормозу, механизм растормаживается и двигатель приводит в движение рабочий орган. При исчезновении сигнала двигатель выключается, а тормоз останавливает механизм. Простота схемы, малое число элементов, участвующих в формировании управляющего (регулирующего) воздействия и высокие эксплуатационные свойства сделали исполнительные механизмы с управляемыми двигателями основой для создания исполнительных устройств современных САУ (САР).

Существуют, хотя и не получили широкого распространения, исполнительные механизмы с неуправляемыми двигателями, которые содержат управляемую электрическую муфту. Характерная их особенность заключается в том, что двигатель работает непрерывно в течение всего времени работы системы регулирования, а сигнал управления передается рабочему органу через управляемую муфту при появлении сигнала рассогласования в автоматических системах или по

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11**

**Тема:** Изучение электрических исполнительных механизмов

**Цель работы:** ознакомиться с принципами работы, назначением и областью применения исполнительных механизмов автоматики и подробно изучить электрические исполнительные механизмы.

### **Справочный материал:**

Во многих электрических системах управления исполнительный элемент системы – электрический двигатель соединяется с регулирующим органом производственного механизма через специальное соединительное устройство, которое называют муфтой. Муфта служит для передачи механической энергии с одного вала на другой. Существует большое количество конструкций муфт, основанных на различных физических принципах.

Широкое применение в системах автоматизации получили муфты с

электромагнитным управлением, когда соединение ведущей и ведомой

частей происходит не жестко механически, а за счет упругих сил электромагнитного поля. Это позволяет подключать двигатель к механизму без механических ударов; осуществлять передачу движения в изолированных друг от друга средах, а в ряде случаев и регулировать частоту вращения в системах управления.

В зависимости от связи ведущей и ведомой частей все муфты можно разделить на два класса: муфты с механической связью и индукционные муфты т.е. со связью через магнитное поле.

К первой группе относятся:

фрикционные, или муфты сухого трения, у которых ведущая и ведомая части прижимаются друг к другу электромагнитными силами. Эти муфты выполняются с одним или несколькими дисками с цилиндрическими или коническими поверхностями трения. Муфта состоит из двух полумуфт 5 и 6, соответственно связанных с валами 3 и 9, и обмотки 1, на которую подается напряжение через кольца 2 и щетки 4. Ведомая часть полумуфты 6 перемещается вдоль оси по шпонке 8 и связана валом 9 с рабочим механизмом. Ведомая полумуфта 6 отжимается от ведущей 5 пружиной

### **Ход работы:**

1. Изучить принципы работы, назначение, область применения исполнительных механизмов.

2. На основе учебного материала, изложенного в п. 3, 4, 5 и в рекомендованной литературе, а также используя натурные образцы изучить принципы работы и конструкции электрических исполнительных механизмов.

3. Включить имеющиеся в лаборатории исполнительные механизмы и убедиться в их работоспособности.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12**

**Тема:** Изучение электрических исполнительных механизмов

**Цель работы:** ознакомиться с принципами работы, назначением и областью применения исполнительных механизмов автоматики и подробно изучить электрические исполнительные механизмы.

### **Справочный материал:**

*Электромагнитные исполнительные механизмы* (рисунок 9) состоят из ходового электромагнита, сочлененного с рабочим органом и обеспечивающим его перемещение в направлении движения подвижного сердечника. Перемещение рабочего органа в обратном направлении обеспечивается посредством пружины.



Рисунок 9 – Электромагнитный исполнительный механизм

Ходовые электромагниты, используемые в исполнительных механизмах, могут быть переменного (однофазные и трехфазные) и постоянного тока. В зависимости от хода якоря (его максимального перемещения) различают коротко ходовые (рисунок 10 а) и длинно ходовые (рисунок 10 б, в) электромагниты.

Электромагнитные исполнительные механизмы по сравнению с электродвигательными обладают меньшей мощностью, но при этом отличаются простотой конструкции, несложными схемами управления, небольшими размерами и массой, значительно меньшей стоимостью и высокой надежностью. Характерная особенность электромагнитных механизмов заключается в том, что они могут быть применены только в двухпозиционных системах управления, то есть, когда регулируемый орган может находиться только в двух конечных положениях («открыто» или «закрыто»). Так как электромагнитный механизм может находиться в любом из двух устойчивых положений продолжительное время, то неизбежно длительное потребление электроэнергии при включенном состоянии соленоида. Этого недостатка

лишены электромагнитные механизмы особой конструкции.

### **Ход работы:**

Необходимо привести эскизные конструктивные и электрические схемы испытанных и исследованных исполнительных механизмов с их кратким описанием, выводы по работе.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14**

**Тема:** Изучение гидравлических и пневматических исполнительных механизмов

**Цель работы:** приобрести умения анализировать произведенные расчеты параметров для заданных условий

### **Справочный материал:**

Существуют два режима движения жидкостей: ламинарный и турбулентный.

При ламинарном режиме течения частицы жидкости перемещаются по траекториям, направленным вдоль потока без поперечного перемещения. Поток жидкости образуется как бы отдельными параллельными слоями; пульсации скорости потока и давления жидкости отсутствуют.

При турбулентном режиме течения частицы жидкости перемещаются по случайным хаотическим траекториям. Турбулентное течение сопровождается постоянным перемещением жидкости, характеризуется наличием пульсации скорости потока и давления жидкости.

Опытами было установлено, что наличие того или иного режима течения жидкости определяется: средней скоростью потока жидкости; характерным линейным размером сечения потока жидкости (для труб – диаметром) и кинематической вязкостью жидкости.

Исследования О. Рейнольдса показали, что режим движения жидкости в общем случае зависит от скорости движения, размеров потока, плотности и

вязкости жидкости. Комплекс указанных величин, характеризующий режим движения жидкости называют числом Рейнольдса

### **Задания для практической работы**

#### **Задача 1**

Определить режим движения нефти в трубопроводе диаметром  $d = \dots$ , мм при скорости движения  $v = \dots$ , м/с, если кинематическая вязкость нефти составляет  $\nu = 0,3 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^2 / \text{с}$ .

#### **Задача 2**

Определить потери давления при движении жидкости вязкостью  $\nu = \dots$ , мм<sup>2</sup>/с по трубе диаметром  $d = \dots$ , мм; длиной  $L = \dots$ , м при расходе жидкости  $Q = \dots$ , л/с.

Плотность жидкости  $\rho = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ . *Таблица 1.2 – Исходные данные для задачи 21.* Начальная буква фамилии- 1 2. Начальная буква имени- 2,4

3. Начальная буква отчества- 3

#### **Задача 3**

Определить режим течения жидкости вязкостью  $\nu = \dots$ , мм<sup>2</sup>/с в круглой трубе с внутренним диаметром  $d = \dots$ , мм для двух случаев: при расходе жидкости  $Q_1 = \dots$ , л/мин и при расходе  $Q_2 = \dots$ , л/мин. Принять  $Re_{кр} = 2300$ .

### **Ход работы:**

1. Изучить индивидуальное задание
2. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы
3. Определить режимы движения жидкости и потери давления в трубе
4. Оформить практическую работу в соответствии с заданием
5. Защитить работу, устно отвечая на вопросы закрепления

### **Контрольные вопросы:**

1. Какое движение жидкости называют установившимся, равномерным, ламинарным, турбулентным?
2. Что представляет собой число Рейнольдса?
3. Что влияет на потери напора при движении жидкости по трубе?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15

**Тема:** Изучение гидравлических и пневматических исполнительных механизмов

**Цель работы:** приобрести умения анализировать произведенные расчеты.

**Справочный материал:**

Расчет простых трубопроводов. Простым называют трубопровод, не имеющий боковых отверстий. Целями расчета простого трубопровода являются выбор условного прохода, определение потерь давления и толщины стенок.

Под условным проходом понимают внутренний диаметр трубопровода, округлённый до ближайшего значения из установленного ряда. Ряды условных проходов устанавливает ГОСТ 16516-80.

При выборе скорости потока жидкости в трубопроводах гидроприводов следует учитывать, что с увеличением скорости потока уменьшаются масса и стоимость трубопроводов и соединений, но возрастают потери давления из-за преодоления гидравлических сопротивлений, увеличивается опасность возникновения кавитации во всасывающей гидролинии насоса и гидравлических ударов.

Рекомендуется принимать следующие, максимальные значения скорости потоков жидкости в напорных трубопроводах гидроприводов в зависимости от номинального давления  $P_{ном}$

### Задания для практической работы

#### Задача 1

Определить необходимый внутренний диаметр напорного трубопровода при расходе рабочей жидкости  $Q = \dots$ , л/мин и допустимой скорости движения жидкости в трубе  $v = \dots$ , м/с.

#### Задача 2

Определить условный проход напорного трубопровода, если известен расход жидкости, протекающей через него,  $Q = \dots$ , л/мин и номинальное давление  $p_{ном} = \dots$  МПа.

#### Задача 3

Гладкий круглый трубопровод с внутренним диаметром  $d = \dots$  мм имеет длину

$L = \dots$  м. По трубопроводу перемещается рабочая жидкость - минеральное масло с кинематической вязкостью  $\nu = \dots$  мм<sup>2</sup>/с. Определить, во сколько раз увеличатся потери давления по длине, если первоначальный расход жидкости  $Q_1 = \dots$  л/мин увеличится в 3,2 раза.

1. Начальная буква фамилии- 1
2. Начальная буква имени- 2,4
3. Начальная буква отчества- 3

#### **Задача 4**

Рабочая жидкость - минеральное масло перемещается по трубопроводу диаметром

$d = \dots$  мм через местное сопротивление; коэффициент  $\zeta \dots$ , расход жидкости  $Q = \dots$  л/мин. Определить местные потери давления.

#### **Ход работы:**

1. Изучить индивидуальное задание
2. Ознакомьтесь с краткими теоретическими сведениями по теме работы
3. Определить внутренний диаметр напорного трубопровода
4. Определить условный проход напорного трубопровода
5. Определить потери давления в трубе
6. Определить толщину стенки трубы

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какой трубопровод называют простым?
2. Какое уравнение лежит в основе расчета простого трубопровода?
3. Сформулируйте определение эквивалентной длины.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №16**

**Тема:** Изучение гидравлических и пневматических исполнительных механизмов

**Цель работы:** приобрести практические навыки по определению основных параметров компрессора для заданных условий

#### **Справочный материал:**

Компрессоры предназначены для сжатия и перемещения различных газов. Они подразделяются на поршневые, ротационные центробежные и осевые.

Поршневые компрессоры.

Теоретический рабочий процесс одноступенчатого поршневого компрессора изображается в виде индикаторной диаграммы, построенной в координатах  $p, V$  (рис. 3.1).

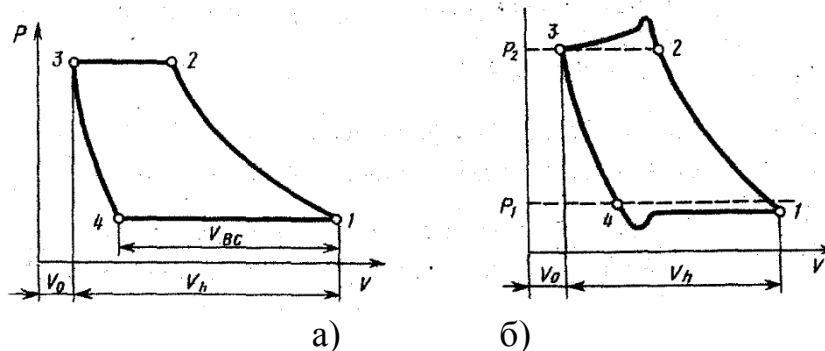


Рисунок 3.1 Индикаторной диаграммы, построенной в координатах  $p, V$

### Контрольные вопросы:

1. Назначение компрессора.
2. В чем отличие действительного рабочего процесса одноступенчатого поршневого компрессора от теоретического?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №17

**Тема:** Хроматографический анализ трансформаторного масла

**Цель работы:** изучить и освоить методику экспериментального определения удельного сопротивления твердых диэлектриков.

Справочный материал:

В технических диэлектриках всегда имеется некоторое количество свободных зарядов, обусловленных нарушением структуры диэлектрика. При внесении такого диэлектрика в электрическое поле свободные заряды обуславливают ток объемной и поверхностной утечки. При этом считается, что процесс поляризации закончился. Величина этих токов и определяет значение объемного и поверхностного удельных сопротивлений диэлектриков.

Объектами исследования могут быть плоские образцы различных твердых диэлектриков с заранее нанесенными на поверхность электродами или



эластичные (резиноподобные) диэлектрики с нажимными сменными электродами.

В процессе измерения  $R_v$  электрод "С" является измерительным, электрод "Н"- электродом напряжения, электрод "К"- охранным.

В процессе измерения  $R_s$  электрод "С" является измерительным, электрод "К"- электродом напряжения, электрод "Н"- охранным.

Удельные объемное  $R_v$  и поверхностное  $R_s$  сопротивления диэлектрика с круглыми электродами (рис.1) вычисляются по формулам:

$$R_v = (\pi D^2/4h) \cdot R_v, \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$R_s = (\pi D/g) \cdot R_s, \text{ Ом}$$

где:  $D = (d_1 + d_2)/2$ ;

$d_1$  - диаметр электрода "С", м; 75 мм

$d_2$  - внутренний диаметр электрода "К", м; 79 мм

$h$  - толщина образца диэлектрика, м; 2 мм

$g$  - ширина зазора между электродами "С" и "К", м; 2 мм

$R_v$  - измеренное объемное сопротивление, Ом;

$R_s$  - измеренное поверхностное сопротивление, Ом.

Электроды, применяемые при испытании, должны удовлетворять следующим требованиям:

- высокая проводимость электродов, хороший электрический контакт по всей поверхности сопротивления с образцом;
- недопустима деформация образца электродом и химическое воздействие на образец;
- электрод не должен менять свою форму и размеры.

Необходимо отметить некоторую условность понятия поверхностного сопротивления диэлектрика, которое определяется свойствами диэлектрика абсорбировать на своей поверхности влагу и загрязнения, но также зависит от состояния поверхности и от свойств окружающей диэлектрик среды. На жидкой поверхности диэлектрика абсорбируется меньше влаги и загрязняющих веществ, чем на шероховатой, следовательно, у материала, имеющего гладкую поверхность, поверхностное сопротивление больше, чем у материала с шероховатой поверхностью. Величины удельных сопротивлений

зависят от температуры диэлектрика, величины и длительности приложенного напряжения.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №18**

**Тема:** Хроматографический анализ трансформаторного масла

**Цель работы:** изучить механизмы поляризации диэлектриков в электрических полях, характеристики диэлектрических свойств.

### **Справочный материал:**

Для определенности рассмотрим однородное электростатическое поле, создаваемое плоским конденсатором. При внесении между пластинами конденсатора диэлектрической пластины существенно уменьшается напряженность электрического поля, и это уменьшение можно зафиксировать по увеличению емкости конденсатора.

Можно сделать предположение о том, что на напряженность электрического поля оказывает влияние среда, в которой это поле локализовано. Это явление можно объяснить следующим образом. Диэлектрики, как и все другие вещества, состоят из частиц (атомов или молекул), обладающих электрическим зарядом. Отличительной чертой диэлектриков является то, что в них отсутствуют свободные заряды, а все имеющиеся заряды связаны.

Диэлектрики можно разделить на два класса: неполярные и полярные. В неполярных диэлектриках структурные единицы, из которых они состоят, не обладают собственным электрическим полем. Например, если электроны расположены вокруг атома симметрично, то геометрический центр отрицательного заряда совпадает с расположением ядра атома, т.е. положительного заряда, и такой атом не обладает собственным электрическим полем. У большинства диэлектриков такой симметрии между отрицательными и положительными зарядами не наблюдается, в результате каждый атом или молекула обладает собственным электрическим полем и ведет себя как электрический диполь с постоянным по величине дипольным моментом. Но и полярные диэлектрики в целом не обладают собственным электрическим

полем, так как дипольные моменты отдельных атомов, расположенных хаотически друг относительно друга.

При помещении диэлектрика во внешнее электрическое поле происходит поляризация диэлектрика.

В неполярных диэлектриках происходит некоторое смещение геометрических центров отрицательного и положительного зарядов в противоположные стороны, что приводит к возникновению собственных электрических полей атомов, и, как следствие, возникновению собственного поля у диэлектрика в целом, направленного против внешнего и ослабляющего его. В полярных диэлектриках происходит частичная ориентация диполей вдоль силовых линий внешнего поля, что приводит к таким же, как и в случае неполярного диэлектрика, результатам.

Напряженность электрического поля внутри диэлектрика становится меньше.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 19**

**Тема:** Хроматографический анализ трансформаторного масла

**Цель работы:** изучить и освоить методику определения электрической прочности твердых диэлектриков.

**Справочный материал:**

Минимальное напряжение  $U_{пр}$ , приложенное к диэлектрику, и приводящее к образованию в нем проводящего канала, называется пробивным напряжением. В зависимости от того, замыкает ли канал оба электрода, пробой может быть полным, неполным или частичным. У твердых диэлектриков возможен также поверхностный пробой, после которого повреждается поверхность материала, образуя на органических диэлектриках науглероженный след-трекинг. Зависимость пробивного напряжения от времени приложения напряжения называют кривой жизни электрической изоляции. Снижение  $U_{пр}$  от времени происходит из-за электрического старения изоляции - необратимых процессов под действием тепла и электрического поля.

Свойство диэлектриков выдерживать высокое напряжение количественно выражается напряженностью электрического поля. Величина напряженности электрического поля, при которой произошел пробой диэлектрика, называется электрической прочностью:

$$E_{\text{пр}} = U_{\text{пр}}/h, \text{ где}$$

$$E_{\text{пр}}, \text{ В/м};$$

где  $U_{\text{пр}}$  – величина напряжения электрического пробоя, В;

$h$  – толщина диэлектрика, м.

Кроме В/м электрическую прочность часто выражают в мВ/м или кВ/мм. Соотношение между этими единицами таково:  $1 \text{ МВ/м} = 10^6 \text{ В/м} = 1 \text{ кВ/мм}$ .

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №20

**Тема:** Хроматографический анализ трансформаторного масла

**Цель работы:** изучить осциллографический метод измерения характеристик намагничивания и влияние на их изменение внешних факторов.

Включение осциллографа производится в следующей последовательности:

Заземляющие клеммы осциллографа должны быть соединены с шиной заземления.

Вилка питания осциллографа включается в штепсельную розетку 220 В.

Включается тумблер «сеть».

После прогрева осциллографа включается тумблер «луч вкл».

Перед подачей напряжения на вход вертикального усилителя тумблер этого усилителя ставится в положение «до 220 В». Если размер изображения при максимальном усилении получается слишком малым, то тумблер переводится в положение «до 25 В».

Скорость развертки регулируется при помощи переключателя «диапазоны частот» и «амплитуда синхронизации».

Звуковой генератор частоты ЗГ-33, также включается в сеть, прогревается. Предел измерения выходного напряжения устанавливается 50 Гц на лимбе ЗГ-33. Напряжение ЗГ-33 подается на вход схемы (рис.8.5).

При проведении работы необходимо сделать следующее:

Синусоидальном напряжении промышленной частоты для трех разных образцов магнитных материалов (электрическая сталь, пермаллой, феррит) нарисовать на кальку предельный симметричный цикл перемагничивания в режиме насыщения и в том же масштабе – серию неопределенных (частичных) петель перемагничивания (не менее 3-4 циклов). По полученным диаграммам построить основную кривую намагничивания.

#### **Ход работы:**

1. Собрать схему, подключив испытуемый образец. Настроить осциллограф, подать напряжение к схеме от  $U = 0$  до  $U = 10$  с ЗГ-33 при частоте  $f = 50$  Гц.
2. Постепенно увеличивая напряжение, меняя коэффициенты усиления, переключая сопротивление  $r_2$  интегрирующей цепочки и подстраивая осциллограф, получить на экране четкое без искажений изображение симметричного предельного цикла перемагничивания.
3. Не меняя более коэффициенты усиления зарисовать предельный цикл перемагничивания, а затем, понижая питающее напряжение, – серию частичных петель для построения основной кривой намагничивания см. рис.8.5.
4. После измерения кривой намагничивания, изменяется частота в пределах от 50 Гц до 1000 Гц и наблюдается изменение кривой  $B f(H)$  от частоты при одинаковых коэффициентах усиления электронного осциллографа.
5. Затем снова устанавливается  $f = 50$  Гц и не меняя коэффициентов усиления образец помещается в термостат и наблюдается изменение  $B = f(H)$  от температуры при ее изменении от  $20^{\circ}\text{C}$  до  $150^{\circ}\text{C}$ .
6. Записать параметры образца и схемы измерения (указаны на схеме пульта).
7. Вычислить масштабы  $m_H$ ,  $m_B$ , перестроить полученные диаграммы в масштабе, нанести основную кривую намагничивания. Указанные операции произвести отдельно для каждого из образцов.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №21

**Тема:** Составление протокола для передачи устройств в ремонтные организации

**Цель:** Изучение основ заполнения технологической документации.

**Задание:** оформить акт окончания пусконаладочных работ для магистрального насоса горячей воды с асинхронным электродвигателем марки АИР – 250М2УХЛ3 мощностью 90 кВт и частотой 1500 об/мин.

После проведения пусконаладочных работ оформляются акты об окончании пусконаладочных работ и акт сдачи-приёма пусконаладочных работ. Формы актов приведены ниже.

### Акт № \_\_\_\_\_ сдачи-приемки пусконаладочных работ

город \_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Мы, нижеподписавшиеся, представитель Заказчика:**

Наименование

фирмы \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

**и представитель Исполнителя работ:**

Наименование

фирмы \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

составили настоящий Акт о проведении пусконаладочных работ следующего оборудования согласно Заданию № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_:

Тип оборудования,

модель \_\_\_\_\_

Серийный

номер \_\_\_\_\_

Гарантийный

талон \_\_\_\_\_

На территории Заказчика по

адресу \_\_\_\_\_

Пусконаладочные работы были проведены Исполнителем в полном объеме и в установленный Заданием срок. Оборудование полностью комплектно (включая техническую документацию) и находится в исправном состоянии.

Представитель Заказчика подтверждает, что замечаний и претензий к выполнению работ не имеет.

**Особые отметки** (заполняется Исполнителем):

Замечания к состоянию рабочего помещения

Заказчика: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Нарушения техники безопасности в рабочем помещении: \_\_\_\_\_

Другое: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Настоящий Акт составлен в двух экземплярах, имеющих одинаковую юридическую силу, и передан обоим представителям

Работу  
сдал \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

Подпись Исполнителя: \_\_\_\_\_ Подпись Заказчика: \_\_\_\_\_

М.П.

М.П.

Акт

об окончании пусконаладочных работ  
(форма)

город \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Составлен представителями:

заказчика \_\_\_\_\_

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №22

**Тема:** Составление протокола для передачи устройств в ремонтные организации

**Цель работы:** Изучение основ заполнения технологической документации.

**Задание:** оформить акт окончания пусконаладочных работ для магистрального насоса горячей воды с асинхронным электродвигателем марки АИР – 250М2УХЛ3 мощностью 90 кВт и частотой 1500 об/мин.

После проведения пусконаладочных работ оформляются акты об окончании пусконаладочных работ и акт сдачи-приёма пусконаладочных работ. Формы актов приведены ниже.

### Акт № \_\_\_\_\_ сдачи-приемки пусконаладочных работ

город \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**Мы, нижеподписавшиеся, представитель Заказчика:**

Наименование

фирмы \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

**и представитель Исполнителя работ:**

Наименование

фирмы \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

составили настоящий Акт о проведении пусконаладочных работ следующего оборудования согласно Заданию № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_:

Тип оборудования,

модель \_\_\_\_\_

Серийный

номер \_\_\_\_\_

Гарантийный

талон \_\_\_\_\_

На территории Заказчика по

адресу \_\_\_\_\_

Пусконаладочные работы были проведены Исполнителем в полном объеме и в установленный Заданием срок. Оборудование полностью комплектно (включая техническую документацию) и находится в исправном состоянии.

Представитель Заказчика подтверждает, что замечаний и претензий к



выполнению работ не имеет.

**Особые отметки** (заполняется Исполнителем):

Замечания к состоянию рабочего помещения

Заказчика: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Нарушения техники безопасности в рабочем

помещении: \_\_\_\_\_

Другое: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Настоящий Акт составлен в двух экземплярах, имеющих одинаковую юридическую силу, и передан обоим представителям

Работу

сдал \_\_\_\_\_

Работу принял \_\_\_\_\_

Подпись Исполнителя: \_\_\_\_\_

Подпись Заказчика: \_\_\_\_\_

М.П.

М.П.

Акт

об окончании пусконаладочных работ  
(форма)

город \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Составлен представителями:

заказчика

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №23

**Тема:** Составление протокола для передачи устройств в ремонтные организации

**Цель:** Изучение основ заполнения технологической документации.

**Ход работы:** составить технологическую карту обслуживания осветительных установок

№ п/п	Вид работ	Срок проведения	Инструменты и приспособления

### Справочный материал:

Правильная эксплуатация установок естественного и искусственного освещения играет важную роль для создания высокого уровня освещенности в помещениях и экономии электроэнергии, расходуемой на искусственное электрическое освещение.

Эксплуатация осветительных установок включает в себя:

- 1) регулярную очистку остекления помещений и светильников от загрязнения;
- 2) своевременную замену перегоревших ламп и контроль за постоянством напряжения в осветительной сети;
- 3) реализацию мероприятий, способствующих относительно меньшему загрязнению остекления, как, например, покрытие стекол специальными прозрачными пленками, легко удаляемыми при очистке, и др.;
- 4) повышение общего уровня культуры эксплуатации здания, обеспечивающей в помещениях необходимую чистоту воздуха и отсутствие выброса в атмосферу пыли, дыма, копоти и т. д., а также регулярную уборку помещений, окраску или побелку стен и потолка.

Правильная организация эксплуатации осветительной установки и добросовестный повседневный уход за ней обеспечивают сохранение ее работоспособности и соответствие действующим правилам и нормам. При

разработке проекта осветительной установки предусматривается решение вопросов, связанных с обслуживанием светильников и доступом к элементам электрической сети.

При высоте подвеса светильников более 4,5 м (предельная высота для обслуживания со стремянки) для доступа к элементам осветительной установки возможно использование ряда способов. Например, обслуживание с мостовых монтажных, ремонтных и технологических кранов или кран-балок, оборудованных специальными огражденными площадками.

При значительном количестве светильников и размещении их рядами целесообразно устройство специальных светотехнических мостиков, которые располагаются выше кранов и позволяют вести работы по обслуживанию электрооборудования независимо от режима работы кранов и в любое время суток.

При групповом размещении светильников и для обслуживания одиночных светильников может быть предусмотрено устройство огражденных светотехнических площадок или установка специальных скоб с заспинными дугами.

При наличии технического этажа возможна организация обслуживания светильников с него, а в некоторых случаях предусматривается опускание светильников вниз для обслуживания их с пола. Находит также широкое применение обслуживание светильников с помощью передвижных телескопических вышек и выдвижных лестниц различной конструкции.

Независимо от типа применяемых источников света, для любой осветительной установки имеются общие требования к эксплуатационному персоналу и к организации эксплуатации. Эти требования можно сформулировать следующим образом.

Основное правило эксплуатации сводится к регулярному наблюдению, своевременному ремонту и устранению обнаруженных неполадок в работе всех элементов осветительной установки. Поскольку обнаружить неисправности отдельных элементов установки в большинстве случаев можно только по режиму горения ламп, то необходимо систематически вести журнал

эксплуатации, в котором нужно отмечать данные о режиме работы осветительной установки (время горения ламп, смена ламп, время чистки светильников, данные о замере изоляции сети, замена вышедших из строя элементов светильников и их ремонт и др.).

На работу ламп оказывает сильное влияние величина напряжения в питающей сети и ее отклонение от номинального значения, поэтому необходимо следить за поддержанием постоянства напряжения в сети, выявлять и устранять причины резких колебаний напряжения. От четкого контроля режима напряжения питающей сети очень часто зависит фактический срок службы ламп.

Пыль и копоть, осаждаясь на отражающих поверхностях светильников, покрывая тонким слоем рассеиватели и колбы ламп, вызывают дополнительное поглощение светового потока, создаваемого источником света, и тем самым снижают коэффициент полезного действия светильника. Постепенное загрязнение стен и потолков уменьшает их коэффициент отражения, при этом возрастает поглощение ими светового потока, что приводит также к снижению освещенности рабочих мест.

В связи с этим хорошее состояние осветительной установки обуславливается своевременной и тщательной очисткой элементов осветительного электрооборудования от всех видов загрязнений, регулярной покраской стен и потолков помещений и проведением планово-предупредительных осмотров и текущих ремонтов электрооборудования

Очистка. Очищают корпус и конструкции светильников и осветительных установок от пыли щеткой-сметкой и протирают обтирочным материалом. Снимают плафоны и электрические лампы. Плафоны промывают 5 %-ным раствором каустической соды в воде, а затем чистой водой и просушивают. Лампы протирают влажным, обтирочным материалом. Контактные поверхности Ламп покрывают тонким слоем технического вазелина.

Частота чистки светильников зависит от многих факторов и в первую очередь от среды освещаемого помещения. Так, светильники в цехах

металлургического завода нуждаются в большей частоте обслуживания, чем установленные в коридоре больницы. Точно так светильники в шлифовальной мастерской должны чиститься чаще, чем светильники в зале заседания, расположенном в том же здании.

Количество чисток, определенные главой II-A, 9-71 СНиП «Искусственное освещение.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №24

**Тема:** Составление протокола для передачи устройств в ремонтные организации

**Цель работы:** Изучение основ заполнения технологической документации.

Закрепление и накопление знаний учащихся, полученных на лекциях и при самостоятельном изучении литературы.

**Задание:** выявить дефект магнитного пускателя и заполнить дефектную ведомость.

Изучите теоретический материал и заполните дефектную ведомость.

Приведенные ниже формы ремонтной документации являются типовыми. В зависимости от сложившейся в ремонтных службах предприятий специфики учета проводимых ремонтно-профилактических воздействий (ремонтные осмотры, проверки, испытания и т.п.), в формы ремонтной документации могут включаться дополнительные графы (пункты).

*Форма 1*

Предприятие (объединение _____ Структурное подразделение _____ СМЕННЫЙ ЖУРНАЛ ПО УЧЕТУ ВЫЯВЛЕННЫХ ДЕФЕКТОВ И РАБОТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ (наименование производства, схема)							
Наименование оборудования	Номер по схеме (инвент. номер)	Описание обнаруженных дефектов	Дата, время	Подпись	Отметка об устранении дефектов	Дата, время	Подпись

1	2	3	4	5	6	7	8

Форма 2

Предприятие (объединение) \_\_\_\_\_

Структурное подразделение \_\_\_\_\_

### РЕМОНТНЫЙ ЖУРНАЛ

Наименование

оборудования \_\_\_\_\_

Инвентарный номер (номер по схеме)

Паспорт \_\_\_\_\_

Вид ремонта	Дата ремонта		Фактически и отработано часов после предыдущего ремонта (числитель) и простой в ремонте (знаменатель), ч	Описание проведенных ремонтных работ	Наименование и номер замененных узлов, агрегатов и деталей	Должность, фамилия и подпись ответственного лица		Примечание
	начало	окончание				проводившего ремонт	принявшего ремонт	
	2	3	4	5	6	7	8	9

Предприятие \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ

Цех \_\_\_\_\_

Главный механик (энергетик)

«        » \_\_\_\_\_ Г.

*Форма 3*

## ВЕДОМОСТЬ ДЕФЕКТОВ

на \_\_\_\_\_ ремонт \_\_\_\_\_ инвентарный № \_\_\_\_\_

оборудования	вид	ремонта	наименование
--------------	-----	---------	--------------

Наименование агрегатов, узлов и деталей, подлежащих ремонту, перечень дефектов и мероприятия по их устранению	№ чертежа	Необходимые материалы и запчасти			Ответственный исполнитель ремонта (должность, фамилия)	Примечание
		Наименование	Единица изм.	Количество		
1	2	3	4	5	6	7

Проверил

Начальник цеха

Ст. инженер бюро ППР

## Руководитель ремонта

## Справочный материал:

Низковольтная пускозащитная аппаратура служит для включения и отключения главных цепей в системах, передающих электрическую энергию от

источника электрической энергии к потребителю. Кроме этого, они используются в цепях управления электроприводами. К пускозащитной аппаратуре могут быть отнесены: рубильники; магнитные пускатели; автоматические выключатели; защитно-отключающие устройства (например, УВТЗ, ФУЗ и т.д.). Рубильники предназначены для нечастого включения и отключения тока в цепях напряжением до 380 В. Различают рубильники по признакам. Отключаемый рубильниками ток должен быть меньше или равен номинальному току рубильника. Технические характеристики рубильников, выпускаемых промышленностью, приведены в /1, 2, 3/. Магнитные пускатели предназначены для дистанционного включения и отключения трехфазных асинхронных электродвигателей и других токоприемников напряжением до 500 В с номинальным током до 150 А. При наличии тепловых реле они обеспечивают защиту токоприемников от перегрузок. Основные технические данные магнитных пускателей серий ПМЕ, ПАЕ и ПМЛ. Все типы магнитных пускателей предназначены для работы в среде с относительной влажностью 70% без наличия в воздухе агрессивных примесей.

В процессе эксплуатации электрооборудование подвергается воздействию различных факторов, что приводит к его износу. Поэтому для повышения его срока службы необходимо проводить плановые работы по техническому обслуживанию и текущему ремонту.

В зависимости от назначения электрических аппаратов при их техническом обслуживании проводятся следующие работы: проверка соответствия аппаратов условиям эксплуатации и нагрузке, чистка аппаратов, проверка исправности подключенной к аппаратам электропроводки и сетей заземления, наружный и внутренний осмотр аппаратов и ликвидация видимых повреждений, наружный осмотр взрывонепроницаемой оболочки (для аппаратов во взрывозащищенном исполнении); затяжка крепежных деталей, чистка контактов от грязи и наплывов, проверка исправности кожухов, рукояток, замков, ручек и другой арматуры; проверка уровня и температуры масла, отсутствия течи и доливка



масла (при необходимости); проверка нагрева элементов сопротивления, контактов во всех пускорегулирующих аппаратах, наличия соответствующих надписей на щитках, панелях и аппаратах; проверка наличия нагревательных элементов и тепловых реле и их соответствие номинальному току токоприемника; проверка наличия и исправности механической блокировки, регулирование одновременности включения и отключения ножей рубильников и переключателей, замен предохранителей и плавких вставок; проверка работы сигнальных устройств и целостности пломб на реле и других аппаратах; проверка наличия резервных элементов и запасных частей для технического обслуживания и ремонта.

Электрические аппараты, техническое состояние которых не соответствует требованиям техники безопасности или имеющие отклонения от допустимых пределов, подлежат замене или ремонту.

Для аппаратов, работающих в горячих цехах, во влажных и загрязненных участках, периодичность капитального ремонта рекомендуется принимать через 34 560 ч, а для работающих в деревообрабатывающих цехах и в цехах с большим содержанием пыли - 25 920 ч, периодичность текущего ремонта в обоих случаях принимать через 4320 ч.

Периодичность капитального ремонта масляных и электромагнитных выключателей, питающих технологические агрегаты, управляемые дистанционно из цеха с частыми пусками и остановками, в том числе для подачи аварийного сигнала карьерных, кабельных и воздушных линий, планировать в соответствии с требованиями ПТЭ и ПТБ.

Ремонт электрических аппаратов, как правило, должен производиться одновременно с ремонтом токоприемников, установленных на технологическом оборудовании.

Для аппаратов во взрывозащищенном и тропическом исполнении вводится коэффициент 1,6, а для двухполюсных аппаратов-0,75.

На техническое обслуживание аппаратов следует принимать 10% трудоемкости текущего ремонта.

наладочных работ. При обслуживании электроустановки одним дежурным в смене

# Информационное обеспечение обучения

## Печатные и электронные издания

### Основные печатные издания

1. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2019. — 64 с. — ISBN 978-5-7996-1493-5. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/68237>
2. Козлов, А. Н. Собственные нужды тепловых, атомных и гидравлических станций и подстанций : учебное пособие для СПО / А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева. — Саратов: Профобразование, 2021. — 311 с. — ISBN 978-5-4488-1154-8. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/105156>
3. Кулеева, Л. И. Проектирование подстанции: учебное пособие для СПО / Л. И. Кулеева, С. В. Митрофанов, Л. А. Семенова. — Саратов : Профобразование, 2020. — 110 с. — ISBN 978-5-4488-0580-6. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/92147>
4. Матаев, У. М. Короткие замыкания и защита линий 0,4-35 кВ. II часть - 2110002 «Монтаж и наладка электрооборудования электрических станций, подстанций и линий электропередач» / У. М. Матаев, А. А. Абдурахманов, Б. А. Алиев. — Алматы : Нур-Принт, 2019. — 185 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/67069>
5. Меры безопасности при работах на оборудовании электрических подстанций и сетей : учебное пособие / Е. Е. Привалов, А. В. Ефанов, С. С. Ястребов, В. А. Ярош ; под редакцией Е. Е. Привалова. — Ставрополь: Параграф, 2020. — 315 с. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/109390>
6. Савина, Н. В. Современные электроэнергетические системы и сети: учебное пособие для СПО / Н. В. Савина. — Саратов : Профобразование, 2021. — 163 с. — ISBN 978-5-4488-1155-5. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/105157>
7. Савина, Н. В. Электрические сети : практикум для СПО / Н. В. Савина, Ю. В. Мясоедов, В. Ю. Маркитан. — Саратов: Профобразование, 2021. — 253 с. — ISBN 978-5-4488-1149-4. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/105163>

### **Дополнительные учебные издания:**

8. Ключкова, Н. Н. Электрооборудование подстанций: учебное пособие / Н. Н. Ключкова, А. В. Обухова. — 2-е изд. — Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 89 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/91161>

9. Коломиец, Н. В. Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций : курсовой проект по дисциплине «Техническая эксплуатация электрооборудования электрических станций, сетей и систем» / Н. В. Коломиец, Н. Р. Пономарчук, Г. А. Елгина. — Саратов: Профобразование, 2019. — 71 с. — ISBN 978-5-4488-0028-3. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/66398>

### **Интернет ресурсы:**

10. <http://forca.ru/> Энергетика, оборудование, документация;
11. <http://www.minenergo.com/Министерство> энергетики РФ
12. <http://mosenergo.ru> Официальный сайт Мосэнерго;
13. <http://eprussia.ru/lib/> Энергетика и промышленность России;

### **Электронно-библиотечная система:**

14. ЭБС «elibrary», ООО «РУНЭБ»
15. ЭБС «IPRbooks», ООО «Ай Пи Ар Медиа»
16. ЭБС «Лань», ООО «Издательство Лань»
17. ЭБС «PROФобразование»
18. ЭБС «Book.ru»