

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.03.01 «Ремонт и наладка 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 3.1    Планировать и организовывать работу по ремонту оборудования;
- ПК 3.2    Находить и устранять повреждения оборудования.

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.03.01 «Ремонт и наладка устройств электроснабжения» содержит 30 практических занятия.

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**  
МДК.03.01 Ремонт и наладка устройств электроснабжения

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1**

Тема: Составление графика производства ремонтных работ

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2**

Тема: Составление графика производства ремонтных работ

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3**

Тема: Составление структурно-технологической схемы

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4**

Тема: Составление структурно-технологической схемы

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5**

Тема: Составление такелажных схем

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6**

Тема: Составление такелажных схем

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7**

Тема: Составление технологической карты на текущий ремонт электрической машины

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8**

Тема: Составление технологической карты на текущий ремонт электрической машины

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9**

Тема: Составление технологической карты на капитальный ремонт асинхронного двигателя

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10**

Тема: Составление технологической карты на капитальный ремонт асинхронного двигателя»

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11**

Тема: Разборка асинхронных и синхронных машин

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12**

Тема: Разборка асинхронных и синхронных машин

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13**

Тема: Разборка машин постоянного тока

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14**

Тема: Разборка машин постоянного тока

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15**

Тема: Определение неисправностей асинхронного двигателя

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №16**

Тема: Определение неисправностей асинхронного двигателя

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №17**

Тема: Определение неисправностей синхронного электродвигателя

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №18**

Тема: Определение неисправностей синхронного электродвигателя

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №19**

Тема: Определение неисправностей машин постоянного тока

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №20**

Тема: Определение неисправностей машин постоянного тока

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №21**

Тема: Выявление дефектов и замена подшипников качения

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №22**

Тема: Сборка асинхронного электродвигателя

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №23**

Тема: Составление дефектной ведомости на капитальный ремонт трансформаторов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 24**

Тема: Составление дефектной ведомости на капитальный ремонт трансформаторов

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №25**

Тема: Составление технологической карты на ремонт магнитопровода силового трансформатора

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №26**

Тема: Составление технологической карты на ремонт магнитопровода силового трансформатора

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №27**

Тема: Составление технологической карты на ремонт обмоток силового трансформатора

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №28**

Тема: Составление технологической карты на ремонт обмоток силового трансформатора

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №29**

Тема: Составление технологической карты на ремонт изоляторов силового трансформатора

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №30**

Тема: Составление технологической карты на ремонт изоляторов силового трансформатора

## **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: Составление графика производства ремонтных работ

**Цель работы:** научиться рассчитывать периодичность работ по плановому ТО и ремонту. Составлять годовой план – график ППР оборудования.

**Справочный материал:**

**Планово-предупредительный ремонт (ППР)** – это комплекс организационно-технических мероприятий по надзору, уходу и всем видам ремонта, которые проводятся периодически по заранее составленному плану.

Благодаря этому предупреждается преждевременный износ оборудования, устраняются и предупреждаются аварии, системы противопожарной защиты поддерживаются в постоянной эксплуатационной готовности.

Система планово-предупредительного ремонта включает в себя следующие виды технического ремонта и обслуживания:

- еженедельное техническое обслуживание,
- ежемесячный текущий ремонт,
- ежегодный планово-предупредительный ремонт,

Ежегодный планово-предупредительный ремонт проводится в соответствии с годовым план-графиком ППР оборудования.

**Составление графика ППР**

Годовой график планово-предупредительного ремонта, на основе которого, определяется потребность в ремонтном персонале, в материалах, запасных частях, комплектующих изделиях. В него включается каждая единица, подлежащая капитальному и текущему ремонту.

**Порядок выполнения.**

1. Начертите от руки или в программе Excel таблицу из двадцати четырех столбцов. Количество строк зависит от того, сколько единиц оборудования вам нужно занести в свою таблицу.**2**

2. Найдите информацию о том, как часто по нормам законодательства нужно проводить профилактический ремонт оборудования того типа, который используется в вашей организации. Для этого существуют специальные сборники нормативов по типам оборудования. Их можно приобрести в книжных магазинах в отделах технической литературы или взять в библиотеке. Но при этом нужно иметь в виду, что нормативы должны быть актуальными, поэтому выбирайте самый новый сборник из предлагаемых.**3**

3. Начните заполнять созданную таблицу. В первой графе запишите название оборудования, модификацию и фирму-производителя. Далее укажите инвентарный номер, данный этой технике на вашем предприятии. В графах с третью по пятую заносится информация о том, сколько может проработать то или иное техническое устройство между плановыми ремонтами. Возьмите эту информацию из справочника по нормативам.

4. С шестого по десятый пункт дается информация о том, когда проводились последние ремонты оборудования. Указываются как плановые проверки, так и устранение различных неожиданно возникших неполадок.

5. Далее пункты с одиннадцатого по двадцатый второй обозначаются месяцами наступающего года. В каждом из них вы должны поставить отметку, планируется ли плановый или капитальный ремонт конкретного прибора в этот период. Перед этим просмотрите нормативы на ремонт оборудования и сделайте вывод о том, когда лучше всего провести техническую проверку того или иного станка.

6. В двадцать третьей графе нужно записать годовой срок нахождения станка в ремонте. Для этого сложите все дни, которые полагаются на ремонт этого типа оборудования по регламенту, и укажите в таблице получившуюся цифру.

7. В последнем, двадцать четвертом пункте, укажите общее время, которое должен проработать станок в течение года. Для этого сложите все часы, в течение которых будет работать аппарат в году, и вычтите из них время, отведенное на ремонт.

**Контрольные вопросы.**

1. Что обозначает ППР?
2. Назначение ППР.
3. На основании каких документов составляется ППР?



## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2**

Тема: Составление графика производства ремонтных работ

**Цель работы:** научиться рассчитывать периодичность работ по плановому ТО и ремонту. Составлять годовой план – график ППР оборудования.

**Справочный материал:**

**Планово-предупредительный ремонт (ППР)** – это комплекс организационно-технических мероприятий по надзору, уходу и всем видам ремонта, которые проводятся периодически по заранее составленному плану.

Благодаря этому предупреждается преждевременный износ оборудования, устраняются и предупреждаются аварии, системы противопожарной защиты поддерживаются в постоянной эксплуатационной готовности.

Система планово-предупредительного ремонта включает в себя следующие виды технического ремонта и обслуживания:

- еженедельное техническое обслуживание,
- ежемесячный текущий ремонт,
- ежегодный планово-предупредительный ремонт,

Ежегодный планово-предупредительный ремонт проводится в соответствии с годовым план-графиком ППР оборудования.

**Составление графика ППР**

Годовой график планово-предупредительного ремонта, на основе которого, определяется потребность в ремонтном персонале, в материалах, запасных частях, комплектующих изделиях. В него включается каждая единица, подлежащая капитальному и текущему ремонту.

**Порядок выполнения.**

1. Начертите от руки или в программе Excel таблицу из двадцати четырех столбцов. Количество строк зависит от того, сколько единиц оборудования вам нужно занести в свою таблицу.**2**

2. Найдите информацию о том, как часто по нормам законодательства нужно проводить профилактический ремонт оборудования того типа, который используется в вашей организации. Для этого существуют специальные сборники нормативов по типам оборудования. Их можно приобрести в книжных магазинах в отделах технической литературы или взять в библиотеке. Но при этом нужно иметь ввиду, что нормативы должны быть актуальными, поэтому выбирайте самый новый сборник из предлагаемых.**3**

3. Начните заполнять созданную таблицу. В первой графе запишите название оборудования, модификацию и фирму-производителя. Далее укажите инвентарный номер, данный этой технике на вашем предприятии. В графах с третью по пятую заносится информация о том, сколько может проработать то

или иное техническое устройство между плановыми ремонтами. Возьмите эту информацию из справочника по нормативам.

4. С шестого по десятый пункт дается информация о том, когда проводились последние ремонты оборудования. Указываются как плановые проверки, так и устранение различных неожиданно возникших неполадок.

5. Далее пункты с одиннадцатого по двадцатый второй обозначаются месяцами наступающего года. В каждом из них вы должны поставить отметку, планируется ли плановый или капитальный ремонт конкретного прибора в этот период. Перед этим просмотрите нормативы на ремонт оборудования и сделайте вывод о том, когда лучше всего провести техническую проверку того или иного станка.

6. В двадцать третьей графе нужно записать годовой срок нахождения станка в ремонте. Для этого сложите все дни, которые полагаются на ремонт этого типа оборудования по регламенту, и укажите в таблице получившуюся цифру.

7. В последнем, двадцать четвертом пункте, укажите общее время, которое должен проработать станок в течение года. Для этого сложите все часы, в течение которых будет работать аппарат в году, и вычтите из них время, отведенное на ремонт.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Что обозначает ППР?
2. Назначение ППР.
3. На основании каких документов составляется ППР?

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: Составление структурно-технологической схемы

**Цель работы:** научиться читать и составлять простейшие структурные функциональные схемы автоматических систем.

#### Справочный материал:

Информацию, подлежащую передаче, называют сообщением. В автоматике сообщением является электрический сигнал (сила тока, напряжение) определённой величины.

Автоматические устройства состоят из элементов, каждый из которых может выполнить одну простейшую операцию с сигналом — носителем информации. Системы автоматики состоят из отдельных, связанных между собой элементов, каждый из которых выполняет определённую функцию. Элемент автоматики можно рассматривать как преобразователь энергии, на вход которого подается сигнал—некоторая величина  $X$ , а с выхода снимается сигнал— величина  $Y$  (рис. 1).

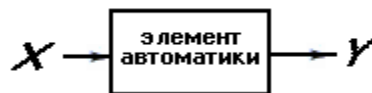


Рис. 1.1 Элемент автоматики.

Элементами автоматики в зависимости от назначения являются: объекты управления; датчики; усилители; устройства управления; исполнительные механизмы; пр. Различные элементы автоматики выполняют каждый свою функцию в управлении технологическим процессом.

**Технологический процесс** — это часть производственного процесса, содержащая действия, выполняемые в определенном порядке для изменения состояния объекта и определения этого состояния. Технологические процессы являются объектами управления.

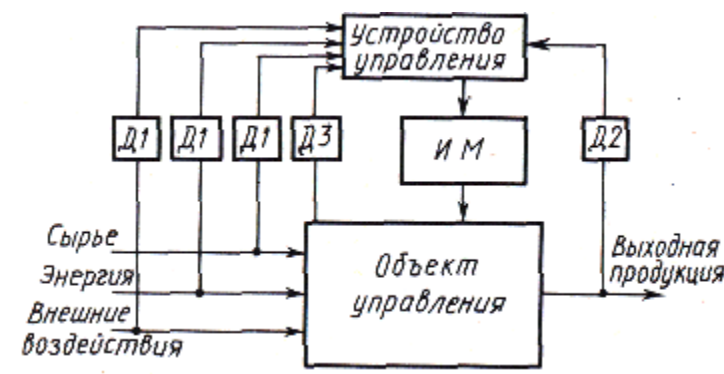


Рис. 1.2. Упрощенная схема управления технологическим процессом

Датчики *Д1* получают информацию о параметрах сырья, энергии и различных внешних воздействий; датчики *Д2*— о параметрах выходной продукции; датчики *Д3*— о текущем состоянии объекта управления.

Эта информация преобразуется датчиками во входные сигналы устройства управления. На основании информации датчиков устройство управления вырабатывает необходимые сигналы управления.

Устройствами, передающими управляющее воздействие, являются исполнительные механизмы *ИМ*. Они осуществляют непосредственное управление работой объекта управления.

Для изучения работы различных автоматических систем управления технологическими процессами используют их структурные, функциональные и принципиальные схемы.

Функциональная и структурная схемы систем автоматики (блок-схемы) используют для наглядности и изображения элементов автоматических систем и их функциональной зависимости. Они показывают общий принцип действия и структуру системы, служат для общего ознакомления с автоматическим устройством и являются основой для составления принципиальных схем.

Составные части системы (блоки) представляются геометрическими фигурами (прямоугольниками, кружками), а их взаимодействие — линиями со стрелками. Блоки обозначаются буквами (словами), соответствующими выполняемым ими функциям. Число блоков зависит от детализации функций, выполняемых в системе.

Каждый из видов автоматических систем имеют ряд общих функциональных узлов, позволяющих свести любую систему (управления, контроля, регулирования) к общей функциональной схеме.

*Принципиальная схема* дает подробное представление о работе и структуре автоматической системы.

На этой схеме элементы и связи между ними изображают в виде условных графических обозначений, установленных Государственным стандартом (ГОСТ). Позиционные обозначения устройств или элементов принципиальной схемы также определяются требованиями ГОСТа.

На рис. 3, *а* представлена простейшая принципиальная электрическая схема электропривода с двигателем постоянного тока, питаемым от генератора постоянного тока с независимым возбуждением, и тахогенератором на валу двигателя.

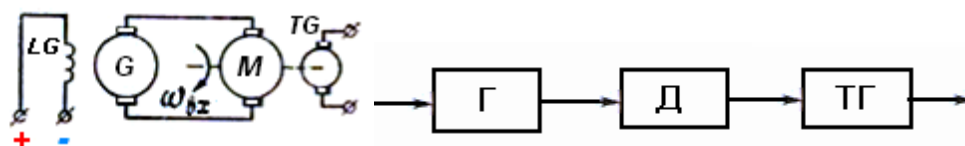


Рис. 1.3. Схема электропривода: *а* — принципиальная; *б* — структурная

На структурной схеме (рис. 3, б) все три элемента системы изображены в виде прямоугольников, а функциональная связь между ними указана стрелками.

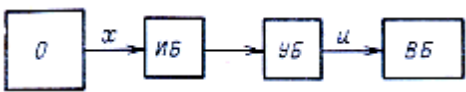
Для разработки системы автоматики нужно знать:

- ☐ Продукт, который мы хотим получить
- ☐ Операции, которые нужно выполнить для его получения
- ☐ Порядок выполнения операций
- ☐ Устройства, необходимые для выполнения этих операций
- ☐ Промежуточные величины, которые нужно контролировать для получения оптимального результата

### Ход работы.

#### Задание 1.

1. Запишите признаки структурной и принципиальной схем. Какая из схем является блок-схемой, а какая – принципиальной? На основании каких утверждений вы сделали такой вывод?

Схема	Признаки
Тип	1.
схемы: _____	2.
—	3.
	4.
	5.

### Контрольные вопросы.

1. Как изображают на принципиальной схеме элементы и связи между ними?
2. Что называется технологическим процессом?
3. Какой тип схемы использован для объяснения технологического процесса? Сколько элементов автоматики работает в данной схеме?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

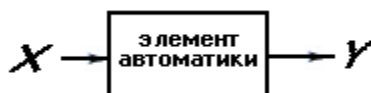
Тема: Составление структурно-технологической схемы

**Цель работы:** научиться читать и составлять простейшие структурные и функциональные схемы автоматических систем.

#### Справочный материал:

Информацию, подлежащую передаче, называют сообщением. В автоматике сообщением является электрический сигнал (сила тока, напряжение) определённой величины.

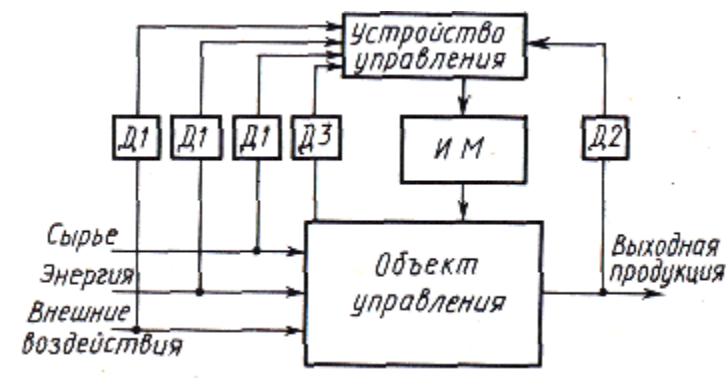
Автоматические устройства состоят из элементов, каждый из которых может выполнить одну простейшую операцию с сигналом — носителем информации. Системы автоматики состоят из отдельных, связанных между собой элементов, каждый из которых выполняет определенную функцию. Элемент автоматики можно рассматривать как преобразователь энергии, на вход которого подается сигнал—некоторая величина  $X$ , а с выхода снимается сигнал— величина  $Y$  (рис. 1).



**Рис. 1.1 Элемент автоматики.**

Элементами автоматики в зависимости от назначения являются: объекты управления; датчики; усилители; устройства управления; исполнительные механизмы; пр. Различные элементы автоматики выполняют каждый свою функцию в управлении технологическим процессом.

**Технологический процесс** — это часть производственного процесса, содержащая действия, выполняемые в определенном порядке для изменения состояния объекта и определения этого состояния. Технологические процессы являются объектами управления.



**Рис. 1.2. Упрощенная схема управления технологическим процессом**

Датчики  $Д1$  получают информацию о параметрах сырья, энергии и различных внешних воздействий; датчики  $Д2$ — о параметрах выходной продукции; датчики  $Д3$ — о текущем состоянии объекта управления.

Эта информация преобразуется датчиками во входные сигналы устройства управления. На основании информации датчиков устройство управления вырабатывает необходимые сигналы управления.

Устройствами, передающими управляющее воздействие, являются исполнительные механизмы **ИМ**. Они осуществляют непосредственное управление работой объекта управления.

Для изучения работы различных автоматических систем управления технологическими процессами используют их структурные, функциональные и принципиальные схемы.

Функциональная и структурная схемы систем автоматики (блок-схемы) используют для наглядности и изображения элементов автоматических систем и их функциональной зависимости. Они показывают общий принцип действия и структуру системы, служат для общего ознакомления с автоматическим устройством и являются основой для составления принципиальных схем.

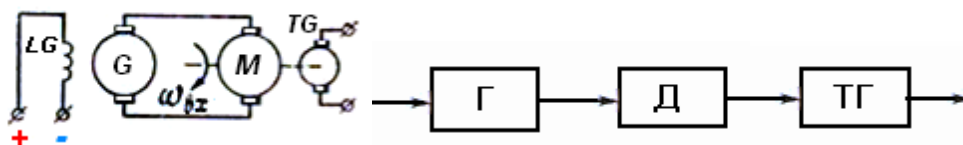
Составные части системы (блоки) представляются геометрическими фигурами (прямоугольниками, кружками), а их взаимодействие – линиями со стрелками. Блоки обозначаются буквами (словами), соответствующими выполняемым ими функциям. Число блоков зависит от детализации функций, выполняемых в системе.

Каждый из видов автоматических систем имеют ряд общих функциональных узлов, позволяющих свести любую систему (управления, контроля, регулирования) к общей функциональной схеме.

***Принципиальная схема** дает подробное представление о работе и структуре автоматической системы.*

На этой схеме элементы и связи между ними изображают в виде условных графических обозначений, установленных Государственным стандартом (ГОСТ). Позиционные обозначения устройств или элементов принципиальной схемы также определяются требованиями ГОСТа.

На рис. 3, *а* представлена простейшая принципиальная электрическая схема электропривода с двигателем постоянного тока, питаемым от генератора постоянного тока с независимым возбуждением, и тахогенератором на валу двигателя.



**Рис. 1.3. Схема электропривода: а — принципиальная; б — структурная**

На структурной схеме (рис. 3, *б*) все три элемента системы изображены в виде прямоугольников, а функциональная связь между ними указана стрелками.

Для разработки системы автоматики нужно знать:

- ☐ Продукт, который мы хотим получить
- ☐ Операции, которые нужно выполнить для его получения

- ☐ Порядок выполнения операций
- ☐ Устройства, необходимые для выполнения этих операций
- ☐ Промежуточные величины, которые нужно контролировать для получения оптимального результата

#### **Ход работы.**

**Задание 2.** Составьте функциональную схему технологического процесса по своей профессии

**Задание 3.** Составьте структурную схему по своей профессии

#### **Контрольные вопросы.**

1. Для чего используются в автоматике блок-схемы?
2. Как представляют в блок-схемах составные части системы? направление передачи сигнала?
3. Что означают буквы, написанные внутри блоков структурной схемы?

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5**

Тема: Составление такелажных схем

**Цель работы:** изучить средства, приспособления для монтажа и демонтажа электрооборудования

#### **Справочный материал:**

**Стропами** называют отрезки канатов или цепей, соединённые определенным образом и снабжённые специальными подвесными приспособлениями, обеспечивающими быстрое, удобное и безопасное закрепление грузов. Обычно стропы изготавливают в виде одной или двух ветвей из канатов, концы которых сращивают.

Выбор типоразмера стропа производится в зависимости от массы, конфигурации и мест строповки оборудования и грузов.

#### **Типовые правила**

Стропальщик должен работать, когда у него находится схема строповки. Она не всегда может быть под рукой. Поэтому для погрузки или выгрузки необходимо знать и применять правила строповки по стандартным схемам.

1. Строительные элементы (плиты, блоки и т.п.) перемещаются с захватом крюками за специальные петли. При этом количество строп и петель должно быть равным, иначе конструкция может разрушиться.

2. Грузы длиной не более 2 м перемещаются с помощью захвата кольцевой стропой на удавку.

3. Длинномерные изделия захватываются петлями двух строп при расстоянии от краев не более чем на 1/4 длины. Угол между ними не должен превышать 90° за счет правильного выбора их длины.

4. Листовой металл перемещается с помощью захвата специальными эксцентриками или струбцинами. Чтобы не повредить его поверхность, применяются подкладки из дерева, резины и т. п.

5. Стropовка оборудования производится за специальный такелаж:



петли, закладные, крюки, рым-болты и др.

6. Неиспользуемые ветви стропа не должны мешать транспортировке. Их укрепляют, чтобы при перемещении концы не задевали встречные предметы.

7. Не допускается провисание или изгиб стропа на рёбрах груза. Тросы нагружаются равномерно.

8. Крюк должен подходить по размерам к петле или рым-болту.

9. Когда имеется нестандартная или разработанная схема строповки, такелажные работы следует обязательно проводить в присутствии лица, ответственного за их безопасность.

### **1. Подбор стропов к перемещаемым грузам**

Выбор стропов начинают с определения массы груза и расположения его центра тяжести. Если на грузе таких обозначений нет, то необходимо уточнить эти параметры у лица, ответственного за производство грузоподъёмных работ. Во всех случаях необходимо убедиться в том, что груз, подлежащий перемещению, может быть поднят имеющимися в вашем распоряжении грузоподъёмными средствами. Определив массу поднимаемого груза и расположение центра тяжести, определяют число мест застропки и их расположение с таким расчётом, чтобы груз не мог опрокинуться или самостоятельно развернуться. Из этого расчёта выбирают строп или подходящее грузозахватное приспособление. Одновременно следует учитывать длину выбираемого много ветвевго стропового грузозахватного приспособления.

При выборе **длины** стропа следует исходить из того, что при малой длине угол между ветвями строп будет больше  $90^\circ$ , а при большой длине — теряется высота подъема груза и возникает возможность его кручения. Оптимальные углы между ветвями строп находятся в пределах  $60 - 90^\circ$

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6**

**Тема:** Составление такелажных схем

**Цель работы:** изучить средства, приспособления для монтажа и демонтажа электрооборудования

Справочный материал:

Стропами называют отрезки канатов или цепей, соединённые определенным образом и снабжённые специальными подвесными приспособлениями, обеспечивающими быстрое, удобное и безопасное закрепление грузов. Обычно стропы изготавливают в виде одной или двух ветвей из канатов, концы которых сращивают.

Выбор типоразмера стропа производится в зависимости от массы, конфигурации и мест строповки оборудования и грузов.

Типовые правила

Стропальщик должен работать, когда у него находится схема строповки. Она не всегда может быть под рукой. Поэтому для погрузки или выгрузки необходимо знать и применять правила строповки по стандартным схемам.

1. Строительные элементы (плиты, блоки и т.п.) перемещаются с захватом крюками за специальные петли. При этом количество строп и петель должно быть равным, иначе конструкция может разрушиться.

2. Грузы длиной не более 2 м перемещаются с помощью захвата кольцевой стропой на удавку.

3. Длинномерные изделия захватываются петлями двух строп при расстоянии от краев не более чем на  $1/4$  длины. Угол между ними не должен превышать  $90^\circ$  за счет правильного выбора их длины.

4. Листовой металл перемещается с помощью захвата специальными эксцентриками или струбцинами. Чтобы не повредить его поверхность, применяются подкладки из дерева, резины и т. п.

5. Строповка оборудования производится за специальный такелаж: петли, закладные, крюки, рым-болты и др.

6. Неиспользуемые ветви стропа не должны мешать транспортировке. Их укрепляют, чтобы при перемещении концы не задевали встречные предметы.

7. Не допускается провисание или изгиб стропа на рёбрах груза. Тросы нагружаются равномерно.

8. Крюк должен подходить по размерам к петле или рым-болту.

9. Когда имеется нестандартная или разработанная схема строповки, такелажные работы следует обязательно проводить в присутствии лица, ответственного за их безопасность.

#### 1. Подбор стропов к перемещаемым грузам

Выбор стропов начинают с определения массы груза и расположения его центра тяжести. Если на грузе таких обозначений нет, то необходимо уточнить эти параметры у лица, ответственного за производство грузоподъёмных работ. Во всех случаях необходимо убедиться в том, что груз, подлежащий перемещению, может быть поднят имеющимися в вашем распоряжении грузоподъёмными средствами. Определив массу поднимаемого груза и расположение центра тяжести, определяют число мест застропки и их расположение с таким расчётом, чтобы груз не мог опрокинуться или самостоятельно развернуться. Из этого расчёта выбирают строп или подходящее грузозахватное приспособление. Одновременно следует учитывать длину выбираемого много ветвевое стропового грузозахватного приспособления.

При выборе длины стропа следует исходить из того, что при малой длине угол между ветвями строп будет больше  $90^\circ$ , а при большой длине — теряется высота подъема груза и возникает возможность его кручения. Оптимальные углы между ветвями строп находятся в пределах  $60^\circ - 90^\circ$ .

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

**Тема:** Составление технологической карты на текущий ремонт электрической машины

**Цель работы:** усвоение методики текущего ремонта электрической машины; приобретение навыков по составлению технологической карты на текущий ремонт электрооборудования.

**Оборудование:** типовая технологическая карта на ремонт электродвигателя.

### **Справочный материал**

Текущий ремонт представляет собой минимальный по объёму ремонт с разборкой электрооборудования. При текущем ремонте очищают оборудование от пыли и грязи, заменяют или восстанавливают отдельные детали и части механизмов, устраняют мелкие неисправности и повреждения оборудования, восстанавливают надёжность электрических соединений, устраняют дефекты изоляции, заменяют обгоревшие контакты силовых трансформаторов, выключателей нагрузки, масляных выключателей, автоматических выключателей, заменяют масло или доливают его, ремонтируют щёткодержатели с заменой щёток, пружин и гибких связей, проверяют одновременность опускания всех щеток на контактные кольца двигателей с фазным ротором, очищают контакты реле или дугогасительные контакты пусковой аппаратуры от копоти и остатков оплавления или заменяют обгоревшие контакты и т.п.

Текущий ремонт проводится по следующей документации:

- а) техническое описание и инструкция по техническому обслуживанию и монтажу;
- б) формуляр на машины, для которых необходимо вести учёт их технического состояния и данных по эксплуатации;
- в) паспорт для электрооборудования, технические данные которого гарантируются заводом-изготовителем;
- г) ведомость запасных частей, инструментов, принадлежностей, материалов.

### **Порядок выполнения**

1. Изучить методику текущего ремонт электрической машины
2. Составить технологическую карту на текущий ремонт электрической

машины

№ п/п	Последователь ность операций	Технологические указания	Приборы, инструмент ы, механизмы	Норма времен и	Состав бригады

### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите основные виды ремонтов электрооборудования.
2. Дайте определение текущему ремонту.
3. Укажите основные виды работ при текущем ремонте электрической машины (на примере асинхронного электродвигателя)

4. Перечислите основную документацию для проведения текущего ремонта.

5. Как определяются сроки проведения текущего ремонта?

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема: Составление технологической карты на текущий ремонт электрической машины

**Цель работы:** усвоение методики текущего ремонта электрической машины; приобретение навыков по составлению технологической карты на текущий ремонт электрооборудования.

**Оборудование:** типовая технологическая карта на ремонт электродвигателя.

#### Справочный материал:

Текущий ремонт представляет собой минимальный по объёму ремонт с разборкой электрооборудования. При текущем ремонте очищают оборудование от пыли и грязи, заменяют или восстанавливают отдельные детали и части механизмов, устраняют мелкие неисправности и повреждения оборудования, восстанавливают надёжность электрических соединений, устраняют дефекты изоляции, заменяют обгоревшие контакты силовых трансформаторов, выключателей нагрузки, масляных выключателей, автоматических выключателей, заменяют масло или доливают его, ремонтируют щёткодержатели с заменой щёток, пружин и гибких связей, проверяют одновременность опускания всех щеток на контактные кольца двигателей с фазным ротором, очищают контакты реле или дугогасительные контакты пусковой аппаратуры от копоти и остатков оплавления или заменяют обгоревшие контакты и т.п.

Текущий ремонт проводится по следующей документации:

- а) техническое описание и инструкция по техническому обслуживанию и монтажу;
- б) формуляр на машины, для которых необходимо вести учёт их технического состояния и данных по эксплуатации;
- в) паспорт для электрооборудования, технические данные которого гарантируются заводом-изготовителем;
- г) ведомость запасных частей, инструментов, принадлежностей, материалов.

#### Порядок выполнения

1. Изучить методику текущего ремонт электрической машины

2. Составить технологическую карту на текущий ремонт электрической машины

№ п/п	Последовательность операций	Технологические указания	Приборы, инструменты, механизмы	Норма времени	Состав бригады


### **Контрольные вопросы:**

6. Перечислите основные виды ремонтов электрооборудования.
7. Дайте определение текущему ремонту.
8. Укажите основные виды работ при текущем ремонте электрической машины (на примере асинхронного электродвигателя)
9. Перечислите основную документацию для проведения текущего ремонта.
10. Как определяются сроки проведения текущего ремонта?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9**

Тема: Составление технологической карты на капитальный ремонт асинхронного двигателя

**Цель работы:** усвоение методики капитального ремонта асинхронного электродвигателя; приобретение навыков по составлению технологической карты на капитальный ремонт электрооборудования

**Оборудование:** типовая технологическая карта на ремонт асинхронного электродвигателя.

### **Справочный материал:**

Капитальный ремонт является обязательным после того как данное оборудование отработало срок, указанный заводом-изготовителем. При капитальном ремонте производят полную разборку электрооборудования, заменяют все изношенные части, модернизируют отдельные элементы. Отремонтированное электрооборудование проверяют и испытывают в соответствии с ПТЭ. Капитальный ремонт электрооборудования производят по специально составленной технической документации, которая состоит из следующих документов:

- общее руководство по ремонту;
- руководство по капитальному ремонту;
- технические условия (ТУ) на капитальный ремонт;
- нормы расхода материалов и запасных частей.

Выполненные работы по капитальному ремонту оформляются специальным актом приёмки-сдачи ремонтных работ, к которому прилагают протоколы и акты о результатах измерения сопротивления электрической изоляции оборудования, сопротивления заземляющих устройств, химического анализа масла, проверки регулировки релейной защиты, приборов и цепей вторичной коммутации.

Период работы электрооборудования между двумя плановыми ремонтами (очередными) называется межремонтным. Межремонтный период между двумя плановыми капитальными ремонтами называют ремонтным циклом.

Для эффективности планово-предупредительных ремонтов оборудования важна организация картотеки эксплуатируемого электрооборудования. В картотеках регистрируют все случаи выхода из строя электрооборудования,

недостатки, обнаруженные при его осмотрах, а также сведения о профилактических испытаниях и проведённых ремонтах. Анализ такой картотеки позволяет установить наиболее целесообразный режим работы для эксплуатируемого электрооборудования.

### **Порядок выполнения**

1. Изучить методику капитального ремонт асинхронного электродвигателя.

2. Составить технологическую карту на текущий ремонт электрической машины (на примере асинхронного электродвигателя)

№ п/п	Последовательность операций	Технологические указания	Приборы, инструменты, механизмы	Норма времени	Состав бригады

### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите основные виды ремонтов электрооборудования.
2. Дайте определение капитальному ремонту.
3. Укажите основные виды работ при капитальном ремонте электрической машины (на примере асинхронного электродвигателя)
4. Перечислите основную документации для проведения капитального ремонта. Как определяются сроки проведения капитального ремонта?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10**

Тема: Составление технологической карты на капитальный ремонт асинхронного двигателя

**Цель работы:** усвоение методики капитального ремонта асинхронного электродвигателя; приобретение навыков по составлению технологической карты на капитальный ремонт электрооборудования.

**Оборудование:** типовая технологическая карта на ремонт асинхронного электродвигателя.

### **Справочный материал:**

Капитальный ремонт является обязательным после того как данное оборудование отработало срок, указанный заводом-изготовителем. При капитальном ремонте производят полную разборку электрооборудования, заменяют все изношенные части, модернизируют отдельные элементы. Отремонтированное электрооборудование проверяют и испытывают в соответствии с ПТЭ. Капитальный ремонт электрооборудования производят по специально составленной технической документации, которая состоит из следующих документов:

- общее руководство по ремонту;
- руководство по капитальному ремонту;

- технические условия (ТУ) на капитальный ремонт;
- нормы расхода материалов и запасных частей.

Выполненные работы по капитальному ремонту оформляются специальным актом приёмки-сдачи ремонтных работ, к которому прилагают протоколы и акты о результатах измерения сопротивления электрической изоляции оборудования, сопротивления заземляющих устройств, химического анализа масла, проверки регулировки релейной защиты, приборов и цепей вторичной коммутации.

Период работы электрооборудования между двумя плановыми ремонтами (очередными) называется межремонтным. Межремонтный период между двумя плановыми капитальными ремонтами называют ремонтным циклом.

Для эффективности планово-предупредительных ремонтов оборудования важна организация картотеки эксплуатируемого электрооборудования. В картотеках регистрируют все случаи выхода из строя электрооборудования, недостатки, обнаруженные при его осмотрах, а также сведения о профилактических испытаниях и проведённых ремонтах. Анализ такой картотеки позволяет установить наиболее целесообразный режим работы для эксплуатируемого электрооборудования.

#### **Порядок выполнения**

1. Изучить методику капитального ремонт асинхронного электродвигателя.
2. Составить технологическую карту на текущий ремонт электрической машины (на примере асинхронного электродвигателя)

№ п/п	Последовательность операций	Технологические указания	Приборы, инструменты, механизмы	Норма времени	Состав бригады

#### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите основные виды ремонтов электрооборудования.
2. Дайте определение капитальному ремонту.
3. Укажите основные виды работ при капитальном ремонте электрической машины (на примере асинхронного электродвигателя)
4. Перечислите основную документацию для проведения капитального ремонта.

Как определяются сроки проведения капитального ремонта?

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11**

**Тема:** Разборка асинхронных и синхронных машин

**Цель работы:** разобрать и собрать асинхронный электродвигатель

**Ход работы:** заполнить таблицу.

Наименование операций и приемов	Норма времени (мин.)	Фактическое время выполнения работ		Итого:
		Время начала выполнения работ	Время окончания выполнения работ	
Изучение технологической и нормативной документации	3			
Выполнить разборку с помощью инструмента: рожковый ключ 12х13 отвертка, молоток, выжимные болты, мультиметр, стенд для проверки электродвигателя.				
- снять кожух с подшипникового щита выкрутив 3шт. винтов отверткой.	1			
- снять крышку с клемной коробки выкрутив 2 шт. винтов.	1			
- снять 4шт. крепежных болтов ключом М10х12 с подшипниковых щитов.	5			
- спрессовать подшипниковые щиты со статора электродвигателя.	5			
- вытащить короткозамкнутый ротор,				
- Произвести осмотр короткозамкнутого ротора на наличие дефектов, зачистить от грязи и пыли. Проверить состояние подшипников, заменить старую смазку. Проверить	1			



состояние сердечника и статорных обмоток. Произвести замеры изоляции и сопротивления статорных катушек мультиметром. Осмотреть подшипниковые щиты и статор. Разборка закончена.				
Выполнение сборки: - установить ротор в статор, поставить подшипниковые щиты и закрепить болтами М10х12.	1			
- установить кожух и закрепить винтами.	1			
- установить крышку на клемной коробки и закрепить.	2			
- проверить свободный ход вала ротора.	1			
- подключить асинхронный электродвигатель к стенду и проверить его работу.	5			
- постепенно увеличивая обороты обратив внимание на вибрацию, посторонний шум и нагрев.	5			
Сборка закончена				
Итого	45			

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12

**Тема:** Разборка асинхронных и синхронных машин

**Цель работы:** разобрать и собрать асинхронный электродвигатель

Наименование операций и приемов	Норма времени	Фактическое время выполнения работ	Итого:
---------------------------------	---------------	------------------------------------	--------

	(мин.)	Время начала выполнения работ	Время окончания выполнения работ	
Изучение технологической и нормативной документации	3			
Выполнить разборку с помощью инструмента: рожковый ключ 12х13 отвертка, молоток, выжимные болты, мультиметр, стенд для проверки электродвигателя.				
- снять кожух с подшипникового щита выкрутив 3шт. винтов отверткой.	1			
- снять крышку с клемной коробки выкрутив 2 шт. винтов.	1			
- снять 4шт. крепежных болтов ключом М10х12 с подшипниковых щитов.	5			
- спрессовать подшипниковые щиты со статора электродвигателя.	5			
- вытащить короткозамкнутый ротор,				
- Произвести осмотр короткозамкнутого ротора на наличие дефектов, зачистить от грязи и пыли. Проверить состояние подшипников, заменить старую смазку. Проверить состояние сердечника и	1			

статорных обмоток. Произвести замеры изоляции и сопротивления статорных катушек мультиметром. Осмотреть подшипниковые щиты и статор. Разборка закончена.				
Выполнение сборки: - установить ротор в статор, поставить подшипниковые щиты и закрепить болтами М10х12.	1			
- установить кожух и закрепить винтами.	1			
- установить крышку на клемной коробки и закрепить.	2			
- проверить свободный ход вала ротора.	1			
- подключить асинхронный электродвигатель к стенду и проверить его работу.	5			
- постепенно увеличивая обороты обратив внимание на вибрацию, посторонний шум и нагрев.	5			
Сборка закончена				
Итого	45			

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13

**Тема:** Разборка машин постоянного тока

**Цель работы:** Разборка, ремонт, сборка машин постоянного тока.

**Справочный материал:**

Перед разборкой механизма управления электрического аппарата или аппаратного комплекса, доставленного на площадку разборки ремонтного цеха, проводят тщательный внешний осмотр для выявления заметных механических

или термических повреждений корпуса и навесных устройств. О замеченных неисправностях делают записи в декатировочных картах. Аппарат протирают ветошью, а если необходимо, чистят кистями и щетками либо моют с применением мыльных растворов или растворителей.

Порядок разборки каждого ремонтируемого электрического аппарата определяется его конструкцией и необходимостью сохранения имеющихся исправных частей, а степень разборки — объемом и характером предстоящего ремонта. Если предварительный осмотр и испытания позволяют судить о характере предстоящего ремонта, то до начала разборки аппарата надо проверить наличие требуемых для ремонта материалов, изделий и запасных деталей соответствующих размеров, марок и характеристик.

Предварительно необходимо ознакомиться с эксплуатационно-технической документацией на ремонтируемый аппарат и по возможности уточнить сведения о работе и дефектах аппарата в процессе эксплуатации. Если аппарат ранее проходил ремонты, то знакомятся с результатами предыдущего ремонта. Перед разборкой проверяют комплектность поступившего в ремонт аппарата (должны быть в наличии все сборочные единицы и детали, полагающиеся для данной конструкции), состояние корпуса и других наружных частей, целостность сварочных швов и соединения (если таковые имеются в конструкции), отсутствие течи масла (для маслонаполненных аппаратов). Рекомендовать какую-либо единую технологическую последовательность выполнения операций разборки и ремонта всех поступающих в ремонт аппаратов в принципе невозможно из-за их большого разнообразия. Поэтому можно привести лишь общие указания о способах выполнения основных операций разборки и ремонта в последовательности, применимой с небольшими отклонениями к большинству ремонтируемых аппаратов.

Полная разборка электрического аппарата состоит из двух основных этапов: общей разборки, при которой устройство разбирают по основным сборочным единицам, и детальной разборки, при которой сборочные единицы аппарата разбирают подетально.

Прежде всего, с корпуса аппарата демонтируют навесную аппаратуру. Аппарат, который находится во взведенном состоянии (например, в выключателе натянуты пружины), перед разборкой необходимо разрядить, нажав соответствующие кнопки или отпустив рычаги. Затем отворачивают крепежные винты и снимают верхние защитные кожухи или крышки. Из маслонаполненных аппаратов сливают масло, одновременно проверяя работу маслоуказателя. После этого можно снять нижние крышки, вынуть распорные цилиндры и дугогасительные камеры.

Открывшиеся механизм, обмотки и контактные группы осматриваются и принимается решение о необходимости ремонта или проведении технического обслуживания. Когда это необходимо, проводится дальнейшая разборка аппарата — снимаются контактные группы, пружины;

отсоединяются рычаги, валы и оси. Пружины снимаются специальными крючками или плоскогубцами с узкими загнутыми губками. Оси рычагов выбиваются из гнезд пробойниками с тупым концом. Детали с валов и осей снимаются с помощью универсальных съемников. Иногда перед съемом требуется подогрев деталей газовыми горелками или паяльной лампой. Далее разбираются, отсоединяются или отпаиваются от выводных колодок внутренние электрические соединения. Если это возможно, из корпуса вынимается магнитопровод с обмотками. Проводится его осмотр и дефектация.

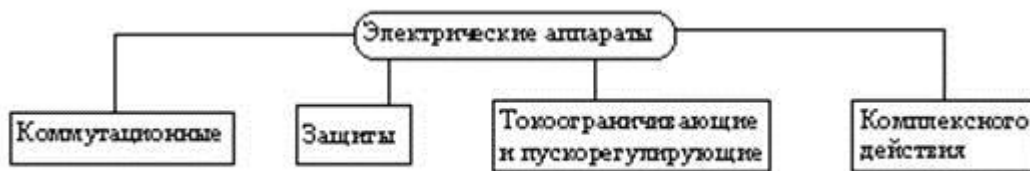
Магнитопроводы электрических аппаратов в большинстве случаев имеют стыковую конструкцию, поэтому их разборка не вызывает больших затруднений. Магнитопроводы весьма надежны в работе и повреждаются крайне редко. Поэтому обычно требуется лишь частичная их разборка, необходимая для получения доступа к катушкам электромагнита. Снимаются крепежные планки, стянутые шпильками, и отсоединяется верхнее ярмо магнитопровода, открывая доступ к катушкам.

Удаление катушек из магнитопровода осуществляется двумя различными способами. Если катушка имеет каркасную конструкцию, то она достаточно просто снимается с магнитопровода вместе с каркасом и может быть отремонтирована. Если катушка залита компаундом, то снять ее с магнитопровода без повреждения практически невозможно. В этом случае компаунд следует выжечь в печи, а катушку заменить на новую.

Коммутационные аппараты предназначены для включения и отключения электрических цепей. Аппараты защиты осуществляют защиту электрических цепей от перегрузок, токов короткого замыкания, недопустимого повышения напряжения, снижения или исчезновения напряжения. Токоограничивающие и пускорегулирующие аппараты предназначены для пуска, регулирования частоты вращения двигателей, изменения силы тока в электрических цепях, ограничения тока при коротких замыканиях. Аппараты комплексного действия (гибридные) выполняют сразу несколько из перечисленных функций.

Аппараты могут быть автоматического и неавтоматического (ручного) действия.

Одним из основных признаков классификации электрических аппаратов является напряжение. По этому признаку различают аппараты низкого напряжения (АНН), напряжение которых не превышает 1000 В, и аппараты высокого напряжения (АВН) — свыше 1000 В. Классификация большинства аппаратов низкого напряжения приведена на рис. 14.2.



*Рис.14.1. Основные типы электрических аппаратов*



*Рис.14.2. Аппараты низкого напряжения*

К аппаратам управления и защиты относятся автоматические выключатели, контакторы, реле, пускатели электродвигателей, переключатели, рубильники, предохранители, кнопки управления и другие аппараты, управляющие режимом работы оборудования и его защитой.

К аппаратам автоматического регулирования относятся стабилизаторы и регуляторы напряжения, тока, мощности и других параметров электрической энергии.

Аппараты автоматики — это реле, датчики, усилители, преобразователи и другие аппараты, осуществляющие функции контроля, усиления и преобразования электрических сигналов.

Иногда АНН по величине коммутируемого тока разделяют на слаботочные (до 10 А) и сильноточные (свыше 10 А). При этом нижние пределы коммутируемых современными аппаратами токов достигают 10-9 А, а напряжений — 10-5 В.

Аппараты высокого напряжения работают в сетях с напряжением до 1150 кВ переменного тока и 750 кВ постоянного тока и также существенно различаются по своим функциям.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14**

**Тема:** Разборка машин постоянного тока

**Цель работы:** Разборка, ремонт, сборка машин постоянного тока.

**Справочный материал:**

Перед разборкой механизма управления электрического аппарата или аппаратного комплекса, доставленного на площадку разборки ремонтного цеха, проводят тщательный внешний осмотр для выявления заметных механических или термических повреждений корпуса и навесных устройств. О замеченных неисправностях делают записи в декатировочных картах. Аппарат протирают

ветошью, а если необходимо, чистят кистями и щетками либо моют с применением мыльных растворов или растворителей.

Порядок разборки каждого ремонтируемого электрического аппарата определяется его конструкцией и необходимостью сохранения имеющихся исправных частей, а степень разборки — объемом и характером предстоящего ремонта. Если предварительный осмотр и испытания позволяют судить о характере предстоящего ремонта, то до начала разборки аппарата надо проверить наличие требуемых для ремонта материалов, изделий и запасных деталей соответствующих размеров, марок и характеристик.

Предварительно необходимо ознакомиться с эксплуатационно-технической документацией на ремонтируемый аппарат и по возможности уточнить сведения о работе и дефектах аппарата в процессе эксплуатации. Если аппарат ранее проходил ремонты, то знакомятся с результатами предыдущего ремонта. Перед разборкой проверяют комплектность поступившего в ремонт аппарата (должны быть в наличии все сборочные единицы и детали, полагающиеся для данной конструкции), состояние корпуса и других наружных частей, целостность сварочных швов и соединения (если таковые имеются в конструкции), отсутствие течи масла (для маслонаполненных аппаратов). Рекомендовать какую-либо единую технологическую последовательность выполнения операций разборки и ремонта всех поступающих в ремонт аппаратов в принципе невозможно из-за их большого разнообразия. Поэтому можно привести лишь общие указания о способах выполнения основных операций разборки и ремонта в последовательности, применимой с небольшими отклонениями к большинству ремонтируемых аппаратов.

Полная разборка электрического аппарата состоит из двух основных этапов: общей разборки, при которой устройство разбирают по основным сборочным единицам, и детальной разборки, при которой сборочные единицы аппарата разбирают подетально.

Прежде всего, с корпуса аппарата демонтируют навесную аппаратуру. Аппарат, который находится во взведенном состоянии (например, в выключателе натянуты пружины), перед разборкой необходимо разрядить, нажав соответствующие кнопки или отпустив рычаги. Затем отворачивают крепежные винты и снимают верхние защитные кожухи или крышки. Из маслонаполненных аппаратов сливают масло, одновременно проверяя работу масло указателя. После этого можно снять нижние крышки, вынуть распорные цилиндры и дугогасительные камеры.

Открывшиеся механизм, обмотки и контактные группы осматриваются и принимается решение о необходимости ремонта или проведении технического обслуживания. Когда это необходимо, проводится дальнейшая разборка аппарата — снимаются контактные группы, пружины; отсоединяются рычаги, валы и оси. Пружины снимаются специальными крючками или плоскогубцами с узкими загнутыми губками. Оси рычагов

выбиваются из гнезд пробойниками с тупым концом. Детали с валов и осей снимаются с помощью универсальных съемников. Иногда перед съемом требуется подогрев деталей газовыми горелками или паяльной лампой. Далее разбираются, отсоединяются или отпаиваются от выводных колодок внутренние электрические соединения. Если это возможно, из корпуса вынимается магнитопровод с обмотками. Проводится его осмотр и дефектация.

Магнитопроводы электрических аппаратов в большинстве случаев имеют стыковую конструкцию, поэтому их разборка не вызывает больших затруднений. Магнитопроводы весьма надежны в работе и повреждаются крайне редко. Поэтому обычно требуется лишь частичная их разборка, необходимая для получения доступа к катушкам электромагнита. Снимаются крепежные планки, стянутые шпильками, и отсоединяется верхнее ярмо магнитопровода, открывая доступ к катушкам.

Удаление катушек из магнитопровода осуществляется двумя различными способами. Если катушка имеет каркасную конструкцию, то она достаточно просто снимается с магнитопровода вместе с каркасом и может быть отремонтирована. Если катушка залита компаундом, то снять ее с магнитопровода без повреждения практически невозможно. В этом случае компаунд следует выжечь в печи, а катушку заменить на новую.

Коммутационные аппараты предназначены для включения и отключения электрических цепей. Аппараты защиты осуществляют защиту электрических цепей от перегрузок, токов короткого замыкания, недопустимого повышения напряжения, снижения или исчезновения напряжения. Токоограничивающие и пускорегулирующие аппараты предназначены для пуска, регулирования частоты вращения двигателей, изменения силы тока в электрических цепях, ограничения тока при коротких замыканиях. Аппараты комплексного действия (гибридные) выполняют сразу несколько из перечисленных функций.

Аппараты могут быть автоматического и неавтоматического (ручного) действия.

Одним из основных признаков классификации электрических аппаратов является напряжение. По этому признаку различают аппараты низкого напряжения (АНН), напряжение которых не превышает 1000 В, и аппараты высокого напряжения (АВН) — свыше 1000 В. Классификация большинства аппаратов низкого напряжения приведена на рис. 14.2.



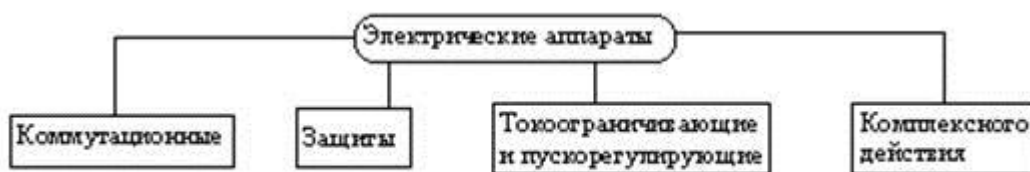


Рис.14.1. Основные типы электрических аппаратов



Рис.14.2. Аппараты низкого напряжения

К аппаратам управления и защиты относятся автоматические выключатели, контакторы, реле, пускатели электродвигателей, переключатели, рубильники, предохранители, кнопки управления и другие аппараты, управляющие режимом работы оборудования и его защитой.

К аппаратам автоматического регулирования относятся стабилизаторы и регуляторы напряжения, тока, мощности и других параметров электрической энергии.

Аппараты автоматики — это реле, датчики, усилители, преобразователи и другие аппараты, осуществляющие функции контроля, усиления и преобразования электрических сигналов.

Иногда АНН по величине коммутируемого тока разделяют на слаботочные (до 10 А) и сильноточные (свыше 10 А). При этом нижние пределы коммутируемых современными аппаратами токов достигают 10-9 А, а напряжений — 10-5 В.

Аппараты высокого напряжения работают в сетях с напряжением до 1150 кВ переменного тока и 750 кВ постоянного тока и также существенно различаются по своим функциям.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15

**Тема:** Определение неисправностей асинхронного двигателя

**Цель работы:** изучить устройство, принцип действия, технологию ремонта и обслуживания асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Операция	Последовательность действий	Инструменты и приспособления

## **Ход работы:**

1. Изучить краткие теоретические сведения
2. Выполнить работу в соответствии с заданием.

### **Справочный материал:**

Разборка двигателя. Для разборки двигатель стропится на крюк подъемного устройства за ремболт и перемещается на свободное место или разворачивается на фундаменте.

Снятие и установка полумуфты. Для надежной работы полумуфты в большинстве случаев устанавливаются с напряженной посадкой. Для этого диаметр отверстия в полумуфте должен быть точно равен номинальному диаметру выступающего конца вала или превышать его не более чем на 0,03—0,04 мм. Снятие полумуфт удобней всего производить съёмником.

После снятия полумуфты замеряются зазоры в подшипниках и зазоры между ротором и статором.

Отклонение от среднего значения зазора не должно превышать  $\pm 10\%$ .

При наличии над двигателем крана или монорельса выемку и ввод ротора в статор удобней всего производить при помощи скобы. Скоба ступицей надевается на конец вала ротора и стропится на крюк подъемного устройства. Затем ротор выводят из статора и укладывают в удобном для ремонта месте.

Осмотр статора. При осмотре активной стали статора следует убедиться в плотности прессовки ее, как это указано для генераторов, и проверить прочность крепления распорок в каналах. При слабой прессовке возникает вибрация листов, которая приводит к разрушению межлистовой изоляции стали и затем к местному нагреву ее и обмотки. Вибрирующими листами стали зубцов истирается изоляция обмотки статора. Наконец, листы зубцов от длительной вибрации могут отломиться у основания и при выпадении задеть за ротор, врезаться в пазовую изоляцию обмотки статора до меди. Уплотнение листов стали производится закладкой листочков слюды с лаком или забивкой гетинаксовых клиньев.

При осмотре ротора проверяется состояние вентиляторов и их крепления. Проверяется также плотность посадки стержней обмотки в пазах, отсутствие трещин, обрыва стержней, следов нагрева и нарушения пайки в местах выхода их из короткозамыкающих колец.

При осмотре подшипников скольжения обращают внимание на то, как работал вкладыш, а также на отсутствие торцевой выработки, трещин, отставания, подплавления или натаскивания баббита.

При обнаружении дефектов в деталях подшипника, в том числе малейших раковин, точечных подплавлений от электросварки, этот подшипник должен быть заменен. Подшипники, работающие в особо тяжелых условиях, например в крупных двигателях на 3000 об/мин, следует заменить независимо от их состояния по истечении 5000—8000 ч работы.

В подшипниках качения двигателей применяются мазеподобные (консистентные) смазки, представляющие собой смесь минерального масла

(80—90 %) и мыла, играющего роль загустителя. Наиболее подходящими смазками для подшипников качения двигателей являются высококачественные смазки ЛИТОЛ-24, ЦИАТИМ-201 и др., обеспечивающие нормальную работу как при низких (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ), так и при высоких (до  $+120^{\circ}\text{C}$ ) температурах.

Сравнительно частой причиной преждевременного выхода из строя подшипников качения является их неправильная посадка на вал: с чрезмерно большим натягом, со слабиной или перекосом. В двигателях на 1500 об/мин и ниже чаще всего применяется напряженная посадка подшипников на вал и плотная в торцевой крышке. В двигателях на 3000 об/мин и частично при более низкой частоте вращения применяются посадки с меньшим натягом: плотная на валу и скольжения — в торцевой крышке.

При осмотре подшипников качения после их промывки бензином проверяются легкость и плавность вращения, отсутствие заеданий, притормаживания и ненормального шума, нет ли обрыва заклепок, трещин в сепараторе, не имеет ли он чрезмерного люфта, не касается ли колец, нет ли недопустимого радиального или осевого люфта наружного кольца.

В условиях эксплуатации чаще всего сушка осуществляется внешним нагреванием путем подачи горячего воздуха в двигатель через имеющиеся в нем проемы или люки от воздуходувки или потерями в меди обмотки статора и ротора путем включения обмотки статора на пониженное напряжение. Еще лучшие результаты получаются при одновременном применении обоих способов.

Двигатели 6 кВ при сушке включаются на напряжение 380—500 В, двигатели 3 кВ — на 220 В, а двигатели 380 В — на 36 В.

Температура обмотки во время сушки не должна превышать  $90^{\circ}\text{C}$ , если она определяется измерением сопротивления, и  $70^{\circ}\text{C}$  при измерении термометром.

Контроль сушки ведется по изменению сопротивления изоляции. Сушка считается законченной, когда сопротивление изоляции после понижения до минимального значения и последующего подъема в течение нескольких часов остается неизменным.

Ремонт двигателя. Если электродвигатель неисправен, то производится перемотка статорной или роторной обмотки (выемка старой обмотки и изоляции; подбор или расчет данных по обмотке; намотка и укладка катушек обмотки; соединение катушек в схему пайкой или сваркой; связка лобовых частей кипирной лентой и расклинивание обмотки в пазах).

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №16**

**Тема:** Определение неисправностей асинхронного двигателя

**Цель работы:** изучить устройство, принцип действия, технологию ремонта и обслуживания асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

**Тема:** Определение неисправностей асинхронного двигателя

**Цель работы:** изучить устройство, принцип действия, технологию ремонта и обслуживания асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Операция	Последовательность действий	Инструменты и приспособления

**Ход работы:**

1. Изучить краткие теоретические сведения
2. Выполнить работу в соответствии с заданием.

**Справочный материал:**

Разборка двигателя. Для разборки двигатель стропится на крюк подъемного устройства за ремболт и перемещается на свободное место или разворачивается на фундаменте.

Снятие и установка полумуфты. Для надежной работы полумуфты в большинстве случаев устанавливаются с напряженной посадкой. Для этого диаметр отверстия в полумуфте должен быть точно равен номинальному диаметру выступающего конца вала или превышать его не более чем на 0,03—0,04 мм. Снятие полумуфт удобней всего производить съёмником.

После снятия полумуфты замеряются зазоры в подшипниках и зазоры между ротором и статором.

Отклонение от среднего значения зазора не должно превышать  $\pm 10\%$ .

При наличии над двигателем крана или монорельса выемку и ввод ротора в статор удобней всего производить при помощи скобы. Скоба ступицей надевается на конец вала ротора и стропится на крюк подъемного устройства. Затем ротор выводят из статора и укладывают в удобном для ремонта месте.

Осмотр статора. При осмотре активной стали статора следует убедиться в плотности прессовки ее, как это указано для генераторов, и проверить прочность крепления распорок в каналах. При слабой прессовке возникает вибрация листов, которая приводит к разрушению межлистовой изоляции стали и затем к местному нагреву ее и обмотки. Вибрирующими листами стали зубцов истирается изоляция обмотки статора. Наконец, листы зубцов от длительной вибрации могут отломиться у основания и при выпадении задеть за ротор, врезаться в пазовую изоляцию обмотки статора до меди. Уплотнение листов стали производится закладкой листочков слюды с лаком или забивкой гетинаксовых клиньев.

При осмотре ротора проверяется состояние вентиляторов и их крепления. Проверяется также плотность посадки стержней обмотки в пазах, отсутствие трещин, обрыва стержней, следов нагрева и нарушения пайки в местах выхода их из короткозамыкающих колец.

При осмотре подшипников скольжения обращают внимание на то, как работал вкладыш, а также на отсутствие торцевой выработки, трещин, отставания, подплавления или натаскивания баббита.

При обнаружении дефектов в деталях подшипника, в том числе малейших раковин, точечных подплавлений от электросварки, этот подшипник должен быть заменен. Подшипники, работающие в особо тяжелых условиях, например в крупных двигателях на 3000 об/мин, следует заменить независимо от их состояния по истечении 5000—8000 ч работы.

В подшипниках качения двигателей применяются мазеподобные (консистентные) смазки, представляющие собой смесь минерального масла (80—90 %) и мыла, играющего роль загустителя. Наиболее подходящими смазками для подшипников качения двигателей являются высококачественные смазки ЛИТОЛ-24, ЦИАТИМ-201 и др., обеспечивающие нормальную работу как при низких (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ), так и при высоких (до  $+120^{\circ}\text{C}$ ) температурах.

Сравнительно частой причиной преждевременного выхода из строя подшипников качения является их неправильная посадка на вал: с чрезмерно большим натягом, со слабиной или перекосом. В двигателях на 1500 об/мин и ниже чаще всего применяется напряженная посадка подшипников на вал и плотная в торцевой крышке. В двигателях на 3000 об/мин и частично при более низкой частоте вращения применяются посадки с меньшим натягом: плотная на валу и скольжения — в торцевой крышке.

При осмотре подшипников качения после их промывки бензином проверяются легкость и плавность вращения, отсутствие заеданий, притормаживания и ненормального шума, нет ли обрыва заклепок, трещин в сепараторе, не имеет ли он чрезмерного люфта, не касается ли колец, нет ли недопустимого радиального или осевого люфта наружного кольца.

В условиях эксплуатации чаще всего сушка осуществляется внешним нагреванием путем подачи горячего воздуха в двигатель через имеющиеся в нем проемы или люки от воздухоудовки или потерями в меди обмотки статора и ротора путем включения обмотки статора на пониженное напряжение. Еще лучшие результаты получаются при одновременном применении обоих способов.

Двигатели 6 кВ при сушке включаются на напряжение 380—500 В, двигатели 3 кВ — на 220 В, а двигатели 380 В — на 36 В.

Температура обмотки во время сушки не должна превышать  $90^{\circ}\text{C}$ , если она определяется измерением сопротивления, и  $70^{\circ}\text{C}$  при измерении термометром.

Контроль сушки ведется по изменению сопротивления изоляции. Сушка считается законченной, когда сопротивление изоляции после понижения до минимального значения и последующего подъема в течение нескольких часов остается неизменным.

Ремонт двигателя. Если электродвигатель неисправен, то производится перемотка статорной или роторной обмотки (выемка старой обмотки и изоляции; подбор или расчет данных по обмотке; намотка и укладка катушек обмотки; соединение катушек в схему пайкой или сваркой; связка лобовых частей кипирной лентой и расклинивание обмотки в пазах).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №17

**Тема:** Определение неисправностей синхронного электродвигателя

**Цель работы:**

изучить устройство, принцип действия, технологию ремонта и обслуживания асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

**Ход работы:**

1. Изучить краткие теоретические сведения
2. Выполнить работу в соответствии с заданием.

Справочный материал:

Разборка двигателя. Для разборки двигатель стропится на крюк подъемного устройства за ремболт и перемещается на свободное место или разворачивается на фундаменте.

Снятие и установка полумуфты. Для надежной работы полумуфты в большинстве случаев устанавливаются с напряженной посадкой. Для этого диаметр отверстия в полумуфте должен быть точно равен номинальному диаметру выступающего конца вала или превышать его не более чем на 0,03—0,04 мм. Снятие полумуфт удобней всего производить съёмником.

После снятия полумуфты замеряются зазоры в подшипниках и зазоры между ротором и статором.

Отклонение от среднего значения зазора не должно превышать  $\pm 10\%$ .

При наличии над двигателем крана или монорельса выемку и ввод ротора в статор удобней всего производить при помощи скобы. Скоба ступицей надевается на конец вала ротора и стропится на крюк подъемного устройства. Затем ротор выводят из статора и укладывают в удобном для ремонта месте.

Осмотр статора. При осмотре активной стали статора следует убедиться в плотности прессовки ее, как это указано для генераторов, и проверить прочность крепления распорок в каналах. При слабой прессовке возникает вибрация листов, которая приводит к разрушению межлистовой изоляции стали и затем к местному нагреву ее и обмотки. Вибрирующими листами стали зубцов истирается изоляция обмотки статора. Наконец, листы зубцов от длительной вибрации могут отломиться у основания и при выпадении задеть за ротор, врезаться в пазовую изоляцию обмотки статора до меди. Уплотнение листов стали производится закладкой листочков слюды с лаком или забивкой гетинаксовых клиньев.

При осмотре ротора проверяется состояние вентиляторов и их крепления. Проверяется также плотность посадки стержней обмотки в пазах, отсутствие трещин, обрыва стержней, следов нагрева и нарушения пайки в местах выхода их из короткозамыкающих колец.

При осмотре подшипников скольжения обращают внимание на то, как работал вкладыш, а также на отсутствие торцевой выработки, трещин, отставания, подплавления или натаскивания баббита.

При обнаружении дефектов в деталях подшипника, в том числе малейших раковин, точечных подплавлений от электросварки, этот подшипник должен быть заменен. Подшипники, работающие в особо тяжелых условиях, например в крупных двигателях на 3000 об/мин, следует заменить независимо от их состояния по истечении 5000—8000 ч работы.

В подшипниках качения двигателей применяются мазеподобные (консистентные) смазки, представляющие собой смесь минерального масла (80—90 %) и мыла, играющего роль загустителя. Наиболее подходящими смазками для подшипников качения двигателей являются высококачественные смазки ЛИТОЛ-24, ЦИАТИМ-201 и др., обеспечивающие нормальную работу как при низких (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ), так и при высоких (до  $+120^{\circ}\text{C}$ ) температурах.

Сравнительно частой причиной преждевременного выхода из строя подшипников качения является их неправильная посадка на вал: с чрезмерно большим натягом, со слабиной или перекосом. В двигателях на 1500 об/мин и ниже чаще всего применяется напряженная посадка подшипников на вал и плотная в торцевой крышке. В двигателях на 3000 об/мин и частично при более низкой частоте вращения применяются посадки с меньшим натягом: плотная на валу и скольжения — в торцевой крышке.

При осмотре подшипников качения после их промывки бензином проверяются легкость и плавность вращения, отсутствие заеданий, притормаживания и ненормального шума, нет ли обрыва заклепок, трещин в сепараторе, не имеет ли он чрезмерного люфта, не касается ли колец, нет ли недопустимого радиального или осевого люфта наружного кольца.

В условиях эксплуатации чаще всего сушка осуществляется внешним нагреванием путем подачи горячего воздуха в двигатель через имеющиеся в нем проемы или люки от воздуходувки или потерями в меди обмотки статора и ротора путем включения обмотки статора на пониженное напряжение. Еще лучшие результаты получаются при одновременном применении обоих способов.

Двигатели 6 кВ при сушке включаются на напряжение 380—500 В, двигатели 3 кВ — на 220 В, а двигатели 380 В — на 36 В.

Температура обмотки во время сушки не должна превышать  $90^{\circ}\text{C}$ , если она определяется измерением сопротивления, и  $70^{\circ}\text{C}$  при измерении термометром.

Контроль сушки ведется по изменению сопротивления изоляции. Сушка считается законченной, когда сопротивление изоляции после понижения до минимального значения и последующего подъема в течение нескольких часов остается неизменным.

Ремонт двигателя. Если электродвигатель неисправен, то производится перемотка статорной или роторной обмотки (выемка старой обмотки и изоляции; подбор или расчет данных по обмотке; намотка и укладка катушек обмотки; соединение катушек в схему пайкой или сваркой; связка лобовых частей кипирной лентой и расклинивание обмотки в пазах). Далее, после

перемотки, двигатель пропитывают и сушат в печи. После чего производят сборку, проверку и испытания электродвигателя.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №18**

Тема: Определение неисправностей синхронного электродвигателя

**Тема:** Определение неисправностей синхронного электродвигателя

### **Цель работы:**

изучить устройство, принцип действия, технологию ремонта и обслуживания асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

### **Ход работы:**

1. Изучить краткие теоретические сведения
2. Выполнить работу в соответствии с заданием.

Справочный материал:

Разборка двигателя. Для разборки двигатель стропится на крюк подъемного устройства за ремболт и перемещается на свободное место или разворачивается на фундаменте.

Снятие и установка полумуфты. Для надежной работы полумуфты в большинстве случаев устанавливаются с напряженной посадкой. Для этого диаметр отверстия в полумуфте должен быть точно равен номинальному диаметру выступающего конца вала или превышать его не более чем на 0,03—0,04 мм. Снятие полумуфт удобней всего производить съёмником.

После снятия полумуфты замеряются зазоры в подшипниках и зазоры между ротором и статором.

Отклонение от среднего значения зазора не должно превышать  $\pm 10\%$ .

При наличии над двигателем крана или монорельса выемку и ввод ротора в статор удобней всего производить при помощи скобы. Скоба ступицей надевается на конец вала ротора и стропится на крюк подъемного устройства. Затем ротор выводят из статора и укладывают в удобном для ремонта месте.

Осмотр статора. При осмотре активной стали статора следует убедиться в плотности прессовки ее, как это указано для генераторов, и проверить прочность крепления распорок в каналах. При слабой прессовке возникает вибрация листов, которая приводит к разрушению межлистовой изоляции стали и затем к местному нагреву ее и обмотки. Вибрирующими листами стали зубцов истирается изоляция обмотки статора. Наконец, листы зубцов от длительной вибрации могут отломиться у основания и при выпадении задеть за ротор, врезаться в пазовую изоляцию обмотки статора до меди. Уплотнение листов стали производится закладкой листочков слюды с лаком или забивкой гетинаксовых клиньев.

При осмотре ротора проверяется состояние вентиляторов и их крепления. Проверяется также плотность посадки стержней обмотки в пазах, отсутствие трещин, обрыва стержней, следов нагрева и нарушения пайки в местах выхода их из коротко замыкающих колец.



При осмотре подшипников скольжения обращают внимание на то, как работал вкладыш, а также на отсутствие торцевой выработки, трещин, отставания, подплавления или натаскивания баббита.

При обнаружении дефектов в деталях подшипника, в том числе малейших раковин, точечных подплавлений от электросварки, этот подшипник должен быть заменен. Подшипники, работающие в особо тяжелых условиях, например в крупных двигателях на 3000 об/мин, следует заменить независимо от их состояния по истечении 5000—8000 ч работы.

В подшипниках качения двигателей применяются мазеподобные (консистентные) смазки, представляющие собой смесь минерального масла (80—90 %) и мыла, играющего роль загустителя. Наиболее подходящими смазками для подшипников качения двигателей являются высококачественные смазки ЛИТОЛ-24, ЦИАТИМ-201 и др., обеспечивающие нормальную работу как при низких (до  $-40^{\circ}\text{C}$ ), так и при высоких (до  $+120^{\circ}\text{C}$ ) температурах.

Сравнительно частой причиной преждевременного выхода из строя подшипников качения является их неправильная посадка на вал: с чрезмерно большим натягом, со слабиной или перекосом. В двигателях на 1500 об/мин и ниже чаще всего применяется напряженная посадка подшипников на вал и плотная в торцевой крышке. В двигателях на 3000 об/мин и частично при более низкой частоте вращения применяются посадки с меньшим натягом: плотная на валу и скольжения — в торцевой крышке.

При осмотре подшипников качения после их промывки бензином проверяются легкость и плавность вращения, отсутствие заеданий, притормаживания и ненормального шума, нет ли обрыва заклепок, трещин в сепараторе, не имеет ли он чрезмерного люфта, не касается ли колец, нет ли недопустимого радиального или осевого люфта наружного кольца.

В условиях эксплуатации чаще всего сушка осуществляется внешним нагреванием путем подачи горячего воздуха в двигатель через имеющиеся в нем проемы или люки от воздуходувки или потерями в меди обмотки статора и ротора путем включения обмотки статора на пониженное напряжение. Еще лучшие результаты получаются при одновременном применении обоих способов.

Двигатели 6 кВ при сушке включаются на напряжение 380—500 В, двигатели 3 кВ — на 220 В, а двигатели 380 В — на 36 В.

Температура обмотки во время сушки не должна превышать  $90^{\circ}\text{C}$ , если она определяется измерением сопротивления, и  $70^{\circ}\text{C}$  при измерении термометром.

Контроль сушки ведется по изменению сопротивления изоляции. Сушка считается законченной, когда сопротивление изоляции после понижения до минимального значения и последующего подъема в течение нескольких часов остается неизменным.

Ремонт двигателя. Если электродвигатель неисправен, то производится перемотка статорной или роторной обмотки (выемка старой обмотки и изоляции; подбор или расчет данных по обмотке; намотка и укладка катушек обмотки; соединение катушек в схему пайкой или сваркой; связка лобовых

частей кипирной лентой и расклинивание обмотки в пазах). Далее, после перемотки, двигатель пропитывают и сушат в печи. После чего производят сборку, проверку и испытания электродвигателя

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №19

Тема: Определение неисправностей машин постоянного тока

**Цель:** определять неисправности электрических машин, знать устройство и принцип действия электрических машин, принцип регулирования электрических машин.

**Задание:** определить возможные неисправности асинхронных двигателей по внешним признакам изменения режимов работы.

Ход работы

1. Повторить устройство, принцип действия машины постоянного тока 2. Изучить внешние признаки изменения режимов работы, определить возможные неисправности машин постоянного тока. Заполнить таблицу отчёта

Таблица отчёта

Признаки											
Неисправность											

Контрольные вопросы.

1. Перечислить конструктивные элементы статора и их назначение.
2. Перечислить конструктивные элементы якоря.
3. На каких законах основано действие генератора? двигателя?
4. Перечислить способы регулирования скорости ДПТ.
5. Как осуществляется реверс двигателя постоянного тока.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №20

Тема: Определение неисправностей машин постоянного тока

**Цель:** определять неисправности электрических машин, знать устройство и принцип действия электрических машин, принцип регулирования электрических машин.

**Задание:** определить возможные неисправности асинхронных двигателей по внешним признакам изменения режимов работы.

Ход работы

1. Повторить устройство, принцип действия машины постоянного тока 2. Изучить внешние признаки изменения режимов работы, определить возможные неисправности машин постоянного тока. Заполнить таблицу отчёта

Таблица отчёта

Признаки											
Неисправность											

Контрольные вопросы.

1. Перечислить конструктивные элементы статора и их назначение.
2. Перечислить конструктивные элементы якоря.
3. На каких законах основано действие генератора? двигателя?
4. Перечислить способы регулирования скорости ДПТ.
5. Как осуществляется реверс двигателя постоянного тока.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №21

**Тема:** Выявление дефектов и замена подшипников качения

**Цель работы:** Практическое освоение методов определения износа подшипников качения.

**Справочный материал:**

Подшипник качения, как правило, представляет собой отдельный узел, состоящий из наружного и внутреннего колец, тел качения, расположенных между кольцами и сепаратором разделяющего и удерживающего эти тела в определенном положении.

Все конструктивные разновидности подшипников классифицируются; в соответствии с ГОСТ 3395-89 по следующим основным признакам: по направлению действия воспринимаемой нагрузки - радиальные, упорные, радиально-упорные и упорно-радиальные; по форме тел качения - шариковые и роликовые; по числу рядов тел качения - однорядные, двухрядные, четырехрядные и многорядные; по основным конструктивным признакам - самоустанавливающиеся и несамоустанавливающиеся, с цилиндрическим или конусным отверстием внутреннего кольца, одинарные или двойные, сдвоенные, строенные и др.

Подшипники качения различаются так же по точности их изготовления ГОСТ 520-2002 устанавливает 5 степеней точности: 0, 6, 5, 4 и 2. Точность подшипников качения определяется точностью посадочных размеров колец и их ширины или (для радиально-упорных) монтажной высоты и точностью вращения колец. Показатель точности вращения, характеризуемый радиальным и осевым биением, имеет особенно важное значение для вращающегося кольца, т. к. его биение передается на связанные с ним детали узла, вызывая нежелательные последствия: динамические нагрузки, вибрацию, шум и др.

В большинстве конструкций машин пищевых и химических производств применяют подшипники нормального класса точности 0. Применение подшипников более высоких классов точности ограничено их большой стоимостью, например, для подшипников с диаметром внутреннего кольца порядка 50-80 мм относительная стоимость в зависимости от класса точности

**Ход работы:**

Произвести визуальный осмотр подшипника.

Проверить подшипник на плавность вращения и отсутствие повышенного шума при вращении.

Произвести замеры наружного и внутреннего диаметров подшипника и его ширины. (Пределы изменения ширины конических подшипников приведены в каталогах).

Результаты визуального наблюдения, проверки на плавность вращения и результаты замеров занести

**Отчет по работе**

должен включать:

- краткое изложение сведений о подшипниках качения и их дефектации;
- таблицу результатов проверки качества подшипников;
- выводы по работе.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №22**

**Тема:** Сборка асинхронного электродвигателя

**Цель работы:** изучить устройство, принцип действия, технологию ремонта и обслуживания асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

**Ход работы:**

1. Изучить краткие теоретические сведения
2. Выполнить работу в соответствии с заданием.

**Справочный материал:**

Разборка двигателя. Для разборки двигатель стропится на крюк подъемного устройства за ремболт и перемещается на свободное место или разворачивается на фундаменте.

Снятие и установка полумуфты. Для надежной работы полумуфты в большинстве случаев устанавливаются с напряженной посадкой. Для этого диаметр отверстия в полумуфте должен быть точно равен номинальному диаметру выступающего конца вала или превышать его не более чем на 0,03—0,04 мм. Снятие полумуфт удобней всего производить съёмником.

После снятия полумуфты замеряются зазоры в подшипниках и зазоры между ротором и статором.

Отклонение от среднего значения зазора не должно превышать  $\pm 10\%$ .

При наличии над двигателем крана или монорельса выемку и ввод ротора в статор удобней всего производить при помощи скобы. Скоба ступицей

надевается на конец вала ротора и стропится на крюк подъемного устройства. Затем ротор выводят из статора и укладывают в удобном для ремонта месте.

Осмотр статора. При осмотре активной стали статора следует убедиться в плотности прессовки ее, как это указано для генераторов, и проверить прочность крепления распорок в каналах. При слабой прессовке возникает вибрация листов, которая приводит к разрушению межлистовой изоляции стали и затем к местному нагреву ее и обмотки. Вибрирующими листами стали зубцов истирается изоляция обмотки статора. Наконец, листы зубцов от длительной вибрации могут отломиться у основания и при выпадении задеть за ротор, врезаться в пазовую изоляцию обмотки статора до меди. Уплотнение листов стали производится закладкой листочков слюды с лаком или забивкой гетинаксовых клиньев.

При осмотре ротора проверяется состояние вентиляторов и их крепления. Проверяется также плотность посадки стержней обмотки в пазах, отсутствие трещин, обрыва стержней, следов нагрева и нарушения пайки в местах выхода их из короткозамыкающих колец.

При осмотре подшипников скольжения обращают внимание на то, как работал вкладыш, а также на отсутствие торцевой выработки, трещин, отставания, подплавления или натаскивания баббита.

При обнаружении дефектов в деталях подшипника, в том числе малейших раковин, точечных подплавлений от электросварки, этот подшипник должен быть заменен. Подшипники, работающие в особо тяжелых условиях, например в крупных двигателях на 3000 об/мин, следует заменить независимо от их состояния по истечении 5000—8000 ч работы.

Сравнительно частой причиной преждевременного выхода из строя подшипников качения является их неправильная посадка на вал: с чрезмерно большим натягом, со слабиной или перекосом. В двигателях на 1500 об/мин и ниже чаще всего применяется напряженная посадка подшипников на вал и плотная в торцевой крышке. В двигателях на 3000 об/мин и частично при более низкой частоте вращения применяются посадки с меньшим натягом: плотная на валу и скольжения — в торцевой крышке.

При осмотре подшипников качения после их промывки бензином проверяются легкость и плавность вращения, отсутствие заеданий, притормаживания и ненормального шума, нет ли обрыва заклепок, трещин в сепараторе, не имеет ли он чрезмерного люфта, не касается ли колец, нет ли недопустимого радиального или осевого люфта наружного кольца.

В условиях эксплуатации чаще всего сушка осуществляется внешним нагреванием путем подачи горячего воздуха в двигатель через имеющиеся в нем проемы или люки от воздуходувки или потерями в меди обмотки статора и ротора путем включения обмотки статора на пониженное напряжение. Еще лучшие результаты получаются при одновременном применении обоих способов.

Двигатели 6 кВ при сушке включаются на напряжение 380—500 В, двигатели 3 кВ — на 220 В, а двигатели 380 В — на 36 В.

Температура обмотки во время сушки не должна превышать 90 °С, если она определяется измерением сопротивления, и 70 °С при измерении термометром.

Контроль сушки ведется по изменению сопротивления изоляции. Сушка считается законченной, когда сопротивление изоляции после понижения до минимального значения и последующего подъема в течение нескольких часов остается неизменным.

Ремонт двигателя. Если электродвигатель неисправен, то производится перемотка статорной или роторной обмотки (выемка старой обмотки и изоляции; подбор или расчет данных по обмотке; намотка и укладка катушек обмотки; соединение катушек в схему пайкой или сваркой; связка лобовых частей кипирной лентой и расклинивание обмотки в пазах). Далее, после перемотки, двигатель пропитывают и сушат в печи. После чего производят сборку, проверку и испытания электродвигателя

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №23**

**Тема:** Составление дефектной ведомости на капитальный ремонт трансформаторов

**Цель работы:** приобретение навыков в составлении ведомости на оборудование подстанций.

**Справочный материал:**

Для того, чтобы силовые трансформаторы находились в требуемом (хорошем) техническом состоянии, необходимо регулярно осуществлять плановые освидетельствования, регламенты и другие технические мероприятия, такие как планово-предупредительный ремонт. Под планово-предупредительным ремонтом силовых трансформаторов подразумевают текущее обслуживание между ремонтами, слежение за удовлетворительным состоянием трансформаторов, капитальный ремонт, текущий ремонт.

Ремонт трансформаторов крупных габаритов, как правило, производят в трансформаторной мастерской. Специализированные мастерские и заводы располагают необходимыми производственными площадями, грузоподъемными устройствами, технологическим оборудованием, инструментами, приспособлениями и другими материальными и энергетическими ресурсами. В соответствии с технологическим процессом в мастерских имеются производственные участки, на которых изготавливают и ремонтируют отдельные сборочные единицы и части трансформаторов.

На каждый трансформатор, поступивший в ремонт, составляют дефектную ведомость и ведомость объема работ с перечнем необходимых запасных частей и материалов. На основании этих документов и нормативов трудозатрат заполняют маршрутную карту, являющуюся основным регламентирующим документом.

Виды ремонта	Описание, особенности
Техническое обслуживание	<b>Осуществляется без отключения трансформатора от сети</b>
Текущий ремонт	<p><b>Текущий ремонт силовых трансформаторов</b> выполняется на месте установки трансформатора и является чисто профилактическим ремонтом. Его выполняет ремонтный персонал службы эксплуатации электроустановки.</p> <p><b>В объем текущего ремонта входят:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• наружный осмотр;</li> <li>• выявление и устранение мелких дефектов в арматуре, системе охлаждения, навесных устройствах;</li> <li>• подтяжка креплений, устранение течей масла и доливка масла;</li> <li>• замена сорбента в термосифонном фильтре;</li> <li>• протирка наружных поверхностей от загрязнений;</li> <li>• измерение сопротивления изоляции обмоток и другие мелкие работы. Продолжительность такого ремонта в зависимости от мощности трансформатора составляет от нескольких часов до 1-2 суток</li> </ul> <p>Для проведения текущего ремонта трансформатор отключают от сети. Данный вид ремонта осуществляется без вскрытия бака и выемки обмоток и других деталей активной части. При текущем ремонте силовых трансформаторов возможен частичный слив масла.</p>
Капитальный ремонт I (средний)	<p><b>Средний ремонт силовых трансформаторов</b> кроме работ, входящих в текущий ремонт, включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• вскрытие трансформатора с подъемом активной части (или съемной части бака, если бак имеет нижний разъем), но без разборки активной части</li> <li>• мелкий ремонт или замену (при необходимости) вводов, отводов, переключающих устройств, охладителей, маслозапорной арматуры, масляных насосов, вентиляторов и т. д.</li> <li>• может включать при необходимости сушку активной части</li> </ul> <p>Его выполняют с отключением и доставкой трансформатора на ремонтную площадку.</p>
Капитальный ремонт II	<b>Капитальный ремонт силовых</b>

<b>(снимаются обмотки)</b>	<p><b>трансформаторов</b>, кроме работ, выполняемых при среднем ремонте, включает ремонт активной части с ее разборкой и восстановлением или заменой обмоток и главной изоляции, иногда ремонт магнитной системы с пере изолировкой пластин.</p> <p>Капитальные ремонты трансформаторов вызваны в отдельных случаях повреждением остова, обмоток и изоляции в результате аварий, износом изоляции. Вместе с тем в энергетическом хозяйстве имеется сравнительно много отечественных и зарубежных трансформаторов устаревших конструкций, которые подлежат капитальному ремонту и реконструкции для повышения их надежности и приведения параметров в соответствие с новыми стандартами.</p> <p>В зависимости от состояния обмоток их меняют, ремонтируют или оставляют в прежнем исполнении; при необходимости производят также полную переборку пластин остова с их полной или частичной пере изолировкой.</p>
----------------------------	---

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 24**

**Тема:** Составление дефектной ведомости на капитальный ремонт трансформаторов

**Цель работы:** приобретение навыков в составлении ведомости на оборудование подстанций.

### **Справочный материал:**

Для того, чтобы силовые трансформаторы находились в требуемом (хорошем) техническом состоянии, необходимо регулярно осуществлять плановые освидетельствования, регламенты и другие технические мероприятия, такие как планово-предупредительный ремонт. Под планово-предупредительным ремонтом силовых трансформаторов подразумевают текущее обслуживание между ремонтами, слежение за удовлетворительным состоянием трансформаторов, капитальный ремонт, текущий ремонт.

Ремонт трансформаторов крупных габаритов, как правило, производят в трансформаторной мастерской. Специализированные мастерские и заводы располагают необходимыми производственными площадями, грузоподъемными устройствами, технологическим оборудованием, инструментами, приспособлениями и другими материальными и энергетическими ресурсами. В соответствии с технологическим процессом в мастерских имеются производственные участки, на которых изготавливают и ремонтируют отдельные сборочные единицы и части трансформаторов.



На каждый трансформатор, поступивший в ремонт, составляют дефектную ведомость и ведомость объема работ с перечнем необходимых запасных частей и материалов. На основании этих документов и нормативов трудозатрат заполняют маршрутную карту, являющуюся основным регламентирующим документом.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные неисправности силовых трансформаторов?
2. По какой причине происходят повреждения магнитопровода и обмоток трансформатора?
3. Что такое хроматографический анализ трансформаторного масла?
4. Что такое дефектировки трансформатора?
5. Что включает в себя текущий и капитальный ремонт трансформатора?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №25**

**Тема:** Составление технологической карты на ремонт магнитопровода силового трансформатора

**Цель работы:** усвоение методики проведения ремонтов магнитопровода силового трансформатора; приобретение навыков по составлению технологической карты на капитальный ремонт электрооборудования.

### **Справочный материал:**

Магнитной системой или магнитопроводом трансформатора называют комплект пластин электротехнической стали, собранных по определенной геометрической форме, предназначенной для локализации в магнитопроводе основного магнитного поля трансформатора. Магнитная система, собранная с ярмовыми балками и другими крепежными и конструкционными деталями, называется остовом трансформатора. Поскольку ремонту подвергают магнитную систему, эти термины обычно объединяют общим названием магнитопровод.

Для крупных трансформаторов отечественного производства изготавливают шихтованные магнитопроводы стержневой и бронестержневой конструкции. В стержневых магнитопроводах концы всех стержней соединяются верхним и нижним торцовыми ярмами. В бронестержневых магнитопроводах кроме торцовых имеются дополнительные боковые ярма, расположенные параллельно стержням, которые также соединяются между собой торцовыми ярмами.

Как стержневые, так и бронестержневые магнитопроводы могут быть одно- и многорамными. Однорамные магнитопроводы набираются из пакетов пластин в виде одной рамы, состоящей из стержней и ярм. Это наиболее простая и распространенная конструкция, применяемая для всех трансформаторов малой и средней мощности, но нередко однорамные магнитопроводы используют и в мощных трансформаторах.

В отличие от однорамных, двух- и трехрамные магнитопроводы собирают в виде двух рам, расположенных одна в раме. Например, если магнитопровод однофазного трансформатора имеет два стержня и два торцовых ярма и состоит из внутренней и наружной рам, его называют двухрамным. Трехфазные стержневые магнитопроводы, собранные одна в раме, называют трехрамными. Часто для мощных трансформаторов 220—500 кВ магнитную систему собирают из нескольких двухрамных однофазных магнитопроводов, соединенных в цепочку и скрепленных общими ярмовыми балками. В таких магнитопроводах при необходимости ремонта одной из рам ее отделяют от других.

Если магнитопровод собран из пластин прямоугольной формы, его называют магнитопроводом с прямыми стыками; если пластины в месте сочленения стержней и ярм имеют срез под острым углом — магнитопроводом с косыми стыками. Подавляющее большинство магнитопроводов отечественного производства имеют прямые стыки. Иностранные фирмы изготавливают магнитопроводы как с прямыми, так и с косыми стыками.

#### **Ход работы:**

1. Изучить типовую технологическую карту на ремонт магнитопровода силового трансформатора
2. Составить технологическую карту на ремонт магнитопровода силового трансформатора

№ п/п	Последовательность операций	Технологические указания	Приборы, инструменты, механизмы	Норма времени	Состав бригады

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №26**

**Тема:** Составление технологической карты на ремонт магнитопровода силового трансформатора

**Цель работы:** приобретение навыков в составлении ведомости на оборудование подстанций.

#### **Справочный материал:**

Для того, чтобы силовые трансформаторы находились в требуемом (хорошем) техническом состоянии, необходимо регулярно осуществлять

плановые освидетельствования, регламенты и другие технические мероприятия, такие как планово-предупредительный ремонт. Под планово-предупредительным ремонтом силовых трансформаторов подразумевают текущее обслуживание между ремонтами, слежение за удовлетворительным состоянием трансформаторов, капитальный ремонт, текущий ремонт.

Ремонт трансформаторов крупных габаритов, как правило, производят в трансформаторной мастерской. Специализированные мастерские и заводы располагают необходимыми производственными площадями, грузоподъемными устройствами, технологическим оборудованием, инструментами, приспособлениями и другими материальными и энергетическими ресурсами. В соответствии с технологическим процессом в мастерских имеются производственные участки, на которых изготовляют и ремонтируют отдельные сборочные единицы и части трансформаторов.

На каждый трансформатор, поступивший в ремонт, составляют дефектную ведомость и ведомость объема работ с перечнем необходимых запасных частей и материалов. На основании этих документов и нормативов трудозатрат заполняют маршрутную карту, являющуюся основным регламентирующим документом.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные неисправности силовых трансформаторов?
2. По какой причине происходят повреждения магнитопровода и обмоток трансформатора?
3. Что такое хроматографический анализ трансформаторного масла?
4. Что такое дефектировки трансформатора?
5. Что включает в себя текущий и капитальный ремонт трансформатора?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №27**

**Тема:** Составление технологической карты на ремонт обмоток силового трансформатора

**Цель работы:** усвоение методики проведения ремонтов магнитопровода силового трансформатора; приобретение навыков по составлению технологической карты на капитальный ремонт электрооборудования

**Оборудование:** типовая технологическая карта на ремонт магнитопровода силового трансформатора

### **Справочный материал:**

Магнитной системой или магнитопроводом трансформатора называют комплект пластин электротехнической стали, собранных по определенной геометрической форме, предназначенной для локализации в магнитопроводе основного магнитного поля трансформатора. Магнитная система, собранная с ярмовыми балками и другими крепежными и конструкционными деталями, называется остовом трансформатора. Поскольку ремонту подвергают

магнитную систему, эти термины обычно объединяют общим названием магнитопровод.

Для крупных трансформаторов отечественного производства изготавливают шихтованные магнитопроводы стержневой и бронестержневой конструкции. В стержневых магнитопроводах концы всех стержней соединяются верхним и нижним торцовыми ярмами. В бронестержневых магнитопроводах кроме торцовых имеются дополнительные боковые ярма, расположенные параллельно стержням, которые также соединяются между собой торцовыми ярмами.

Как стержневые, так и бронестержневые магнитопроводы могут быть одно- и многорамными. Однорамные магнитопроводы набираются из пакетов пластин в виде одной рамы, состоящей из стержней и ярм. Это наиболее простая и распространенная конструкция, применяемая для всех трансформаторов малой и средней мощности, но нередко однорамные магнитопроводы используют и в мощных трансформаторах. В отличие от однорамных, двух- и трехрамные магнитопроводы собирают в виде двух рам, расположенных одна в раме. Например, если магнитопровод однофазного трансформатора имеет два стержня и два торцовых ярма и состоит из внутренней и наружной рам, его называют двухрамным. Трехфазные стержневые магнитопроводы, собранные одна в раме, называют трехрамными. Часто для мощных трансформаторов 220—500 кВ магнитную систему собирают из нескольких двухрамных однофазных магнитопроводов, соединенных в цепочку и скрепленных общими ярмовыми балками. В таких магнитопроводах при необходимости ремонта одной из рам ее отделяют от других.

Если магнитопровод собран из пластин прямоугольной формы, его называют магнитопроводом с прямыми стыками; если пластины в месте сочленения стержней и ярм имеют срез под острым углом — магнитопроводом с косыми стыками. Подавляющее большинство магнитопроводов отечественного производства имеют прямые стыки. Иностранные фирмы изготавливают магнитопроводы как с прямыми, так и с косыми стыками.

#### **Ход работы:**

1. Изучить типовую технологическую карту на ремонт магнитопровода силового трансформатора
2. Составить технологическую карту на ремонт магнитопровода силового трансформатора

№ п/п	Последовательность операций	Технологические указания	Приборы, инструменты,	Норма времени	Состав бригады
-------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------	---------------	----------------

			механизмы		

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №28

**Тема:** Составление технологической карты на ремонт обмоток силового трансформатора

**Цель работы:** усвоение методики проведения ремонтов магнитопровода силового трансформатора; приобретение навыков по составлению технологической карты на капитальный ремонт электрооборудования.

### **Справочный материал:**

Магнитной системой или магнитопроводом трансформатора называют комплект пластин электротехнической стали, собранных по определенной геометрической форме, предназначенной для локализации в магнитопроводе основного магнитного поля трансформатора. Магнитная система, собранная с яшмовыми балками и другими крепежными и конструкционными деталями, называется остовом трансформатора. Поскольку ремонту подвергают магнитную систему, эти термины обычно объединяют общим названием магнитопровод.

Для крупных трансформаторов отечественного производства изготавливают шихтованные магнитопроводы стержневой и бронестержневой конструкции. В стержневых магнитопроводах концы всех стержней соединяются верхним и нижним торцовыми ярмами. В бронестержневых магнитопроводах кроме торцовых имеются дополнительные боковые ярма, расположенные параллельно стержням, которые также соединяются между собой торцовыми ярмами.

### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите основные виды ремонта магнитопровода силового трансформатора
2. Укажите основные виды работ при частичном ремонте магнитопровода силового трансформатора
3. Укажите основные виды работ при капитальном ремонте магнитопровода силового трансформатора
4. перечислите основную документацию для проведения капитального ремонта.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №29

**Тема:** Составление технологической карты на ремонт изоляторов силового трансформатора

**Цель:** изучить объем и последовательность испытаний силовых трансформаторов; научить измерять сопротивление изоляции обмоток силовых трансформаторов.

### **Справочный материал:**

Силовые трансформаторы, вводимые в эксплуатацию, должны подвергаться приемосдаточным испытаниям в соответствии с требованиями ПУЭ.

В объем испытаний входят:

- 1) Измерение характеристик изоляции:  $R_{60''}$ ;  $R_{60''}/R_{15''}$ ;  $\tan \delta$ ;  $\Delta C/C$ ;  $C_2/C_{50}$ .
- 2) Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:
  - а) изоляции обмоток вместе с вводами;
  - б) изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок.
- 3) Измерение сопротивления обмоток постоянному току.
- 4) Проверка коэффициента трансформации.
- 5) Проверка группы соединения трехфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов.
- 6) Измерение тока и потерь холостого хода.
- 7) Проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы.
- 8) Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением.
- 9) Проверка системы охлаждения.
- 10) Проверка состояния силикагели.
- 11) Фазировка трансформаторов.
- 12) Испытание трансформаторного масла.
- 13) Испытания вводов.
- 14) Испытания включением толчком на номинальное напряжение.

Испытания и измерения следует проводить в определенной последовательности. Так, безразлично, например, что испытать сначала: электрическую прочность изоляции или трансформаторное масло. При испытаниях повышенным напряжением в случае плохого качества масла может произойти пробой изоляции. Витковую изоляцию испытывают после испытания главной изоляции, так как в случае пробоя витковой изоляции при испытаниях приложенным напряжением дефект в витках не будет обнаружен. Недопустимо также измерять сопротивление обмоток постоянному току до опыта короткого замыкания. При этом опыте в случае плохого качества пайки схемы или плохого состояния контактов в переключателях отвод может подгореть или перегореть. Если после этого опыта не измерить сопротивление обмоток постоянному току, то дефект останется необнаруженным.

При проведении нескольких видов испытаний изоляции испытанию повышенным напряжением должны предшествовать другие виды ее испытаний.

Измерение характеристик изоляции проводят при температуре изоляции не ниже 10°C не ранее чем через 12 ч после заливки маслом. Значения характеристик изоляции должны быть не ниже приведенных в таблицах 6.1...6.3.

Таблица 6.1 - Наименьшие значения  $R_{60''}$  для трансформаторов до 35 кВ

Мощность трансформаторов, кВА	Значения $R_{60''}$ , МОм, при температуре, °C						
	10	20	30	40	50	60	70
До 6300 включительно	450	300	200	130	90	60	40
10 000 и более	900	600	400	260	180	120	80

Таблица 6.2 - Наибольшие значения  $\tan \delta$  для трансформаторов до 35 кВ

Мощность трансформаторов, кВА	Значения $\tan \delta$ , при температуре, °C						
	10	20	30	40	50	60	70
До 6300 включительно	1,2	1,5	2,0	2,6	3,4	4,0	6,0
10 000 и более	0,8	1,0	1,3	1,7	2,3	3,0	4,0

Таблица 6,3 - Наибольшие значения  $C_2/C_{50}$  для трансформаторов

Мощность трансформатора, кВА	Значение отношения $C_2/C_{50}$ , измеренного при температуре обмоток, °C		
	10	20	30
До 6300 включительно	1,1	1,2	1,3
10 000 и более	1,05	1,15	1,25

Для сухих силовых трансформаторов значения  $R_{60''}$  при температуре 20...30 °C приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Наименьшие допустимые значения сопротивлений изоляции  $R_{60''}$  обмоток сухих силовых трансформаторов

Номинальное напряжение трансформаторов, кВ	Сопротивление изоляции, МОм
До 1	100
1...6	300
Более 6	500

Значения коэффициента абсорбции  $k = R_{60''}/R_{15''}$  должно быть не менее 1,3 при температуре измерения от 10 до 30°C.

Испытание повышенным напряжением: а) изоляции обмоток вместе с водами в соответствии с нормами, представленными в таблице 7.5. Продолжительность испытания 1 мин (данное испытание для маслонеполненных трансформаторов необязательно); б) изоляции доступных

стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок производится напряжением 1...2 кВ в течение 1 мин в случае осмотра активной части.

Таблица 6.5 - Испытательное напряжение промышленной частоты изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов и трансформаторов с облегченной изоляцией (сухих и маслонаполненных)

Класс напряжения обмотки, кВ	Испытательное напряжение по отношению к корпусу и другим обмоткам, кВ, для изоляции	
	нормальной	облегченной
До 0,69	4,5	2,7
3	16,2	9,0
6	22,5	15,4
10	31,5	21,6

Измерение сопротивления обмоток постоянному току производят на всех ответвлениях, если для этого не требуется выемки сердечника. Значение сопротивления не должно отличаться более чем на 2 % от значения, полученного на таком же ответвлении других фаз, или от паспортных данных.

Проверка коэффициента трансформации производится на всех ступенях переключения. Коэффициент трансформации не должен отличаться более чем на 2 % от значений, полученных на том же ответвлении других фаз, или от паспортных данных.

Проверка группы соединения производится лишь при отсутствии паспортных данных.

Измерение тока и потерь холостого хода производится для трансформаторов свыше 1000 кВА при номинальном или пониженном напряжении с пересчетом на номинальное напряжение. Ток холостого хода не нормируется.

Проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы. Снятие круговой диаграммы производится на всех положениях переключателя. Круговая диаграмма не должна отличаться от диаграммы завода-изготовителя.

Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением производят давлением столба масла, высоту которого над уровнем заполненного расширителя принимают: для трубчатых и гладких баков 0,6 м; для волнистых и радиаторных баков 0,3 м. Если в течение 3 ч при температуре масла не ниже 10°C не наблюдается течи, то бак считают герметичным.

Проверка системы охлаждения. Режим пуска и работы охлаждающих устройств должен соответствовать инструкции за вола-изготовителя.

Проверка состояния силикагеля. Индикаторный силикагель должен иметь равномерную голубую окраску зерен. Изменение цвета свидетельствует об увлажнении силикагеля. Для восстановления свойств силикагель прокаливают в печах.

Испытание трансформаторного масла. Пробу масла из трансформатора отбирают после доливки (или заливки) и отстоя в течение не менее 12 ч для трансформаторов до 35 кВ включительно. Отбор пробы масла производят из



специально предназначенного для этого крана (или пробки), имеющегося на баке трансформатора.

Взятое на пробу масло испытывают на содержание механических примесей, взвешенного угля, на кислотное число, реакцию водной вытяжки, температуру вспышки. При этом пробивное напряжение масла должно быть не менее 25 кВ для трансформаторов напряжением до 15 кВ включительно.

Испытание вводов производят по следующим параметрам:

сопротивление изоляции измерительной и последней обкладок вводов, измеренное относительно соединительной втулки (производят мегаомметром на 1...2,5 кВ) не должно быть менее 1000 МОм;

тангенс угла диэлектрических потерь, измеренный при напряжении 3 кВ, не должен превышать 3 % при номинальном напряжении ввода от 3 до 15 кВ;

испытание вводов повышенным напряжением производят для вводов, установленных на трансформаторах, в течение 1 мин совместно с обмотками по нормам таблицы 6.5. Ввод считают выдержавшим испытание, если при этом не наблюдалось пробоя, скользящих разрядов, выделений газа, а также если после испытаний не обнаружено местного перегрева изоляции.

Измерения характеристик изоляции производят при температуре изоляции не ниже 10°C не ранее чем через 12 ч после окончания заливки маслом. Измерения производят по схемам таблицы 6.6. При измерении все вводы обмоток одного напряжения соединяют вместе, остальные обмотки и бак трансформатора должны быть заземлены. Вначале измеряют  $R_{15''}$  и  $R_{60''}$ , затем остальные характеристики изоляции.

Таблица 6.6 - Схемы измерения характеристик изоляции трансформаторов

Двухобмоточные трансформаторы		Трехобмоточные трансформаторы	
Обмотки, на которых производят измерения	Заземляемые части трансформатора	Обмотки, на которых производят измерения	Заземляемые части трансформатора
НН	Бак, ВН	НН	Бак, СН, ВН
ВН	Бак, НН	СН ВН	Бак, ВН, НН Бак, НН, СН
ВН + НН	Бак	ВН + СН ВН + СН = НН	Бак,, НН Бак

За температуру изоляции трансформатора, не подвергавшегося нагреву, принимают температуру верхних слоев масла. Для трансформаторов без масла температура определяется термометром, установленным в карман термосигнализатора на крышке бака, причем карман следует заполнять маслом.

Если температура масла ниже 10°C, то для измерения характеристик изоляции трансформатор должен быть нагрет. При нагреве трансформатора температуры изоляции обмоток принимают равной средней температуре обмоток ВН, определяемой по сопротивлению обмотки постоянному току. Измерение указанного сопротивления производят не ранее чем через 60 мин

после отключения нагрева обмотки током и не ранее чем через 30 мин после отключения внешнего обогрева.

Сопротивление изоляции измеряют мегаомметром на 2500 В с верхним пределом не ниже 10 000 МОм. Перед началом каждого измерения испытываемая обмотка должна быть заземлена на время не менее 2 мин для снятия возможного емкостного заряда.

Для приведения значений  $R_{60"}$ , измеренных на заводе, к температуре измерений на монтаже  $t_1$  а также для определения нормированных значений  $R_{60"}$  при температурах, не кратных десяти, производят пересчет с помощью коэффициента  $k_2$ , который имеет следующие значения:

$t_2 - t_1, ^\circ\text{C}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
$k_2$	1,23	1,5	1,84	2,25	2,75	3,4	4,15	5,1	6,2	7,5	9,2	11,2	13,9	17

#### Примеры пересчета

1) Трансформатор 16 000 кВА, 35 кВ. Данные заводского протокола (при измерении по схеме ВН-бак, НН)  $R_{60"} = 300$  МОм при  $t_2 = 55^\circ\text{C}$ .

Температура изоляции трансформатора при измерении составляет  $20^\circ\text{C}$ ;  $t_2 - t_1 = 35^\circ\text{C}$ ;  $k = 4,15$ .

Сопротивление изоляции, приведенное к  $20^\circ\text{C}$ ,  $R_{60"} = 300 \cdot 4,15 = 1245$  МОм.

Сопротивление изоляции на монтаже должно быть не ниже 70% этого значения, т. е. не менее  $1245 \cdot 0,7 = 870$  Ом.

2) Для трансформатора 6300 кВА, 35 кВ при измерении на монтаже  $R_{60"} = 500$  МОм при температуре изоляции трансформатора  $13^\circ\text{C}$ . Так как в таблице 6.1 даны нормированные значения при температурах, кратных десяти, необходимо определить нормированное значение  $R_{60"}$  при  $13^\circ\text{C}$ . Для этого указанную норму, например при  $20^\circ\text{C}$ , приводят к температуре  $13^\circ\text{C}$  с помощью коэффициента  $k_2$ . Для разницы  $t_2 - t_1 = 20 - 13 = 7^\circ\text{C}$   $k_2 = 1,36$ . Нормированное значение  $R_{60"}$  при  $13^\circ\text{C}$  равно  $300 \cdot 1,36 = 408$  МОм, т. е. измеренное значение 500 МОм удовлетворяет нормам.

#### Ход работы

1) Произвести измерение сопротивления изоляции силового трансформатора, для чего:

- измерить температуру изоляции;
- заземлить испытываемую обмотку не менее чем на 2 мин;
- подключить мегаомметр и произвести измерение  $R_{60"}$  и  $R_{15"}$  в соответствии со схемами таблицы 6.6;
- произвести пересчет значения сопротивления изоляции  $R_{60"}$  к температуре  $50^\circ\text{C}$ ;
- сделать заключение о соответствии значения сопротивления изоляции, сравнив полученный результат с нормой по таблице 6.1;
- подсчитать величину коэффициента абсорбции, сделать заключение о

- степени увлажненности изоляции;  
- составить отчет по работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите объем приемосдаточных испытаний силовых трансформаторов.
2. Что положено испытывать сначала - электрическую прочность изоляции или трансформаторное масло и почему?
3. Почему витковую изоляцию испытывают после главной?
4. Какова продолжительность испытаний повышенным напряжением?
5. Что такое коэффициент абсорбции: его физический смысл и математическое выражение?
6. Что такое  $\tan \delta$ ?
7. Объясните физический смысл соотношений  $\Delta C/C$  и  $C_2/C_{50}$ .
8. Какие функции выполняет трансформаторное масло?

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №30**

**Тема:** Составление технологической карты на ремонт изоляторов силового трансформатор

**Цель:** изучить объем и последовательность испытаний силовых трансформаторов; научить измерять сопротивление изоляции обмоток силовых трансформаторов.

#### **Справочный материал:**

Силовые трансформаторы, вводимые в эксплуатацию, должны подвергаться приемосдаточным испытаниям в соответствии с требованиями ПУЭ.

В объем испытаний входят:

1. Измерение характеристик изоляции:  $R_{60''}$ ;  $R_{60''}/R_{15''}$ ;  $\tan \delta$ ;  $\Delta C/C$ ;  $C_2/C_{50}$ .
2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:
3. изоляции обмоток вместе с вводами;
4. изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок.
5. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.
6. Проверка коэффициента трансформации.
7. Проверка группы соединения трехфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов.
8. Измерение тока и потерь холостого хода.
9. Проверка работы переключающего устройства и снятие круговой диаграммы.
10. Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением.
11. Проверка системы охлаждения.
12. Проверка состояния силикагели.
13. Фазировка трансформаторов.
14. Испытание трансформаторного масла.

# 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»