

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой
«Электроснабжение»

 _____ В.Б. Козловская
_____ 2018 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан энергетического факультета

 _____ К.В. Доброго
_____ 2018 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ «МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»**

для специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»

Составитель: Калечиц В.Н.

Рассмотрен и утвержден на заседании совета энергетического факультета
29.03.2018 г. Протокол №7

Минск 2018

Содержание ЭУМК

| | | |
|---|--|-----|
| | Теоретический раздел | 5 |
| 1 | Краткий конспект лекций по учебной дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» | |
| | Практический раздел | 105 |
| 2 | Лабораторный практикум «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» | |
| 3 | Лабораторный практикум «Наладка и испытание электрооборудования промышленных предприятий» | |
| | Контроль знаний | 209 |
| 4 | Вопросы к зачету по дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» | |
| | Вспомогательный раздел | 212 |
| 5 | Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» для специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)». | |

Пояснительная записка

Учебно-методический комплекс (УМК) по учебной дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» составлен на основе образовательного стандарта ОСВО 1-43 01 03-2013 для специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» в соответствии со статьей 94 Кодекса Республики Беларусь об образовании, которые определяют структуру учебно-методического комплекса, порядок его создания на уровне высшего образования в учреждениях высшего образования.

Цели УМК - повышение качества образования путем систематизации теоретических знаний и практических умений за счет научно-методического обеспечения, основанного на результатах фундаментальных и прикладных научных исследований; обеспечение студента полным комплектом учебных и учебно-методических материалов, позволяющим в бóльшей степени самостоятельно овладевать знаниями (особенно это важно для студентов-заочников).

УМК по дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» выполнен в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 7.83-2001 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Электронные издания. Основные виды и выходные сведения», введенного в действие на территории Республики Беларусь постановлением Комитета по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь от 22 августа 2002 г. N 37.

В УМК объединяются структурные элементы научно-методического обеспечения образования. Научно-методическое обеспечение образования осуществляется в целях обеспечения получения образования, повышения его качества и основывается на результатах фундаментальных и прикладных научных исследований в сфере образования.

УМК предназначен для реализации требований образовательных программ и образовательных стандартов высшего образования и создается по учебной дисциплине.

УМК включает разделы: теоретический, практический, контроля знаний и вспомогательный:

1. Теоретический раздел УМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины в объеме, установленном учебным планом по специальности.
2. Практический раздел УМК содержит материалы для проведения лабораторных работ.
3. Раздел контроля знаний УМК содержит материалы итоговой аттестации, позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов

высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

4. Вспомогательный раздел УМК содержит учебную программу, перечень учебных изданий и информационно-аналитических материалов, рекомендуемых для изучения учебной дисциплины.

Рекомендации по организации работы с УМК

- студентам выдается практически весь материал;
- по мере поступления новых материалов УМК может быть доукомплектован в рабочем порядке после установленных правилами согласований.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ
учебно-методического комплекса
по дисциплине **«МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»**
для специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

**КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»
для специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»**

Составитель: Калечиц В.Н.

2018

МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Лекция 01. ВВЕДЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).

Основной нормативный документ, определяющий выбор электрооборудования, устройство электроустановок, испытание.

Приведены: термины, определения, классификация электроустановок и электроприёмников, требования по выбору проводников, кабелей, аппаратов, измерительных приборов; рекомендации по обеспечению безопасности.

Установлены нормы приёмно-сдаточных испытаний, оформление результатов испытаний.

Изложены требования по выбору электрооборудования, условия его размещения включая взрыво- и пожароопасные зоны.

2. Строительные нормы и правила (СНиП).

Устанавливают основные требования к организации, управлению, порядку и нормам проектирования, производству и приёмке различных видов работ сметные нормы и нормы затрат материальных и людских ресурсов.

СНиП – электротехнические устройства, порядок, нормы, условия хранения, сдача объектов под монтаж.

3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ).

Определяют задачи и обязанности персонала по эксплуатации ЭУ и требования к нему.

- порядок выполнения работ при эксплуатации и ремонте;
- сроки, нормы испытаний оборудования при эксплуатации.

4. Правила техники безопасности при эксплуатации ЭУ (ПТБ).

Устанавливают – требования безопасного оперативного обслуживания и производства работ в ЭУ.

- порядок проведения организационных и технических мероприятий;
- ТБ при обслуживании электродвигателей, кабельных линий, подстанций и тд.

5. Правила техники безопасности при электромонтажных и наладочных работах (ПТБЭН).

6. Правила пользования электрической и тепловой энергией.

Определяют отношения электроснабжающих организаций и потребителей при расчётах за электрическую и тепловую энергию.

Отраслевые нормативные документы.

Учитывают специфику отдельных отраслей.

Эксплуатационные документы – предназначены для изучения изделия и правил его эксплуатации (использование, техническое обслуживание, транспортировка, хранение).

Для обслуживающего персонала, имеющего специальную подготовку.

В состав ЭД входят:

- техническое описание (ТО);
- инструкция по эксплуатации (ИЭ);
- инструкция по техническому обслуживанию (ИО);
- инструкция по монтажу, пуску, регулированию, обкатке на месте (ИМ);
- формуляр (ФО);
- паспорт (ПС);
- ведомость запасных частей, инструмента, приспособлений и др.

Ремонтные документы – рабочие конструкторские документы для подготовки ремонтного производства, ремонта и контроля изделия после ремонта.

- текущий и капитальный ремонты;
- правила и указания по устранению аварийных ситуаций;
- способы ремонта;
- программы и методики ускоренных испытаний для определения возможности кратковременной эксплуатации.

Проектная документация.

1. Проект систем электроснабжения и электроустановок.

Цель проекта:

- обеспечение бесперебойной, надёжной и безопасной эксплуатации их;
- рациональный выбор и размещение электрооборудования;
- структурное и функциональное построение систем;
- учитывают особенности монтажа;
- учитывают условия эксплуатации.

Монтаж ведётся в соответствии с проектом. Отклонения – только по согласованию с проектной организацией.

2. Проект производства электромонтажных работ.

Для своевременного ввода с высоким качеством:

- организация производства;
- способы монтажа.

Применять в ППЭР:

- прогрессивные технологии;
- эффективные материалы и изделия;
- средства механизации;
- оборудование заводской готовности.

В зависимости от сложности и сметной стоимости оборудования ППЭР может быть: полный, сокращённый, типовой.

Состоит из пяти частей:

- 1) справочник;
- 2) организация и технологии;
- 3) материально-техническое снабжение (обеспечение);
- 4) задания мастерским электромонтажных заготовок;
- 5) калькуляция затрат труда и заработной платы.

Т а б л и ц а 1. Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током

| Класс | Характеристика |
|--------------------------|--|
| С повышенной опасностью | Характеризуются наличием в из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырости; токопроводящей пыли; токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных и т.д.); высокой температуры; возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединения с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и металлическим корпусам электрооборудования, – с другой |
| Особо опасные | Характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости; химически активной среды; одновременно двух или более условий повышенной опасности |
| Без повышенной опасности | Характеризуются отсутствием условий, повышенную или особую опасность |

Т а б л и ц а 2 . Классификация помещений по характеру окружающей среды

| Класс | Характеристика (признаки) |
|-----------------------------|--|
| Нормальное | Сухое помещение, в котором отсутствуют признаки, свойственные жарким, пыльным помещениям и помещениям с химически активной средой |
| Сухое | Относительная влажность воздуха в помещении не превышает 60 % |
| Влажное | Пары или конденсирующаяся влага выделяются в помещении временно и в небольших количествах; относительная влажность воздуха в нем более 60, но не более 75 % |
| Сырое | Относительная влажность воздуха в длительное время превышает 75 % |
| Особо сырое | То же, около 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой) |
| Жаркое | Температура воздуха в помещении длительное время превышает 30°С |
| Пыльное | По условиям производства технологическая пыль в помещении выделяется в таком количестве, что может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т.д. Пыльные помещения подразделяются на помещения с проводящей и непроводящей пылью |
| С химически активной средой | По условиям производства в помещении (постоянно или длительно) пары или образуются отложения, разрушающе действующие на изоляцию и токоведущие части электрооборудования |

Таблица 3. Классы электротехнических изделий по способу защиты человека от поражения электрическим током

| № п/п | Класс | Характеристика |
|-------|-------|--|
| 1 | 0 | Изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию и не имеющие элементов для заземления, если эти изделия не отнесены к классам II и III |
| 2 | 0,1 | Изделия, имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию, элементы для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания |
| 3 | I | Изделия имеющие, по крайней мере, рабочую изоляцию и элемент заземления |
| 4 | II | Изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию и не имеющие элементов для заземления |
| 5 | III | Изделия, не имеющие ни внутренних, ни внешних электрических цепей с напряжением свыше 42 В |

Примечания:

В случае, если изделие класса I имеет провод для присоединения к источнику питания, этот провод должен иметь заземляющую жилу и вилку с заземляющим контактом.

Изделия, получающие питание от внешнего источника, могут быть отнесены к классу III в том случае, если они предназначены для присоединения непосредственно к источнику *питания напряжением не выше 42 В*. При использовании в качестве источника питания трансформатора или преобразователя его входная и выходная обмотки не должны быть электрически связаны; между ними должна быть двойная или усиленная изоляция.

ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

Технология производства монтажных работ – это последовательный и неразрывный комплекс организационно-технических и инженерных мероприятий, обеспечивающих ввод в действие вновь строящихся и реконструируемых объектов. Монтажные работы выполняют специализированные организации на основании договоров с заказчиками – предприятиями и организациями, имеющими бизнес-план, утвержденную и согласованную проектно-сметную документацию и соответствующие инвестиции. Заказчик заключает договор с подрядной организацией – генеральным подрядчиком, который несет полную ответственность за монтаж оборудования в установленные сроки. При необходимости генподрядчик на договорных началах может привлекать к выполнению определенных видов работ специализированные организации, выступающие в роли субподрядных.

Для производства монтажных работ заказчик передает генподрядчику в установленные сроки техническую документацию и сметы на объект в целом

или на этапы работ. Если в переданную проектно-сметную документацию заказчик вносит в установленном порядке изменения, то он обязан не позднее чем за 15 дней до начала производства работ дополнительно передать необходимое число экземпляров измененной документации и перечень аннулированных чертежей. Заказчик обязан возместить подрядчику все затраты и убытки, связанные с изменением ранее выданной проектно-сметной документации.

Одним из важнейших направлений технического прогресса в монтажном производстве является *индустриализация*. Она предусматривает две основные цели:

1. Перенос максимальных объемов монтажных работ из монтажной зоны на заводы и производственные базы монтажных организаций. Здесь могут быть обеспечены наиболее производительные методы работ с применением совершенных станков и приспособлений.
2. Параллельно с производством строительных работ готовить электрооборудование, электроконструкции и электропроводки, скомплектованные в укрупненные блоки и узлы.

Индустриализация обеспечивает ускорение темпов производства монтажных работ и снижение их стоимости. Кроме того, массовое заводское производство комплектных крупноблочных устройств и узлов улучшает качество электроустановок по сравнению с монтажом оборудования и устройством проводок на месте монтажа из оборудования и материалов, поставляемых россыпью в монтажную зону.

Применение крупноблочных устройств и монтажных узлов также облегчает эксплуатацию электрохозяйства предприятий. Наконец, крупноблочные комплектные устройства сокращают объем строительных работ, так как они во многих случаях могут быть установлены непосредственно в цехах, без постройки специальных помещений.

Заводы электротехнической промышленности и специализированных электромонтажных организаций выпускают в настоящее время широкий ассортимент крупноблочных комплектных устройств: комплектные распределительные устройства (КРУ), комплектные трансформаторные подстанции (КТП), комплектные преобразовательные подстанции (КПП), комплектные выпрямительные подстанции на полупроводниках (КВП), комплектные конденсаторные установки (ККУ), комплектные щиты управления механизмами с магнитными станциями, скомплектованными с сопротивлениями в стальных шкафах, распределительные силовые и осветительные пункты, распределительные и магистральные токопроводы и пр.

Если такие типовые крупноблочные устройства, как КРУ, КТП, щиты и пр., могут быть предусмотрены в проекте, то укрупнение узлов силовых и осветительных сетей применительно к специфике данного производства осуществляется путем разработки чертежей группами подготовки производства и выполняется в монтажных организациях.

Одним из основных принципов внедрения индустриальных методов работ является организация монтажа в две стадии.

Первая стадия предусматривает производство всех подготовительных и заготовительных работ. На этой стадии внутри сооружений и зданий выполняют монтаж опорных конструкций для установки электрооборудования, прокладки кабелей, проводов, шинопроводов, троллеев, монтаж стальных и пластмассовых труб для электропроводок, прокладку проводов скрытой проводки до штукатурных и отделочных работ, а вне зданий и сооружений – монтаж кабельных сетей и сетей заземления. Перечисленные работы выполняют в сооружениях и зданиях по совмещенному графику – совместно с проведением основных строительных работ. На этой же стадии в мастерских заготавливают узлы и пакеты силовых и осветительных электропроводок; собирают блоки электрооборудования, производят предварительную регулировку электрооборудования, проверяют и испытывают аппаратуру и машины на стендах и т.п.

На второй стадии монтируют электрооборудование (укрупненные узлы и блоки), прокладывают кабели и провода (узлы и пакеты), шинопроводы и подключают кабели и провода к выводам электрооборудования. В электротехнических помещениях (ЗРУ, машинных залах, помещениях распределительных щитов, постов и станций управления, камерах трансформаторов, кабельных полуэтажах, туннелях и каналах) работы второй стадии выполняют после завершения комплекса общестроительных, отделочных работ и монтажа санитарно-технических устройств.

ПРОЕКТ ПОДГОТОВКИ И ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ (ППР)

Основными разделами ППР являются:

краткая характеристика монтажного объекта с приведением физических и объемных показателей;

перечень вносимых в проект изменений и дополнений с приложением документов об их согласовании;

расчеты трудозатрат, численности и фондов заработной платы; эскизы или чертежи укрупненных блоков и узлов с указаниями (в случае необходимости) способов такелажа, транспортировки и монтажа блоков;

ведомости закладных деталей, которые необходимо изготовить и установить в процессе строительных работ;

ведомости заказов на заводские монтажные изделия и на конструкции, подлежащие изготовлению в мастерских монтажно-заготовительного участка (МЗУ);

комплектовочные ведомости на электрооборудование отдельно: а) для поставки в МЗУ и б) для доставки непосредственно в монтажную зону;

спецификации на кабельную продукцию, трубы и металл с разбивкой по отдельным зонам монтажа;

калькуляции и наряды для предварительной выдачи их рабочим МЗУ и монтажных участков;

указания по монтажной технологии и механизации работ; указания по технике безопасности с приложением эскизов ограждений, подмостей и т.п.;

указания о порядке сдачи работ в эксплуатацию с приложением форм технической документации;

графики производства работ, увязанные с общим графиком строительства объекта.

В зависимости от объема и сложности монтируемого объекта ППР могут быть полные и сокращенные.

Логическим развитием ППР является автоматизированная система планирования и управления строительно-монтажными работами (АСУ). Она широко внедряется на крупных стройках. Основным элементом АСУ служит *сетевой график*, который устанавливает взаимосвязь и последовательность всех технологических операций по созданию нового объекта, включая поступление проектной документации, поставку материалов, оборудования и завоз необходимых механизмов. Продолжительность работ в сетевом графике определяется по нормативам трудовых затрат и представляет собой трудоемкие расчеты, выполняемые с помощью ЭВМ.

Лекция 02. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Контактные соединения – важные элементы электромонтажного производства, поскольку надежность электрической установки в значительной степени определяется качеством выполнения электрического контакта. В месте соприкосновения двух проводников возникает *переходное сопротивление электрического контакта*, величина которого зависит от физических свойств соприкасающихся материалов, их состояния (загрязненности, окисления), силы сжатия в месте контакта, площади соприкосновения, температуры нагрева и др. Даже после тщательной обработки контактные поверхности не бывают идеально гладкими и содержат микровыступы.

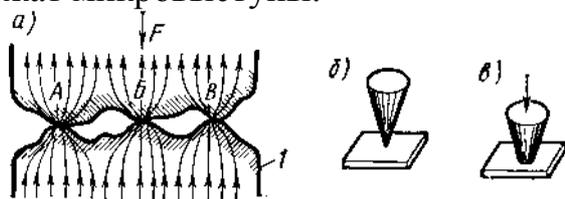


Рис. 2.1. Соприкосновение контактных поверхностей (а) и точки соприкосновения при отсутствии нажатия (б) и при нажатии (в)

Не бывает также и идеально чистых контактных поверхностей. Под воздействием окружающей среды поверхности всех металлов покрываются *окисными пленками*, нередко очень тонкими, не видимыми невооруженным

глазом. Медь обычно покрывается на воздухе видимой окисной пленкой, плохо проводящей электрический ток; олово – тонкой неустойчивой окисной пленкой, легко разрушаемой при сжатии контакта. Поэтому по условиям технологии монтажа для медных контактов обычно вводится предварительное лужение.

Особенно неблагоприятной с точки зрения надежности электрического контакта является поверхность алюминия. Предварительно очищенная, она после нескольких секунд пребывания на воздухе покрывается тонкой окисной пленкой, твердой и тугоплавкой, обладающей высоким электрическим сопротивлением. Температура плавления алюминия составляет 565–578°C, а его оксидной пленки – около 2000°C.

Другая особенность алюминия – его низкий предел текучести. Сильно затянутое болтами контактное соединение алюминиевых поверхностей с течением времени ослабевает; алюминий под воздействием большого давления вытесняется из зоны высокого давления в соседнюю зону, где давление значительно меньше. При соединении с медью и некоторыми другими металлами алюминий образует гальваническую пару, являясь в ней отрицательным электродом; в месте контакта возникает Перечисленные особенности алюминия осложняют получение электрического контакта высокой надежности. Однако к настоящему времени отечественными научно-исследовательскими и монтажными организациями разработана такая технология контактного соединения алюминиевых поверхностей, которая при соблюдении рекомендаций, приведенных в специальных инструкциях, обеспечивает получение надежного электрического контакта.

При зачистке поверхностей металлов под контактные соединения следует иметь в виду, что чрезмерная шлифовка контактной поверхности не только не улучшает, а, наоборот, ухудшает контакт: сглаживаются микровыступы, при нажатии на них не происходит пластической деформации с последующим расширением площади контакта.

Существенное значение для контактного соединения имеет защитная смазка, применяемая для предохранения контактной поверхности от быстрого окисления. По условиям технологии монтажа предусматривается зачищать электрический контакт алюминиевых поверхностей наждачной шкуркой или металлической щеткой, затем наносят тонкий слой кварцево-вазелиновой или цинково-вазелиновой пасты. Кварцевый песок и цинк разрушают окисную пленку, а вазелин предохраняет контактную поверхность от повторного окисления. Защитная смазка увеличивает переходное сопротивление контакта, но при нажатии на контакт и пластической деформации микровыступов смазка выдавливается в соседние зоны; при тонком слое смазки практического ухудшения контакта не происходит.

В процессе эксплуатации контактные соединения подвергаются воздействию температуры от нагрева токопроводящих жил проводов, кабелей и шин; вибрациям, обусловленным работой оборудования; влиянию окружающей среды, в которой могут содержаться влага, газы, пары щелочей и кислот.

При коротких замыканиях в сети кратковременный нагрев токопроводящих жил может быть значительным и регламентируется нормами: до 150°C для резиновой и поливинилхлоридной изоляции, до 200°C для бумажной.

СПОСОБЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЬНЫХ ЖИЛ

Опрессование. Соединение жил проводов и кабелей опрессованием допускается для всех сечений при рабочем напряжении сети до 10 кВ.

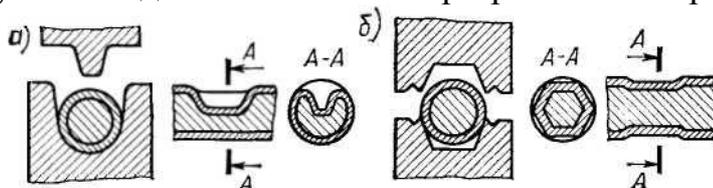


Рис. 2.2. Способы опрессования: *а* – местное вдавливание; *б* – сплошное шестигранное обжатие

Опрессование выполняют с помощью соединительных гильз путем сплошного обжатия или местного вдавливания (рис. 2.2). При местном вдавливании опрессовку производят одним, двумя или четырьмя вдавливаниями. Технология опрессовки соединения алюминиевых жил показана на рис. 2.3.

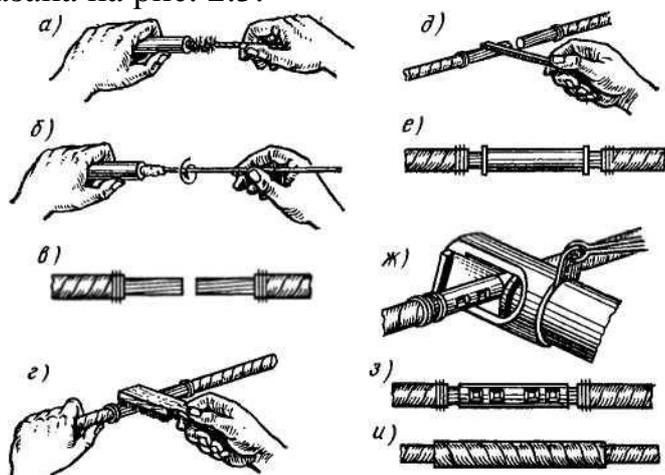


Рис. 2.3. Соединение алюминиевых жил опрессовкой:

а – зачистка внутренней поверхности гильзы; *б* – смазка внутренней поверхности гильзы кварцево-вазелиновой пастой; *в* – концы жил со снятой изоляцией; *г* – зачистка жил; *д* – смазка жил кварцево-вазелиновой пастой; *е* – соединение, подготовленное к опрессовке; *ж* – опрессовка гильзы; *з* – опрессованное соединение; *и* – готовое соединение

Многопроволочные медные жилы сечением до 2,5 мм² соединяют обжатием тонкой медной или латунной лентой (фольгой) с помощью ручных клещей, алюминиевые жилы сечением до 10 мм² – опрессовкой

алюминиевыми гильзами также с помощью ручных клещей. Способ сплошного обжатия дает лучшие результаты, чем местного вдавливания.

Сварка. Наибольшее применение имеют два способа сварки контактных соединений токопроводящих жил: электросварка контактным разогревом с помощью угольного электрода (для жил сечением $2,5\text{--}10\text{ мм}^2$) и термитная сварка. Для крупных сечений с многопроволочными жилами и для шинных соединений применяют газовую сварку (пропано-кислородную, пропано-воздушную).

Не допускается соединение и окончевание жил обычной дуговой электросваркой, так как при этом расплескивается расплавленный металл токопроводящих жил и происходит их пережигание.

На рис. 2.5 показана схема электросварки угольным электродом жил сечением $2,5\text{--}10\text{ мм}^2$. Для сварки применяют понижающий трансформатор с низким напряжением $9\text{--}12\text{ В}$ мощностью не менее $0,5\text{ кВ}\cdot\text{А}$. Токопроводящие жилы зачищают до блеска и скручивают. После сварки соединение очищают напильником, покрывают лаком и изолируют.

Соединение многопроволочных алюминиевых жил сечением $16\text{--}240\text{ мм}^2$ выполняют в два приема: сначала сваривают концы отдельных проволок жил в монолитный стержень, а затем стержни между собой. Торцы жил смазывают тонким слоем флюса, изоляцию жил защищают от перегрева и обгорания охладителями и асбестовой подмоткой. После сварки соединение обрабатывают напильником и изолируют. Оконцевание многопроволочных алюминиевых жил сечением $16\text{--}150\text{ мм}^2$ сваркой выполняют с помощью литых алюминиевых наконечников типа ЛА.

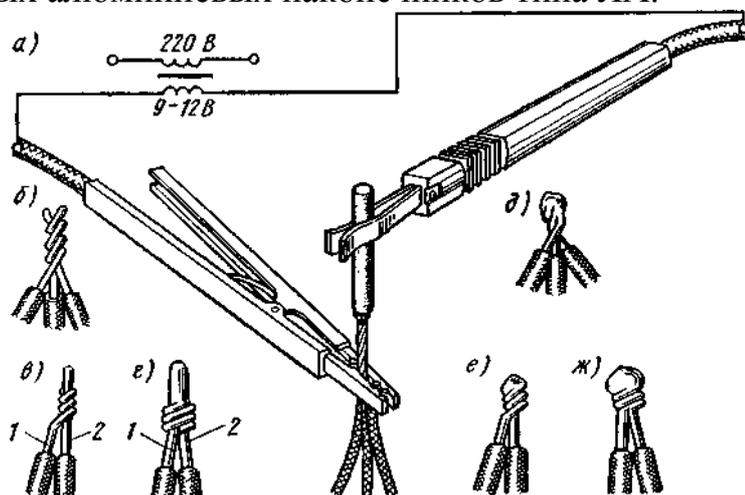


Рис. 2.5. Электросварка угольным электродом: *а* – процесс сварки; *б* – алюминиевые жилы, подготовленные к соединению; *в*, *г* – алюминиевая 1 и медная 2 жилы, подготовленные к соединению; *д* – сварное соединение алюминиевых жил; *е*, *ж* – сварное соединение алюминиевой и медной жил

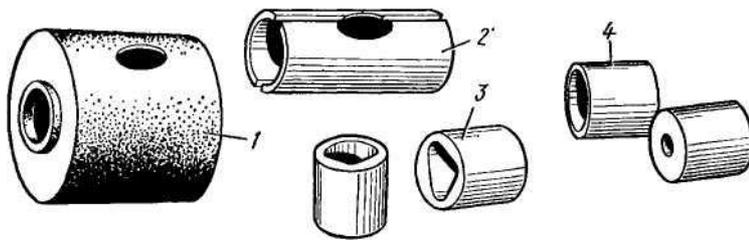


Рис. 2.6. Термитный патрон марки ПА для сварки жил кабелей и изолированных проводов:

1—термитный муфель; 2 — стальной кокиль; 3 — алюминиевые втулки с секторными отверстиями; 4 — алюминиевые колпачки

Во всех случаях сварки алюминиевых жил (кроме соединения жил сечением 2,5–10 мм² угольным электродом) необходим флюс для защиты алюминия от окисления в процессе сварки. Флюсы выпускают в виде порошков, помещенных в герметично закрытых банках. Наибольшее распространение имеет флюс ВАМИ, в состав которого входят: хлористый калий — 50%, хлористый натрий — 30%, креолит К-1 — 20%. Перед употреблением флюс приготавливают в виде сметанообразной пасты путем перемешивания порошка флюса с водой. Флюс перед сваркой наносят тонким слоем на свариваемые жилы и присадочные прутки.

Термитно-муфельную сварку выполняют специальными термитными патронами. Соединение алюминиевых жил кабелей и проводов сечением 16–240 мм² термитной сваркой производят с применением патронов марки ПА (рис. 2.6).

Термитный муфель, поджигаемый термитной спичкой с температурой пламени около 1000°С, горит при температуре около 2800°С. Сварку производят с помощью приспособления (рис. 2.7, 2.8), состоящего из подставки-штатива 5 с охладителями 3.

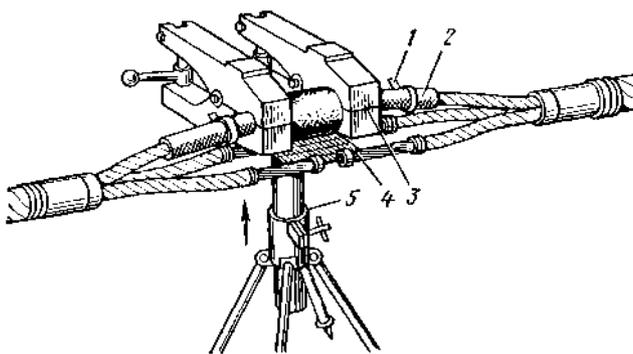


Рис. 2.7. Приспособление для сварки жил кабелей:

1 — скоба для закрепления асбеста; 2—асбест для защиты жилы от пламени (защита остальных жил не показана); 3 — охладитель; 4 — термитный патрон; 5 — штатив

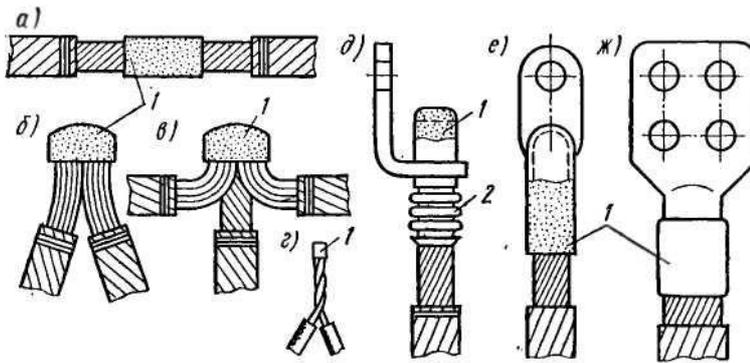


Рис. 2.8. Виды соединений и окончаний кабелей и проводов с алюминиевыми жилами, выполняемых термитно-муфельной сваркой;

а – соединение встык изолированных проводов и кабелей; *б*, *в* – соединение двух и трех многопроволочных проводов сваркой по торцам; *г* – соединение однопроволочных проводов сечением до 10 мм^2 сваркой по торцам; *д* – окончание жилы наконечником ЛА сваркой по торцам жилы; *е*, *ж* – окончание трубчатым ТА и стержневым наконечниками; *1* – место сварки; *2* – часть наконечника для сопряжения с жилой

Пайка. Пайку токопроводящих жил осуществляют расплавленным припоем, температура плавления которого ниже, чем у меди и алюминия. Для пайки медных жил применяют преимущественно оловянисто-свинцовый припой ПОС-30 (содержание олова 30%), для тонких медных проводников – более мягкие припои: ПОС-40, ПОС-50 и ПОС-61. В качестве флюса при пайке медных жил используют канифоль или раствор мелкоотолченной канифоли в спирте. Для пайки алюминиевых жил применяют цинково-оловянистый припой А (40% олова) и цинково-алюминиевые припои ЦО-12 (12% олова, 88% цинка) и ЦА-15 (15% алюминия, 85% цинка).

Соединение пайкой и ответвление однопроволочных алюминиевых жил сечением до 10 мм^2 показано на рис. 2.9. Концы проводов соединяют двойной скруткой так, чтобы в месте касания их образовался желобок *1*. Место соединения предварительно прогревают пламенем паяльной лампы или пропан-бутановой горелки, затем натирают палочкой припоя в пламени горелки.

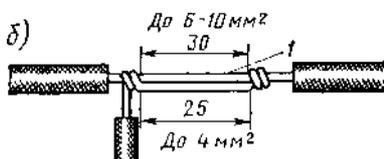


Рис. 2.9. Соединение и ответвление однопроволочных алюминиевых проводов пайкой

Контактные соединения проводов с помощью механических зажимов и винтов. Такие соединения позволяют осуществить ответвление от провода без его разрезания (рис. 2.10). Для этой цели применяют специальные ответвительные зажимы в пластмассовых корпусах. Внутри

корпусов имеется квадратный зажим из штампованных пластин, затягиваемых по углам четырьмя.

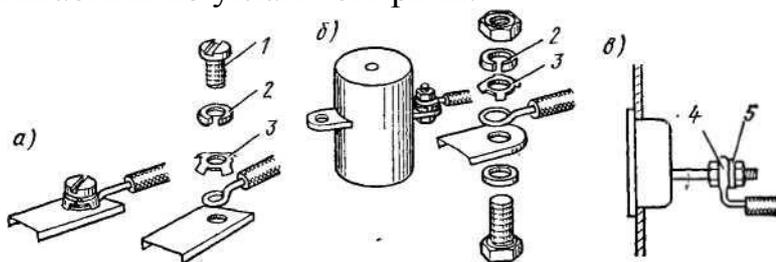


Рис. 2.10. Присоединение алюминиевых однопроволочных жил к винтовым зажимам:

a – при наличии резьбы в теле зажима; *б* – при креплении винтом с гайкой; *в* – при оконцевании кольцевым наконечником; 1 – винт М4; 2 – пружинная шайба; 3 – шайба-звездочка; 4 – кольцевой наконечник; 5 – стандартная пружинная шайба

Наиболее распространенные способы соединений и ответвлений шин – сварка (высокие надежность и производительность в монтаже) и разъемно-болтовой.

Монтажу контактных соединений шин предшествуют подготовительные работы, состоящие в основном из следующих операций: разрезание на отрезки по проектным чертежам или по замерам с натуры; рихтовка, обработка кромок и зачистка мест соединений проволочной щеткой на участке длиной не менее 30 мм от свариваемых торцов.

Монтажу болтовых контактных соединений предшествуют следующие подготовительные работы: вырубка или сверление отверстий под винты и обработка контактных поверхностей (очистка бензином, ацетоном или уайт-спиритом), удаление с алюминиевых шин окисной пленки и покрытие их тонким слоем защитной смазки.

Лекция 03. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими, защитными конструкциями и деталями называют *электропроводкой*. Согласно ПУЭ, это определение распространяется на электропроводки силовых, осветительных и вторичных цепей напряжением до 1 кВ переменного и постоянного тока, выполненные внутри зданий и сооружений, на наружных стенах, территориях микрорайонов, учреждений, предприятий, дворов, на строительных площадках, с применением изолированных установочных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей в резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до 16 мм² (при сечении более 16 мм² – кабельные линии).

Электропроводку, проложенную по поверхности стен, потолков, ферм и другим строительным элементам зданий и сооружений, опорам и т.п., называют *открытой*.

Электропроводку, проложенную внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях, за непроходными подвесными потолками), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т.п., называют *скрытой*.

Электропроводку, проложенную по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами и т.п., а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной 25 м каждый) вне улиц, дорог и т.п., называют *наружной*. Она может быть открытой и скрытой.

Стальную проволоку, натянутую вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенную для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков, называют *струной*.

Металлическую полосу, закрепленную вплотную к поверхности стены, потолка и т.п., предназначенную для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков, называют *полосой*.

Тросом (несущий элемент электропроводки) называют проволоку или стальной канат, натянутый в воздухе, который используют для подвески к нему проводов, кабелей или их пучков.

Полую закрытую конструкцию прямоугольного или другого сечения, предназначенную для прокладки в ней проводов и кабелей, называют *коробом*. Он служит защитой от механических повреждений проложенных в нем проводов и кабелей.

Короба могут быть глухими или с открываемыми крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба имеют только сплошные стенки со всех сторон. Короба можно применять в помещениях и наружных установках.

Открытую конструкцию, предназначенную для прокладки на ней проводов и кабелей, называют *лотком*. Лоток не является защитой от внешних механических повреждений, проложенных на нем проводов и кабелей. Лотки изготовляют из несгораемых материалов. Они могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми; их применяют в помещениях и наружных установках.

Монтаж открытых электропроводок, выполняемых плоскими проводами АППР, АППВ, ППВ, проводят в определенной технологической последовательности. Сначала размечают места установки светильников, выключателей и штепсельных розеток, линий электропроводки, крепления провода, т.е. точек забивки гвоздей, установки скоб и мест прохода провода через стены и перекрытия, начиная от группового щитка с постепенным переходом к отдельным помещениям.

Места установки светильников на потолке размечают в зависимости от их числа. Если в центре помещения устанавливают один светильник, то место его положения определяют натягиванием из противоположных углов

крест-накрест двух шнуров. Точку их пересечения на полу отмечают мелом, затем со стремянки отвесом эту точку переносят на потолок. Если нужно установить два светильника в помещении на потолке, то на полу отбивают среднюю линию, делят ее на четыре равные части. Разметку переносят на потолок. Светильники устанавливают от стены на расстоянии $1/4$ длины помещения.

После определения мест установки светильников на стене и потолке с помощью шнура отбивают линию будущих электропроводок. На линии отмечают точки крепления провода, а также точки сквозных отверстий для прохода проводов через стены и перекрытия. Далее, используя шаблон, намечают места установки ответвительных коробок, штепсельных розеток и выключателей.

Следующими операциями электромонтажа являются соединение и ответвление плоских проводов в ответвительных коробках. Эти операции выполняют сваркой, опрессованием или пайкой с последующей изоляцией полиэтиленовыми колпачками или изолирующей лентой. Провода в цепях штепсельных розеток соединяют непосредственно на контактах розеток.

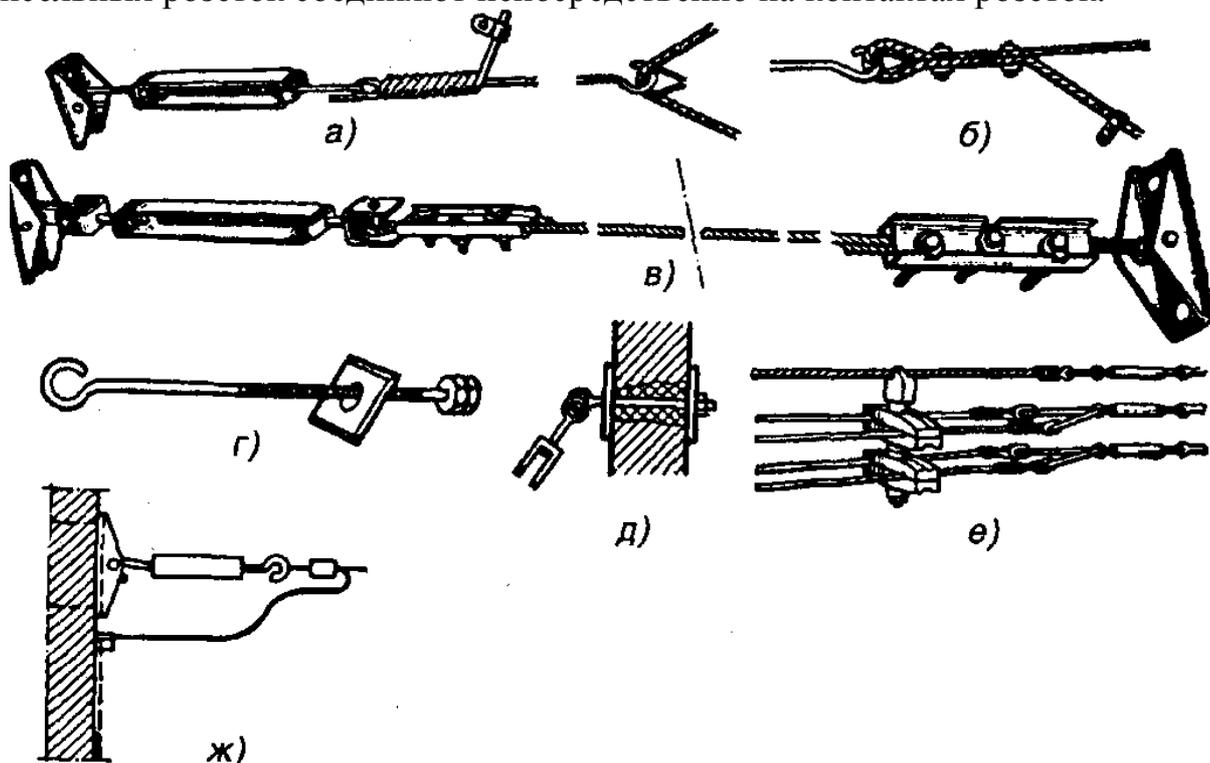


Рис. 3.1. Монтаж элементов тросовых электропроводок;

а – анкер с натяжной муфтой; *б* – концевая заделка троса с помощью коуша и плашечных зажимов; *в* – несущий трос; *г* – натяжной сквозной болт с крюком; *д* – натяжной сквозной болт с кольцом; *е* – прокладка изолированных проводов на тросовых подвесках с заглушкой проводов на изоляторах орешкового типа; *ж* – заземление троса провода АРТ с помощью свободного конца петли

Электропроводки, выполненные изолированными и защищенными проводами и кабелями, подвешенными к стальному тросу диаметром 3–8 мм

или специальными проводами АВТ; АВТУ; АВТВ; АВТВУ, которые имеют между тремя или четырьмя свитыми жилами собственный несущий оцинкованный трос, называют *тросовыми электропроводами*.

Этот вид электропроводок является наилучшим для промышленного монтажа. Его применяют в любых условиях среды, включая взрывоопасные зоны отдельных классов.

В тросовой проводке в основном применяют элементы, изготавливаемые на заводах. К торцовым стенам тросы крепят на проходных анкерах или анкерах, прикрепляемых к сквозным штырям, болтам или дюбелям (рис. 3.1).

На конце троса делают петлю и устанавливают тросовый зажим и муфты, позволяющие регулировать натяжение троса. При электропроводах тросовыми проводами применяют специальные ответвительные коробки, которые одновременно используют для подвески тросового провода и светильников. Внутри коробки имеется устройство для крепления троса. Ответвления выполняют без разрезания провода с помощью сжимов в пластмассовом кожухе. Узлы тросовой проводки заготавливают на заводах или в МЭЗ на технологических линиях и поставляют на место монтажа в контейнерах.

Для монтажа тросовых электропроводок сначала размечают места крепления анкерных и промежуточных конструкций вдоль помещения по линии расположения светильников или силовых электроприемников, выдерживая расстояния между подвесками, ответвительными коробками и светильниками по проекту и эскизам замеров на месте монтажа. Далее крепят анкерные и натяжные устройства к основным строительным элементам здания (стенам, фермам и др.), устанавливают подвески для промежуточных креплений и крепят их к нижним поясам ферм, колоннам, перекрытиям, в щелях между уголками ферм или плит перекрытия.

При применении защищенных проводов крепление полосками осуществляют через 0,5 м. Полоски – мягкие прокладки, должны выступать на 1,5–2 мм с обеих сторон троса. Далее прозванивают и маркируют провода. Если для тросовой проводки применяют специальные провода, то ввод и ответвление осуществляют сжимами У245 и У246 без разрезания фазных проводов.

Для прокладки заготовленных линий провода разматывают по полу с помощью специальных крестовин и поднимают их на высоту 1,3–1,5 м для выпрямления и подвески светильников. Далее провода поднимают на проектную высоту и закрепляют на анкерной конструкции один конец троса. Соединяют линию с ранее установленными промежуточными подвесками и оттяжками. Регулируют стрелу провеса и надевают трос на противоположное анкерное устройство. В местах соприкосновения оголенных участков троса и анкерного устройства их смазывают вазелином. Трос на конце линии заземляют в двух точках, присоединяя медные перемычки сечением $2,5 \text{ мм}^2$ к нулевому проводу или шине, соединенной с контуром заземления. Несущий трос в качестве заземляющего проводника использовать нельзя. Далее

мегаомметром на напряжение до 1000 В измеряют сопротивление изоляции электропроводки. Оно должно быть не менее 0,5 МОм.

Электропроводки небронированными защищенными проводами и кабелями сечением до 16 мм² с резиновой и пластмассовой изоляцией прокладывают непосредственно по поверхности стен. Такие электропроводки крепят скобами, пряжками или на полосах, лентах и струнах (рис. 3.2), что резко уменьшает трудоемкость дыропробивных работ.

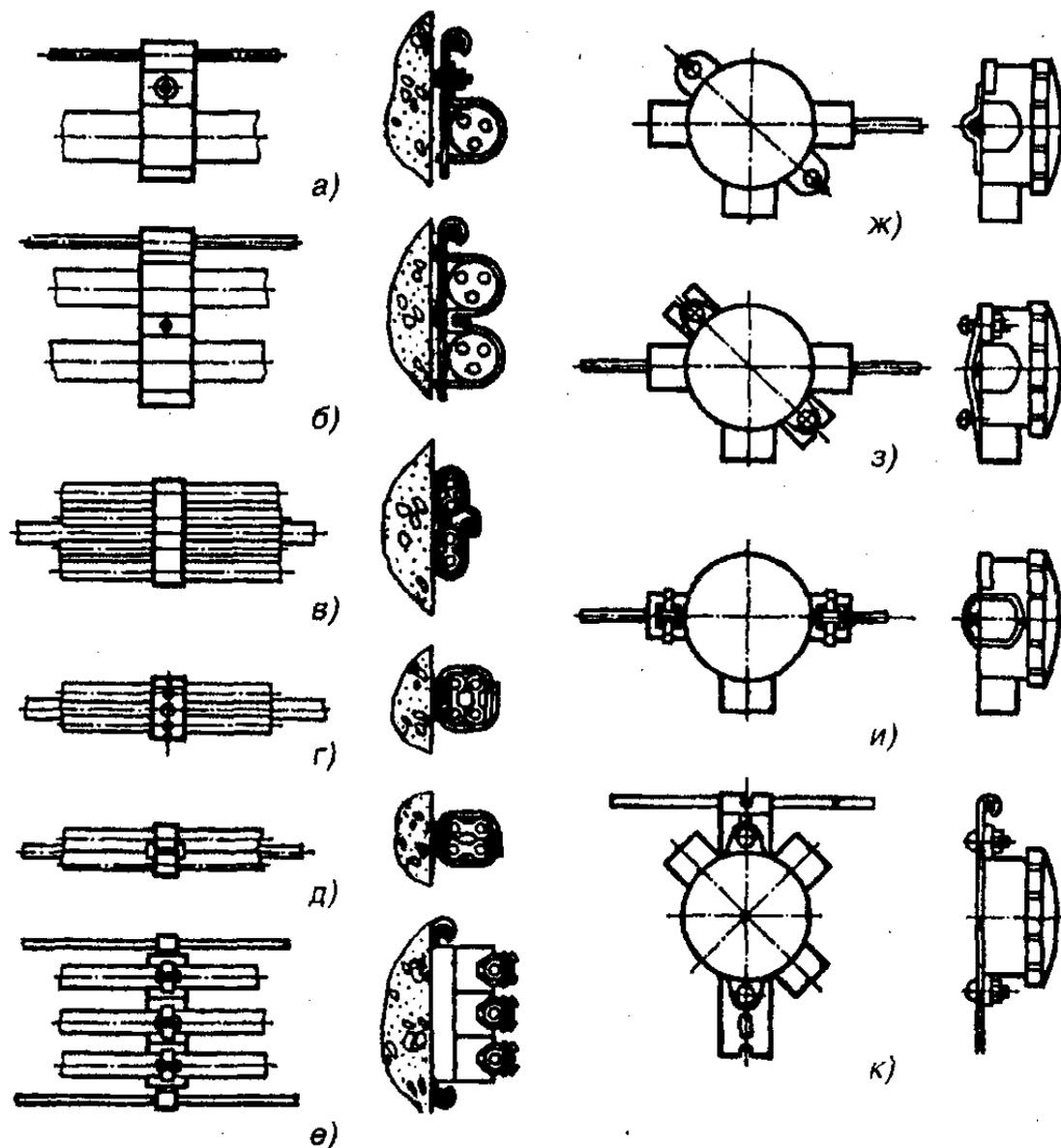


Рис. 3.2. Прокладка кабеля и проводов по стене с креплением к струнам:
a – подвеской У954; *б* – подвеской У957; *в* – полоской Лоскутова; *г* – лентой К226; *д* – полоской с пряжкой ПИ; *е, и* – полоской ПЛ с пряжкой; *ж* – полоской с «усами»; *з, к* – монтажной полоской К-200

Монтажные перфорированные полосы и ленты шириной 16 и толщиной 0,8 мм холодно- или горячекатаную ленту шириной 20–30 и толщиной 1–1,5 мм используют в качестве несущих конструкций. Ленты и полосы крепят непосредственно к основанию с расстоянием между точками крепления 0,8–1 м, а от конца полосы – не более 70 мм. Оцинкованную проволоку диаметром

3–4 мм, натянутую вплотную к основанию и закрепленную на концах натяжными устройствами, используют в качестве несущей струны.

Защищенные провода АПРФ (ПРФ, ПРФл) выпрямляют на верстаке или вручную.

Провода и кабели крепят металлическими или пластмассовыми бандажами на расстоянии 10–15 мм от мест изгиба трассы и 100 мм – от их ввода в ответвительные коробки. Расстояние между точками крепления 500 мм. Несущие полосы, ленты и струны заземляют так же, как и тросовые проводки. Металлические оболочки проводов АПРФ, ПРФ, ПРФл заземляют у питающих щитков или пунктов гибкой медной перемычкой, припаянной к металлической оболочке кабеля, провода.

В практике электромонтажных работ широкое распространение получили беструбные скрытые электропроводки, выполняемые проводами АППВС и АПВ с прокладкой их непосредственно в толще строительных конструкций: в гипсолитовых, бетонных перегородках, под штукатуркой, в пустотах и каналах перекрытий и стен, с замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении на заводах железобетонных изделий.

Скрытую прокладку проводов выполняют, соблюдая следующие требования: провода в тонкостенных перегородках до 80 мм или под слоем штукатурки прокладывают параллельно архитектурно-строительным линиям; между горизонтально проложенными проводами и плитами перекрытия расстояние не должно превышать 150 мм; в строительных конструкциях толщиной более 80 мм провода прокладывают по кратчайшим трассам.

В помещениях кирпичных зданий, а также в крупноблочных зданиях с перегородками, изготовленными из плит небольших размеров, скрытые электропроводки плоскими проводами выполняют так: в кирпичных и шлакобетонных оштукатуренных стенах – непосредственно под слоем штукатурки; в стенах из крупных бетонных блоков – в швах между блоками, а отдельные участки – в штробах; в гипсобетонных перегородках из отдельных плит – в бороздах, в перекрытиях из сборных многопустотных плит – в пустотах плит или в неметаллических трубах, уложенных поверх плит перекрытия в подготовке пола.

К монтажу электропроводок приступают после окончания строительных работ и работ по укладке чистого пола.

Технологические операции монтажа скрытых электропроводок выполняют в определенной последовательности. Сначала размечают трассу электропроводки, места установки ответвительных коробок под выключатели и штепсельные розетки, крюки под светильники. Разметку начинают с мест установки по проекту щитков, светильников, выключателей и штепсельных розеток. Далее размечают трассы прокладки проводов. Плоские провода в горизонтальном направлении прокладывают на расстоянии 100–150 мм от потолка или 50–100 мм от балки или карниза. Провода можно укладывать в щели между перегородкой и перекрытием или балкой. Линии к штепсельным розеткам прокладывают на высоте их уста-

новки (800 или 300 мм от пола) или в углу между перегородкой и верхом плиты перекрытий. Спуски и подъемы к выключателям, светильникам выполняют вертикально. Разметку мест установки светильников выполняют аналогично разметке открытых проводок плоскими проводами.

Отверстия в бетоне и кирпиче делают электро- и пневмоинструментом. Заготовку мерных отрезков плоских проводов производят непосредственно на месте монтажа. На концах проводов вырезают разъединительную пленку длиной 75 мм, а на изгибах – 40–60 мм. У трехжильных проводов после вырезки пленки в местах изгиба одну жилу отводят полупетлей внутрь угла. Гвоздями скрытую проводку крепить нельзя. Крепление проводов осуществляют «примораживанием» алебастровым раствором, пластмассовыми скобами, хлопчатобумажной лентой. Далее провода вводят в коробки, делают соединения, ответвления и изолируют их концы.

При прокладке проводов и кабелей в каналах сборных строительных конструкций разметку трасс и мест установки приборов производить не требуется. Перед затягиванием проводов калибром проверяют пригодность каналов. Диаметр калибра должен быть не менее 0,9 проектного диаметра канала. При этом особое внимание обращают на наличие натеков и острых граней в местах сопряжения строительных элементов здания. Затем проверяют состояние соединительных ниш соседних стеновых панелей. Нишу выполняют полукруглой формы радиусом 70 мм, гнезда для электроустановочных изделий – с конусностью диаметрами 72–74 мм при установке без коробок и 85 мм – с коробками. Затягивание проводов в каналы производят от прибора к коробкам и нишам. Усилие затягивания не должно превышать 20 Н на 1 мм² суммарного сечения жил. При диаметре канала 20 мм можно затягивать до пяти проводов, при 25 мм – до восьми проводов сечением до 2,5 мм². При ограниченном числе проводов и небольшой длине прямых каналов затягивание производят вручную, при большом числе – стальной проволокой, предварительно затянутой в канал, или приспособлением.

Лекция 04. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДОК, УСТАНОВОК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДОК НА ЛОТКАХ И В КОРОБАХ

В помещениях, где допускается открытая прокладка проводов и кабелей, использование лотков и коробов позволяет значительно сократить трудоемкие операции крепления проводок и обойтись без дефицитных труб. Такой вид прокладки обеспечивает хорошие условия охлаждения проводов (кабелей), возможность замены их и свободный доступ к ним в процессе эксплуатации. Лотки для электропроводок выпускают секциями

длиной 2 м: сварные – шириной 200 и 400 мм, перфорированные – 50 и 100 мм.

Лотки устанавливают на высоте не менее 2 м от уровня пола или площадки обслуживания; в помещениях, обслуживаемых специально обученным персоналом, высота расположения лотков и коробов не нормируется.

Металлические лотки НЛ (рис. 4.1) устанавливают на сборных кабельных конструкциях, элементах строительных и технологических конструкций, кронштейнах и подвесках. Шаг крепления кабелей – 250 мм.

Все соединения при монтаже выполняют резьбовыми деталями крепления. Для надежного электрического контакта в местах соединения прямых окрашенных лотков фланцы имеют гальваническое покрытие. Электрический контакт вспомогательных элементов с прямыми окрашенными лотками обеспечивается стопорными шайбами либо зачисткой мест контакта.

Стальные одноканальные короба серии У усовершенствованной конструкции допускают увеличенную нагрузку.

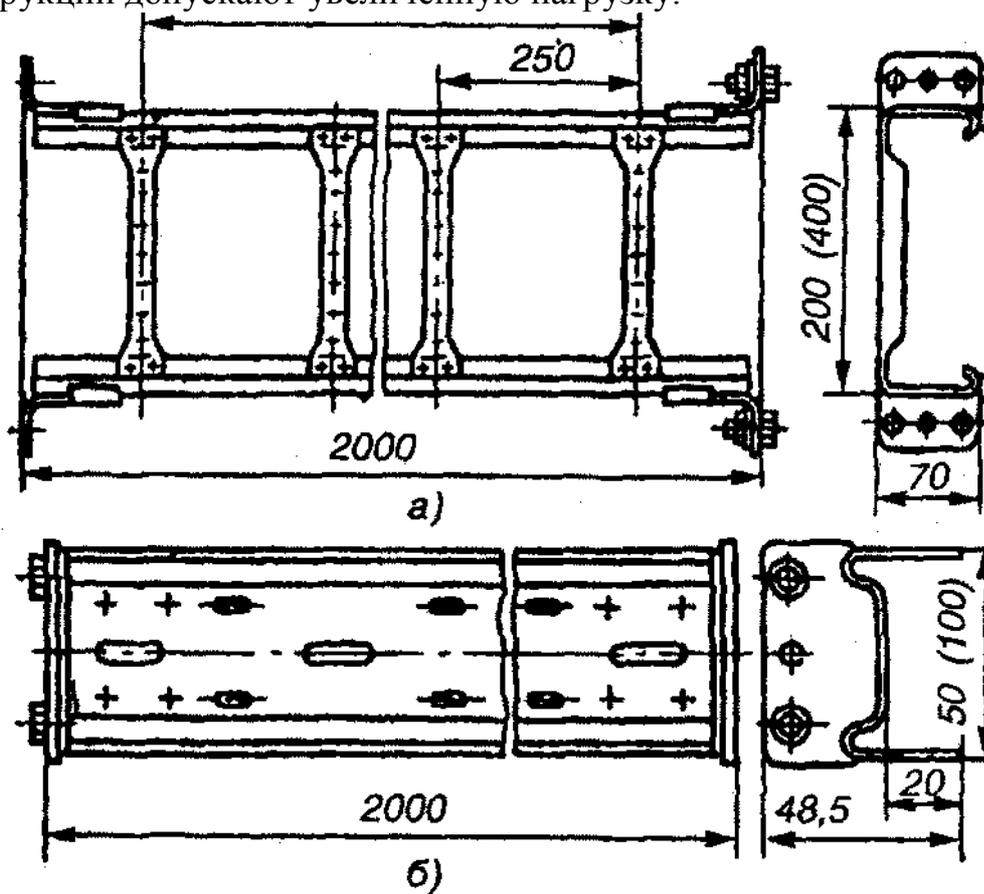


Рис. 4.1. Металлические прямые лотки: а - НЛ40-П2 и НЛ20-П2; б - НЛ5П2 и НЛЮ-П2

В местах поворотов трасс, на ответвлениях, при вертикальной и горизонтальной прокладке лотков плашмя провода и кабеля крепят через 1

м, при прокладке коробов крышкой вниз их крепят через 1,5 м, в сторону – через 3 м. На прямых горизонтальных участках крепить провода в коробах не следует.

На концах лотков и коробов, поворотах трассы и ответвлениях, а также в местах подключения проводов к электрооборудованию устанавливают маркировочные бирки. Соединенные в магистраль лотки или короба заземляют не менее чем в двух удаленных друг от друга местах с противоположных сторон линии и дополнительно в конце ответвления. При этом проверяют непрерывность цепи «фаза-нуль», контактных соединений и измеряют мегаомметром сопротивление изоляции.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ В ТРУБАХ

Стальные трубы для электропроводок применяют только в тех случаях, когда по условиям среды и категории помещений (например, взрывоопасные) другие виды электропроводок запрещены.

В электропроводках используют стальные трубы: тонкостенные (электросварные сечением 15–20 мм) и водогазопроводные (обыкновенные, легкие сечением 15–80 мм). Тонкостенные трубы запрещается применять для прокладки в помещениях сырых, особо сырых, взрывоопасных, с химически агрессивной средой, в наружных установках, в земле. Ответственной операцией монтажа стальных труб является их соединение между собой. Наиболее надежным считают соединение стандартной водогазопроводной муфтой, выполненной с резьбой, паклей и суриком; такое соединение обязательно в помещениях сырых, жарких, с химически агрессивной средой, взрыво- и пожароопасных и во всех помещениях, где применяют скрытую прокладку труб. Для соединения тонкостенных труб муфтой с резьбой требуется выполнение на концах труб накатной резьбы. Ее выполняют специальной резьбонакатной головкой. В сухих помещениях с нормальной средой часто применяют безрезьбовые соединения.

Главными видами изолирующих труб, применяемых в электропроводках, являются резиновые полутвердые (эбонитовые) и пластмассовые (винипластовые, полиэтиленовые и полипропиленовые).

Поскольку полиэтилен и полипропилен деформируются под воздействием жиров, нефтепродуктов и длительного влияния дневного света, трубы из этих материалов применяют преимущественно для скрытых прокладок.

Обработку труб из полиэтилена и полипропилена и их монтаж ведут при плюсовых температурах, так как при температуре ниже 0° С они становятся хрупкими.

Внутри полиэтиленовых и полипропиленовых труб устройство

соединений и ответвлений проводов недопустимо; для этого служат распаечные коробки из стали, негорючей пластмассы или силумина. Надежным соединением полиэтиленовых и полипропиленовых труб является сварка. Ее выполняют специальным нагревательным инструментом.

Если техническими условиями монтажа герметичность соединений не обусловлена, то соединять полиэтиленовые и полипропиленовые трубы можно применяя гильзы из стали и резины, в которые без подогрева, при тугй посадке вводят концы труб.

Операции монтажа электропроводок в трубах выполняют в определенной технологической последовательности.

ОСВЕТИТЕЛЬНАЯ АРМАТУРА

Светильник состоит из лампы и осветительной арматуры. Арматура служит для перераспределения светового потока лампы (или ламп), предохранения зрения от чрезмерной яркости, крепления и подключения лампы к системе питания, защиты ее от механических повреждений и изоляции от окружающей среды. Осветительная арматура газоразрядных ламп имеет устройство для зажигания и стабилизации их работы. Предохранение зрения от чрезмерной яркости лампы перераспределением потока в нужном направлении осуществляют отражателями и рассеивателями, которыми снабжены светильники.

Осветительная арматура состоит из корпуса (металлического или пластмассового), отражателя, патрона (ламподдержателя), рассеивателя или защитного стекла, пускорегулирующего аппарата ПРА (для газоразрядных ламп), узлов подвески и подключения к системе питания.

Основными параметрами, характеризующими светильник, являются: класс светораспределения, кривая силы света, КПД, защитный угол, конструкция. Отношение светового потока, выходящего из светильника, к световому потоку лампы называют КПД светильника. Он колеблется в пределах 60–90 %.

Степень защиты глаз от блёсткости зависит от размера защитного угла.

По характеру светораспределения светильники подразделяют на следующие группы:

прямого света – световой поток не менее 80 % излучается в нижнюю полусферу; преимущественно прямого света – излучается 60–80 %; *рассеянного света* – излучается 40–60 %; преимущественно *отраженного света* – излучается 20–40%; *отраженного* света – в нижнюю полусферу излучается менее 20 % светового потока.

По степени защиты от воздействия внешней среды светильники классифицируют на:

открытые пыленезащищенные – токоведущие части и лампа не защищены от попадания пыли;

перекрытые пыленезащищенные – попадание пыли ограничивается неуплотненными светопропускающими оболочками;

полностью пылезащищенные – токоведущие части и лампа защищены от попадания пыли в количествах, которые могли бы повлиять на работу светильника;

частично пылезащищенные – токоведущие части защищены от попадания пыли;

полностью пыленепроницаемые – токоведущие части и колба лампы полностью защищены от попадания пыли;

частично пыленепроницаемые – токоведущие части полностью защищены от попадания пыли.

В зависимости от степени защиты от проникновения воды светильники подразделяют на *водонезащищенные, брызгозащищенные, струезащищенные, водонепроницаемые, герметичные.*

При строительстве зданий, в особенности крупнопанельных, в них, как правило, предусматривают все отверстия, ниши и закладные части для установки осветительного оборудования и прокладки осветительных сетей. Выключатели и штепсельные розетки при скрытой проводке устанавливают в готовых нишах, коробках или стаканах, с креплением шурупами, винтами или имеющими на них распорными лапками.

Надплинтусные штепсельные розетки и потолочные выключатели имеют металлические основания и, как правило, их крепят непосредственно к стене пристреливанием. Выключатели и штепсельные розетки для открытой проводки, потолочные и настенные ламповые патроны устанавливают на деревянных розетках и крепят шурупами.

Светильники, их рассеиватели и защитные сетки должны быть прочно закреплены. Крюки и другие приспособления для подвесных светильников массой до 100 кг испытывают в течение 10 мин пятикратной массой, а светильники (люстры) массой более 100 кг – двухкратной массой плюс 80 кг. При креплении светильников к потолку на дюбелях, забиваемых монтажным пистолетом, каждую точку подвеса испытывают тройной массой светильника плюс 80 кг.

Если масса светильника не превышает 10 кг, его подвешивают на крюках с помощью колец или скоб блока крепления.

Лекция 04. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ

Выбор проводов, шин, аппаратов, приборов и конструкций производят как по нормальным условиям работы (соответствие рабочему напряжению и току), так и по условиям работы при коротких замыканиях (термические и динамические воздействия, предельно отключаемая мощность).

Щиты, шкафы или панели распределительных устройств должны иметь четкие надписи, указывающие их назначение.

Надписи выполняют на лицевой стороне устройства, а при обслуживании с двух сторон – также и на задней стороне устройства.

Части распределительных устройств, относящиеся к цепям различного рода тока и различных напряжений, выполняют и размещают таким образом, чтобы была обеспечена возможность их легкого распознавания.

Взаимное расположение фаз и полюсов в пределах всего устройства должно быть одинаковым. Шины должны иметь окраску, предусмотренную в ПУЭ.

Все металлические части распределительного устройства должны быть окрашены или иметь другое антикоррозийное покрытие.

Заземление должно быть выполнено в соответствии с ПУЭ. Аппараты располагают таким образом, чтобы было обеспечено безопасное обслуживание и чтобы возникающие при их эксплуатации искры или электрические дуги не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, воспламенить или повредить окружающие предметы и вызвать короткое замыкание или замыкание на землю.

Аппараты рубящего типа устанавливают так, чтобы они не могли замкнуть цепь самопроизвольно под действием силы тяжести.

Подвижные токоведущие части их в отключенном состоянии, как правило, не должны быть под напряжением.

Рубильники с непосредственным ручным управлением (без привода), предназначенные для включения и отключения тока нагрузки и имеющие рабочие контакты, обращенные к оператору, защищают несгораемыми кожухами без отверстий и щелей.

Рубильники, предназначенные лишь для снятия напряжения, допускается устанавливать открыто при условии, что они недоступны для неквалифицированного персонала.

На приводах коммутационных аппаратов четко указывают положения включения и отключения.

Для обеспечения ремонта автоматов с открытыми разрывными контактами, не имеющих выдвижных устройств, предусматривают возможность снятия напряжения с автомата или группы автоматов установкой перед ними рубильника без привода или накладки.

Резьбовые (пробочные) предохранители устанавливаются таким образом, чтобы питающие провода присоединялись к контактному винту, а отходящие к электроприемникам – к винтовой гильзе.

Между неподвижно укрепленными, голыми частями разной полярности, находящимися под напряжением, а также между ними и неизолированными металлическими частями при прокладке шин, проводов и кабелей должны быть обеспечены расстояния не менее 30 мм – по поверхности изоляции и 15 мм – по воздуху.

От голых частей, находящихся под напряжением, до ограждений должно быть не менее: 100 мм – при сетках и 50 мм – при сплошных съемных ограждениях.

В пределах панелей, щитов и шкафов, установленных в сухих помещениях, незащищенные изолированные провода с изоляцией, рассчитанной на рабочее напряжение 1000 В, могут прокладываться по металлическим защищенным от коррозии поверхностям и притом вплотную друг к другу. В этих случаях для силовых цепей применяют снижающие коэффициенты на токовые нагрузки, приведенные в ПУЭ.

Заземленные голые провода и шины могут быть проложены без изоляции.

Электропроводки цепей управления, измерения и т.п. должны соответствовать требованиям ПУЭ.

Корпуса панелей, кожухи и другие части распределительных устройств выполняют из несгораемых или трудносгораемых материалов.

Эти требования не распространяются на диспетчерские и им подобные пульты управления, корпуса которых могут выполняться из сгораемых материалов.

Распределительные устройства выполняют таким образом, чтобы вибрации, возникающие при действии аппаратов, а также от сотрясений, вызванных внешними воздействиями, не нарушали контактных соединений и не вызывали разрегулировки аппаратов и приборов.

Поверхности гигроскопических изоляционных плит, на которых непосредственно монтируют голые токоведущие части, защищают от проникновения в них влаги (пропиткой, окраской и т.п.).

В устройствах, устанавливаемых в сырых и особо сырых помещениях и открытых установках, применение гигроскопических изоляционных материалов (например, мрамор, асбестоцемент и др.) не допускается.

В помещениях пыльных, сырых и особо сырых, и на открытом воздухе допускают установку распределительных устройств лишь в исполнении, надежно защищающем устройство от вредного действия окружающей среды.

Аппараты защиты и управления электроустановками монтируют на заводах, изготавливающих комплектные распределительные устройства. Поэтому в книге приводятся только краткие сведения о новых конструкциях

и монтаже самых массовых пускорегулирующих аппаратов.

Распределительные устройства электротехнической промышленностью поставляются в полностью собранном виде с законченным монтажом входящих в них аппаратов.

Для подстанций с постоянным оперативным или переменным током 230 В поставляют щиты управления, защиты, автоматики и измерения с панелями ЭПП. В цехах промышленных предприятий для распределения электроэнергии, защиты электроустановок и цепей при перегрузках, а также редких включений и отключений электрических цепей широко применяют *комплектные устройства серии РУС-Е*. Ящики с электрическими аппаратами, приборами и сигнальными устройствами собирают в типовые блоки.

Шинопроводом называют жесткий токопровод напряжением до 1000 В заводского изготовления, поставляемый комплектными секциями.

Шинопроводы напряжением до 1 кВ, применяемые для внутрицехового распределения электроэнергии, разделяют на магистральные, распределительные, осветительные и троллейные.

Открытые токопроводы прокладывают вдоль пролетов цехов в качестве питающих шинных магистралей, идущих от цеховых ТП.

Как правило, их прокладывают по фермам, реже – по стенам. Трасса магистралей проходит вдоль или поперек пролетов цеха с креплением опорных конструкций.

Основным видом сетей, применяемых для внутрицехового распределения электроэнергии служат *защищенные и закрытые* шинопроводы. Магистральные шинопроводы типа ШМА переменного тока на 1000, 1600, 2500 и 4000 А в защищенном исполнении имеют три шины. Каждая фаза выполнена из двух алюминиевых изолированных шин прямоугольного сечения. Нулевой шиной служат два алюминиевых уголка, расположенных вне корпуса. Их используют для крепления шинопроводов.

Магистральный шинопровод ШМА комплектуют из прямых секций длиной 0,75; 1,5; 3 и 3,5 м, угловых, тройниковых, ответвительных, присоединительных и подгоночных секций. Кроме того, выполняют специальные секции: гибкие – для обхода препятствий и фазировочные – для изменения чередования фаз. Основной вид секций – прямая длиной 3 м. Из набора секций комплектуют шинопровод для трассы любой сложности. Шины смежных секций соединяют сваркой или специальным одноболтовым сжимом.

Распределительные шинопроводы типа ШРА изготавливают на ток 250, 400 и 630 А, напряжение 690 В.

Осветительные шинопроводы ШОС (однофазные, трехфазные и четырехпроводные типа ШРМ75) обеспечивают штепсельное присоединение электроприемников, включая мощные светильники. Максимальное

расстояние между точками крепления 3 м.

В настоящее время широко распространен осветительный шинопровод типа ШОС 80 на 16 А напряжением 240 В.

Крановые открытые троллеи прокладывают вдоль подкрановых балок на кронштейнах. В зависимости от грузоподъемности кранов троллеи выполняют из стальных профилей: двутаврового сечения № 10, швеллера № 8 и 10, углового 75 х 75 х 8; 50 х 50 х 5; 40 х 40 х 4; 32 х 32 х 3. Крановые троллеи выполняют также из алюминиевого сплава АД31Т. Троллеедержатели, кронштейны и троллейные секции поставляют заводы монтажных организаций. В настоящее время открытые крановые троллеи заменяют *троллейными шинопроводами* ШТА и ШТМ.

Лекция 05. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 КВ

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА АППАРАТОВ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРОПОМЕЩЕНИЯХ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ И НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ

При установке распределительных устройств на открытом воздухе необходимо соблюдать следующие требования:

Устройство должно быть расположено на спланированной площадке на высоте не менее 0,2 м от уровня планировки.

В шкафах должен быть предусмотрен местный подогрев для обеспечения нормальной работы аппаратов, реле и измерительных приборов в соответствии с требованиями, приведенными в ГОСТ, электрических счетчиков – в соответствии с ПУЭ.

При подготовке к монтажу электроаппаратов проводят их ревизию. Аппараты полностью расконсервируют, очищают и протирают от пыли, труднодоступные места продувают сжатым воздухом. После этого добиваются одновременного касания подвижных и неподвижных контактов и плотности прилегания контактных поверхностей, проверяют начальное и конечное контактные нажатия, растворы и провалы контактов, измеряют переходное сопротивление контактов.

Результаты проверок сравнивают с техническими данными, указанными в паспортах аппаратов или инструкциях по монтажу. При получении данных, отличающихся от заводских, выполняют необходимую регулировку.

С помощью мегаомметра на 500–1000 В измеряют сопротивление изоляции, которое должно быть не ниже 0,5 МОм.

Приводы автоматов и контакторов проверяют многократным

включением при номинальном и пониженном до 90 % напряжении. Перед отключением аппаратов напряжение снижают до 80 %, кратность отключения увеличивают до 10. В процессе проверок не должно быть отказов и других нарушений работы аппаратов.

Контактное нажатие регулируют изменением сжатия контактных пружин. Во многих аппаратах для этого изменяют длину пружин с помощью регулировочных винтов или гаек. В аппаратах врубного типа контактное нажатие, оцениваемое усилием вытягивания ножей из губок, регулируют подбором пружин с различным усилием и отчасти величиной изгиба губок и изменением толщины ножа в допустимых пределах.

Начальное контактное нажатие измеряют в отключенном состоянии аппарата. Для этого с помощью петли и динамометра оттягивают контакт от контактодержателя, сжимая контактную пружину.

Плотность соприкосновения контактов проверяют щупом толщиной 0,05 мм. При точечном контакте щуп не должен проникать между контактами. Глубина проникновения щупа в линейный контакт должна быть не более 1/3 длины контактной линии. В плоскостной контакт щуп не должен проникать глубже чем на 1/3 ширины контактной площадки. Малое нажатие влечет за собой их перегрев, большое – препятствует включению.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ШИНОПРОВОДОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

Защищенные или закрытые шинопроводы монтируют укрупненными блоками, предварительно собранными в мастерских. Магистральные шинопроводы ШМА обычно комплектуют в блоки длиной 12 м из трех-четырёх секций по 3 м или из двух секций по 4,5 м. В соответствии с разбивкой трассы шинопровода секции сваривают или соединяют болтовыми сжимами и выполняют изоляцию стыков.

Секцию или блоки укладывают на автомашину с прицепом (специальный трейлер) в один ряд; в два ряда – только при транспортировке в специальных контейнерах. Укладывать секции или блоки навалом на разрешается.

Разметку оси прокладки шинопроводов и мест укладки опорных конструкций производят в соответствии с рабочими чертежами. Для этого используют гидростатический уровень и отвес или нивелир. Отметки строительной части дает строительная организация.

Магистральные шинопроводы прокладывают на кронштейнах по фермам, колоннам, стенам, балкам, на стойках, устанавливаемых на полу, или подвешивают под перекрытием. Монтаж начинают со сложных узлов: с вертикальных участков или присоединительных секций на подходах к КТП.

Вертикальные участки начинают монтировать с нижней угловой секции и затем наращивают шинопровод вверх до отметки верхнего горизонтального участка. Горизонтальные прямые участки Шинопровода, секцию с компенсатором и подгоночные секции монтируют в последнюю очередь. Как правило, в цехе устанавливают несколько КТП, при этом магистральные шинопроводы от соседних КТП соединяют через секционные автоматические выключатели.

Ответственной операцией является фазировка соединяемых шинопроводов. Необходимое чередование фаз обеспечивают с помощью фазировочных секций, устанавливаемых на подходе к КТП.

На опорные конструкции поднимают блоки электролебедками или мостовым краном. Крепление блоков, сборку и сварку стыков и другие монтажные работы выполняют с автогидроподъемника, самоходных подмостей или мостового крана.

Опорные конструкции устанавливают заблаговременно, в период подготовки и комплектования секций. Расстояние между соседними опорными конструкциями принимают не более 3 м. Секции шинопровода тщательно осматривают, удаляют консервирующую смазку с контактных поверхностей токоведущих шин коробов секций и ответвительных коробок в местах заземления.

Секции после подъема на опорные конструкции закрепляют нажимными болтами. При этом нулевая шина должна располагаться сверху. Соединение шин секций производят болтовыми контактами. Короба смежных секций соединяют винтами и соединительными планками.

Перед включением шинопровода под напряжение проверяют наличие крышек на не занятых коробками монтажных и штепсельных окнах, наличие торцевых крышек на концах шинопровода, надежность всех контактов в цепи заземления от электроприемника до корпуса и самого корпуса шинопровода с заземляющей сетью электроустановки.

Осветительные шинопроводы крепят к металлоконструкциям здания на подвесках самостоятельно (рис. 5.2) или вместе с распределительным шинопроводом. Соединение смежных секций и подсоединение светильников выполняют штепсельным контактом. Светильники подвешивают с помощью хомута с крючком или крепят к строительным конструкциям.

Открытые крановые троллеи монтируют укрупненными блоками (обычно длиной 6 м). Троллеи с конструкциями, изоляторами, крепежными деталями, отрихтованными шинами подпитки доставляют на место монтажа блоками.

Вдоль трассы троллейной линии блоки раскладывают. Затем их поднимают, крепят к подкрановым балкам и стыкуют. Укрупненные блоки троллеев поднимают мостовым краном, электролебедками или другими подъемными средствами. Кронштейны к металлическим балкам крепят

электросваркой, а к железобетонным – шпильками. Работы выполняют с монтажных люлек, подвешенных к мостовому крану или передвижным подмостям.

Между осями крепления кронштейнов расстояние не должно быть более 3 м. После окончательной выверки сваривают троллеи смежных блоков, приваривают температурные компенсаторы и подсоединяют питающие линии. К стальным троллеям алюминиевые провода подсоединяют через троллейные планки.

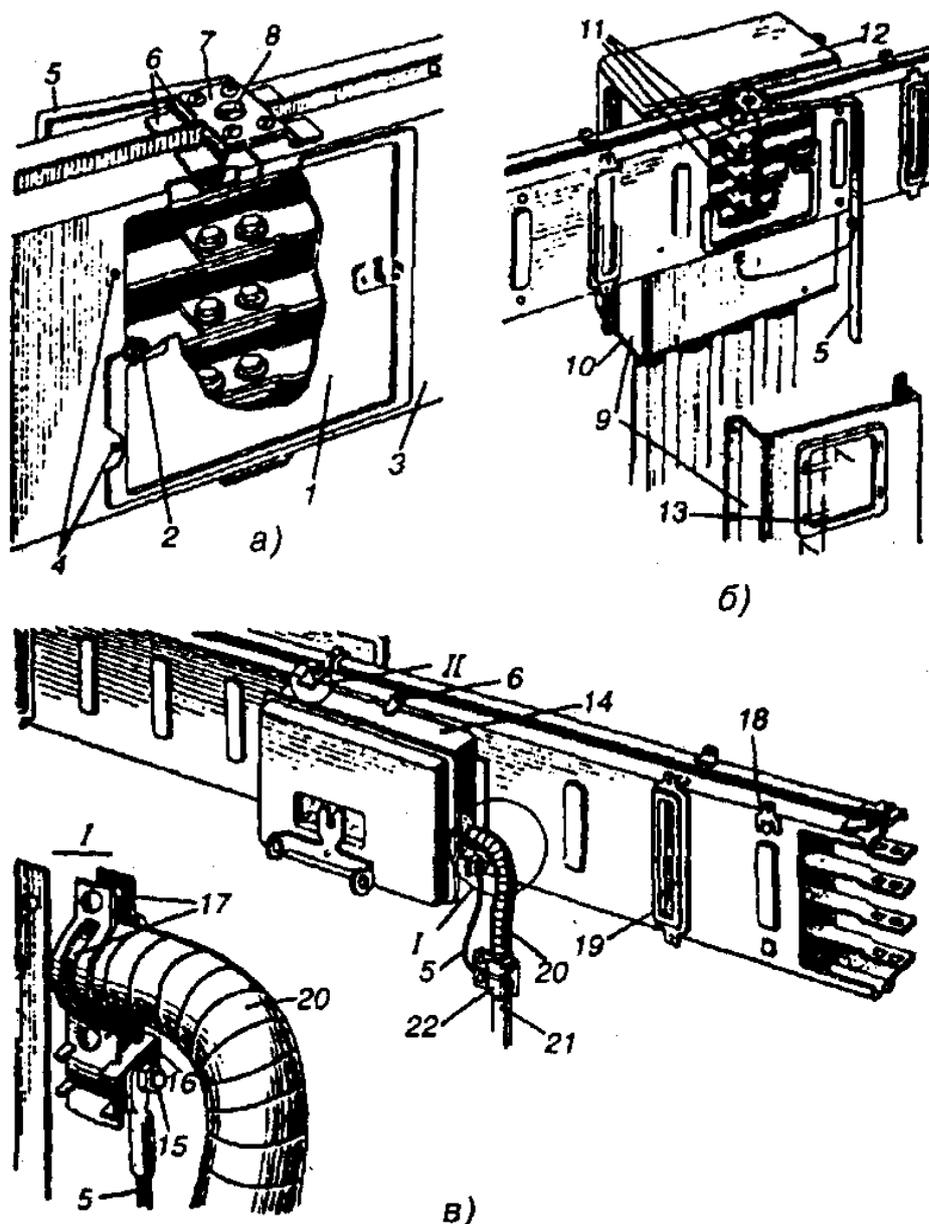


Рис. 5.1. Монтаж распределительного шинопровода:

а – соединение секций; *б, в* – вводная и ответвительная коробки; 1 – съемная крышка монтажного окна; 2 – прижим; 3 – концы стыкуемых секций; 4 – отверстия для крепления корпуса вводной коробки; 5 – проводник сети заземления; 6 – лапки; 7 – соединительная планка; 8 – отверстия для приварки планки к лапкам; 9 – задняя стенка вводной коробки; 10 – съемное дно; 11 – присоединительные элементы вводной коробки; 12 – вводная коробка; 13 – удлинение отверстий для ввода сверху; 14 – ответвительная коробка; 15 – болт заземления; 16 – швеллерообразный элемент; 17 – скобы; 18 – вилка; 19 – заглушка; 20 – металлорукав; 21 – труба; 22 – муфта

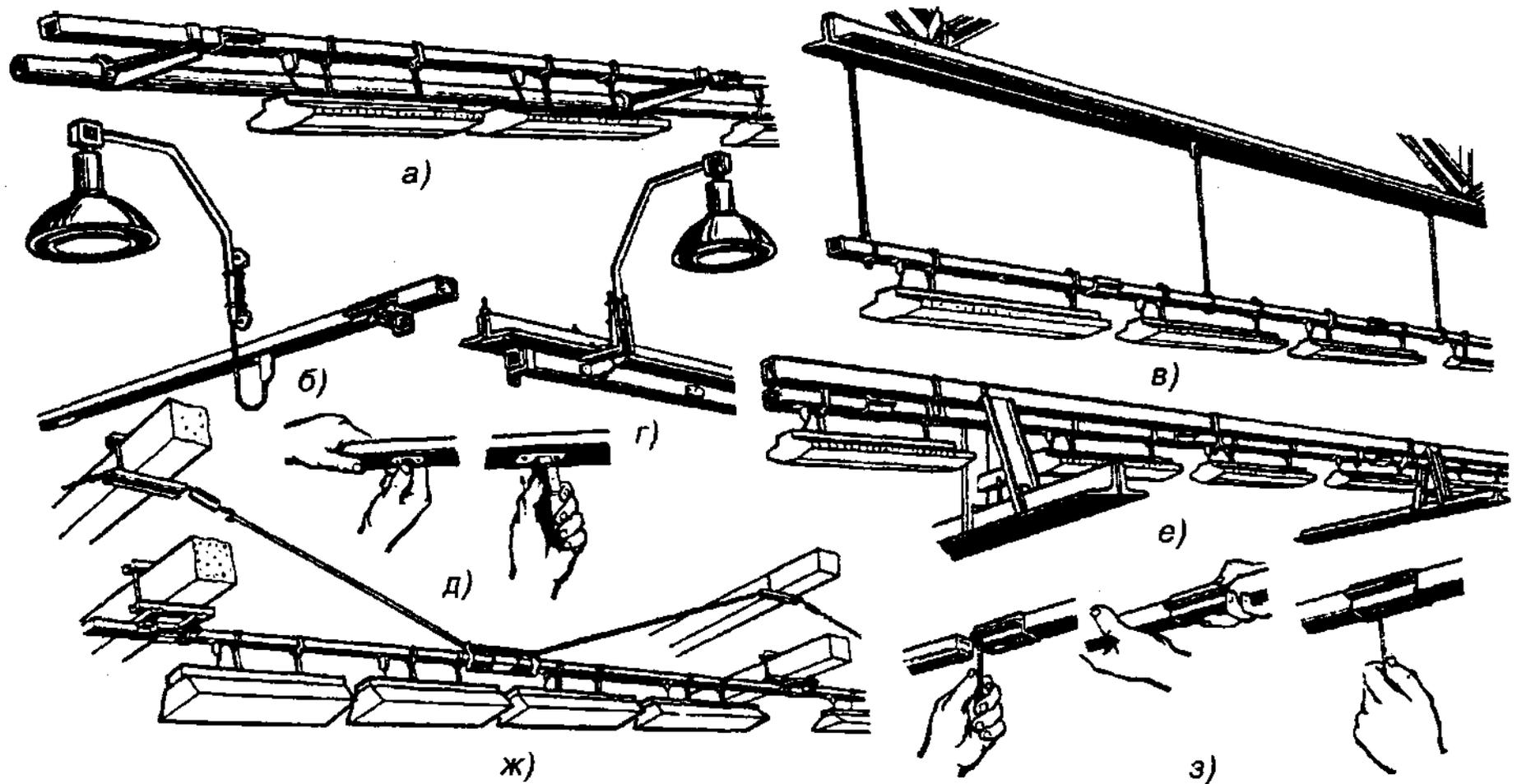


Рис. 5.2. Монтаж осветительных шинопроводов ШОС:

а – установка на кронштейнах, закрепленных на трубопроводе; *б* – крепление шинопровода на кронштейне к стене; *в* – подвеска шинопровода вдоль металлических ферм на полосовых подвесах; *г* – крепление шинопровода к ферме с помощью подвески; *д* – подсоединение светильника через штепсельный соединитель; *е* – укладка шинопровода на несущей прямоугольной трубе поперек нижнего пояса металлических ферм с помощью стоек; *ж* – укладка шинопровода поперек железобетонных ферм с промежуточным тросовым креплением; *з* – соединение секций шинопроводов

Лекция 06. КЛАССИФИКАЦИЯ КАБЕЛЕЙ И КАБЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПО КОНСТРУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДО 10 КВ

Силовые кабели состоят из следующих основных элементов: токопроводящих жил, изоляции, оболочек и защитных покровов. Кроме основных элементов в конструкцию кабеля могут входить экраны, жилы защитного заземления и заполнители (рис. 6.1).

Силовые кабели различают по следующим признакам: роду металла токопроводящих жил – кабели с алюминиевыми и медными жилами; роду материалов, которыми изолируют токопроводящие жилы – кабели с бумажной, пластмассовой и резиновой изоляцией; роду защиты изоляции жил кабелей от влияния внешней среды – кабели в металлической, пластмассовой и резиновой оболочке; способу защиты от механических повреждений – бронированные и небронированные; количеству жил – одно-, двух-, трех- и четырехжильные.

Каждая конструкция кабелей имеет свои обозначения и марку. Марка кабеля составляется из начальных букв слов, описывающих конструкцию кабеля.

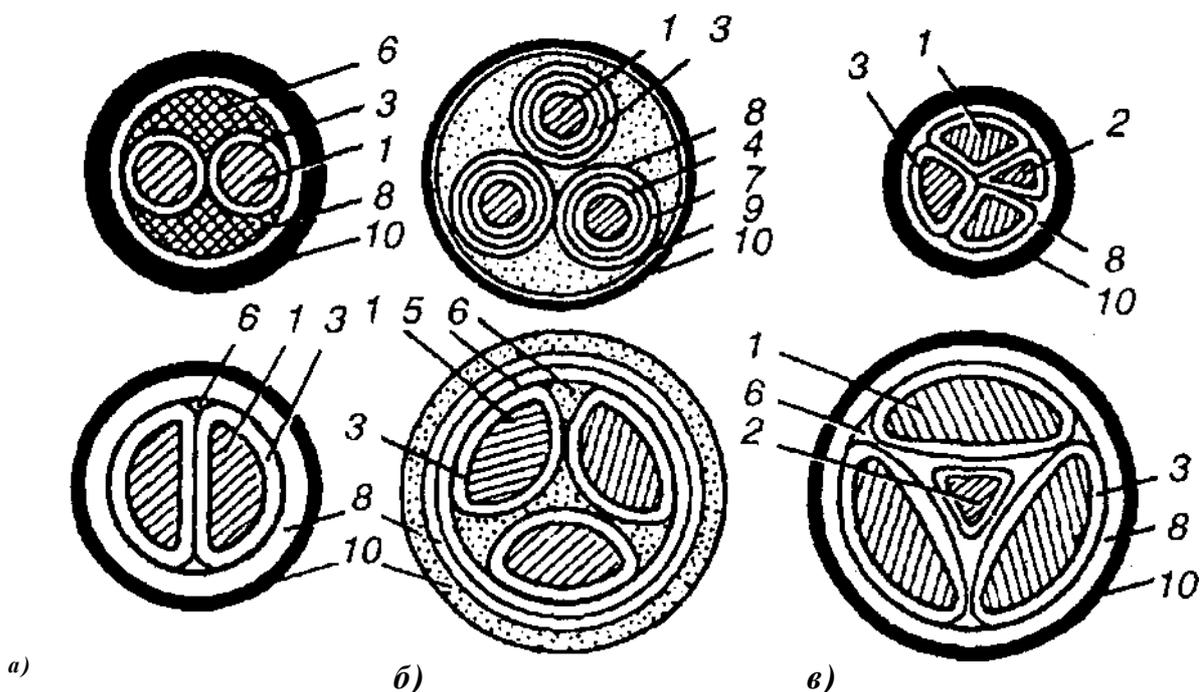


Рис. 6.1. Конструкция силовых кабелей:

а – двухжильные кабели с круглыми и сегментными жилами; *б* – трехжильные кабели с поясной изоляцией и отдельными оболочками; *в* – четырехжильные кабели с нулевой жилой круглой, секторной или треугольной формы; 1 – токопроводящая жила; 2 – нулевая жила; 3 – изоляция жилы; 4 – экран на токопроводящей жиле; 5 – поясная изоляция; 6 – заполнитель; 7 – экран на изоляции жилы; 8 – оболочка; 9 – бронепокров; 10 – наружный защитный покров

Кабельные линии прокладывают в земляных траншеях, специальных кабельных сооружениях, на эстакадах, в галереях, открыто по стенам зданий и сооружений, в трубах, во внутрицеховых помещениях промышленных предприятий, а также коллекторах – подземных сооружениях, предназначенных для прокладки в них кабелей совместно с линиями связи и другими коммуникациями.

Наиболее дешевый способ канализации электроэнергии – размещение кабелей в траншее (рис. 6.2). Такой способ не требует большого объема строительных работ и создает хорошие условия для охлаждения кабелей. Недостаток этого способа – возможность механических повреждений кабелей во время различных раскопок, проводимых при эксплуатации сооружений. В траншеях кабели прокладывают на глубине не менее 0,7 м на трассах, не загруженных другими подземными и надземными коммуникациями. В одной траншее размещают не более шести кабелей на напряжение 6–10 кВ или двух кабелей на напряжение 35 кВ. Кроме того, рядом с ними допускается прокладка не более одного пучка из четырех контрольных кабелей.

При пересечении с железнодорожными путями и проездами в стесненных местах, на участках вероятного разлива расплавленного металла и в районах с интенсивными блуждающими токами или грунтами с особой степенью агрессивности применяют прокладку кабелей в блоках.

На территории энергоемких промышленных предприятий при более 20 кабелей, идущих в одном направлении, применяют прокладку в туннелях. Такая прокладка обеспечивает надежную работу кабельных линий, но имеет самую высокую стоимость строительной части.

На предприятиях, насыщенных различными подземными коммуникациями, территориях с грунтовыми условиями, неблагоприятно действующими на кабели, в районах вечной мерзлоты прокладку кабелей производят на эстакадах или в галереях.

Открыто по стенам сооружений и зданий кабели прокладывают в тех случаях, когда строительные конструкции выполнены из негорючих материалов, а в помещениях нет пожаро- и взрывоопасных зон.

Ширина траншеи по дну для одного кабеля определяется удобством производства земляных работ и составляет 0,2 м при напряжении до 10 кВ и 0,3 м при 35 кВ. Ширина траншеи по верху зависит от ее глубины и угла естественного откоса грунта.

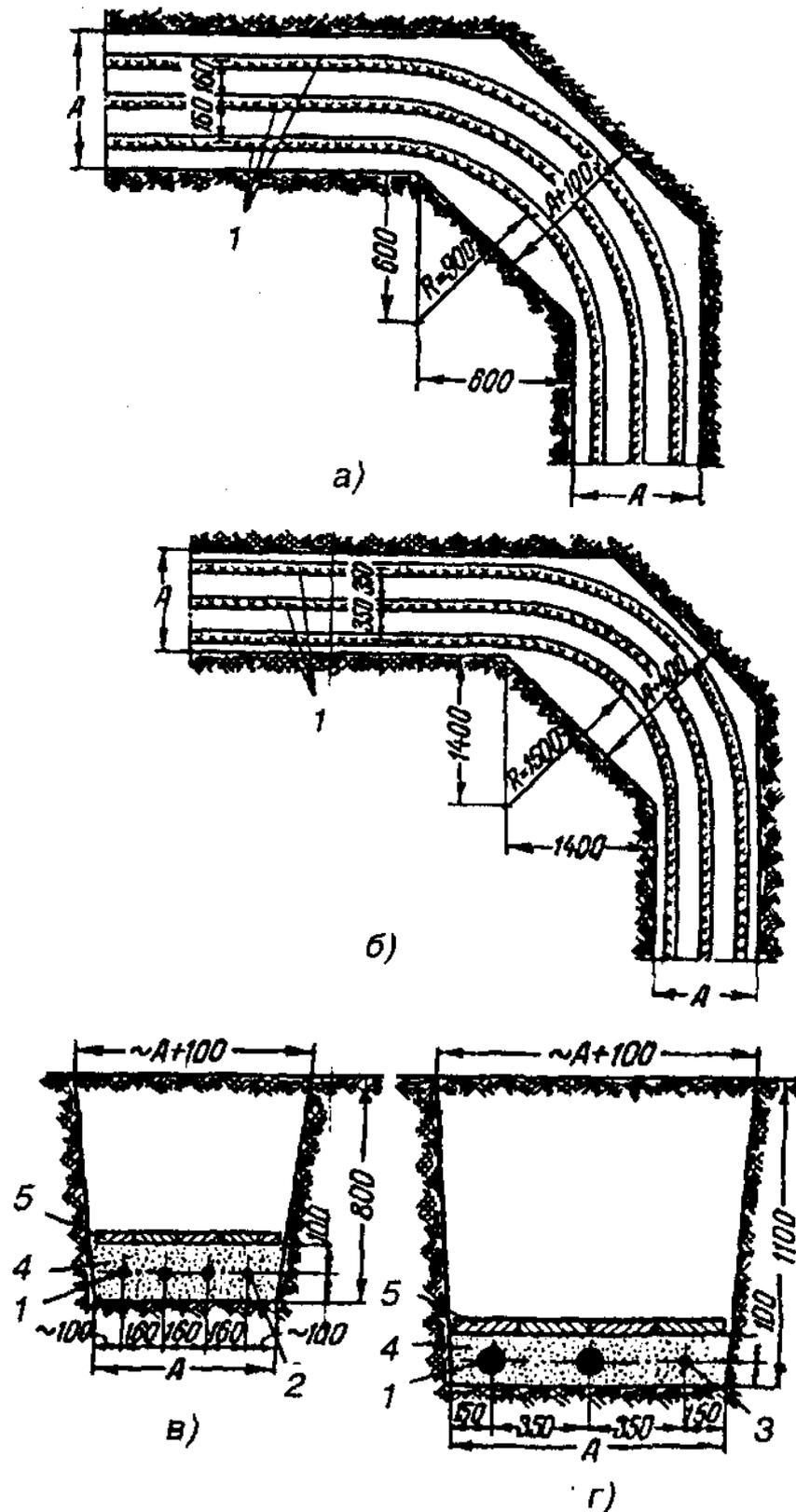


Рис. 6.2. Прокладка кабелей в траншее:

a – план траншеи с углом поворота 90° для прокладки силовых трехжильных кабелей до 10 кВ; *б* – план траншеи с углом поворота 90° для прокладки силовых трехжильных кабелей до – 35 кВ; *в* – разрез траншеи на прямолинейном участке для прокладки силовых кабелей до 10 кВ, а также для их совместной прокладки с контрольными кабелями; *г* – разрез траншеи на прямолинейном участке для прокладки силовых кабелей до – 35 кВ, а также для их совместной прокладки с другими кабелями независимо от напряжения; 1 – силовой кабель; 2 – контрольный кабель; 3 – кабели других напряжений или контрольные; 4 – подсыпка из земли; 5 – защита из бетонных плит или кирпича

Вводы кабелей в здания и их проходы из траншей в кабельные сооружения выполняют в трубах, концы которых выступают из стены здания (сооружения) в траншею, а при наличии отмостки – за линию последней не менее чем на 0,6 м. Для предохранения от проникновения воды из траншеи в местах прохода труб накладывают гидроизоляцию, после прокладки кабелей входные отверстия труб уплотняют кабельной пряжей, обмазанной водонепроницаемой (мятой) глиной, а кабель засыпают грунтом.

На кабельных линиях в местах установки соединительных муфт траншею расширяют для образования котлована. Размеры котлована в плане определяют с учетом устройства компенсаторов с обеих сторон от муфт для их возможного ремонта при эксплуатации и разгрузки от тяжения кабеля при колебании температуры (запас кабеля в компенсаторе 350–400 мм); допустимых расстояний в свету между корпусом муфты и ближайшим кабелем (не менее 250 мм), а также между муфтами на двух расположенных рядом кабелях (не менее 2000 мм по длине трассы).

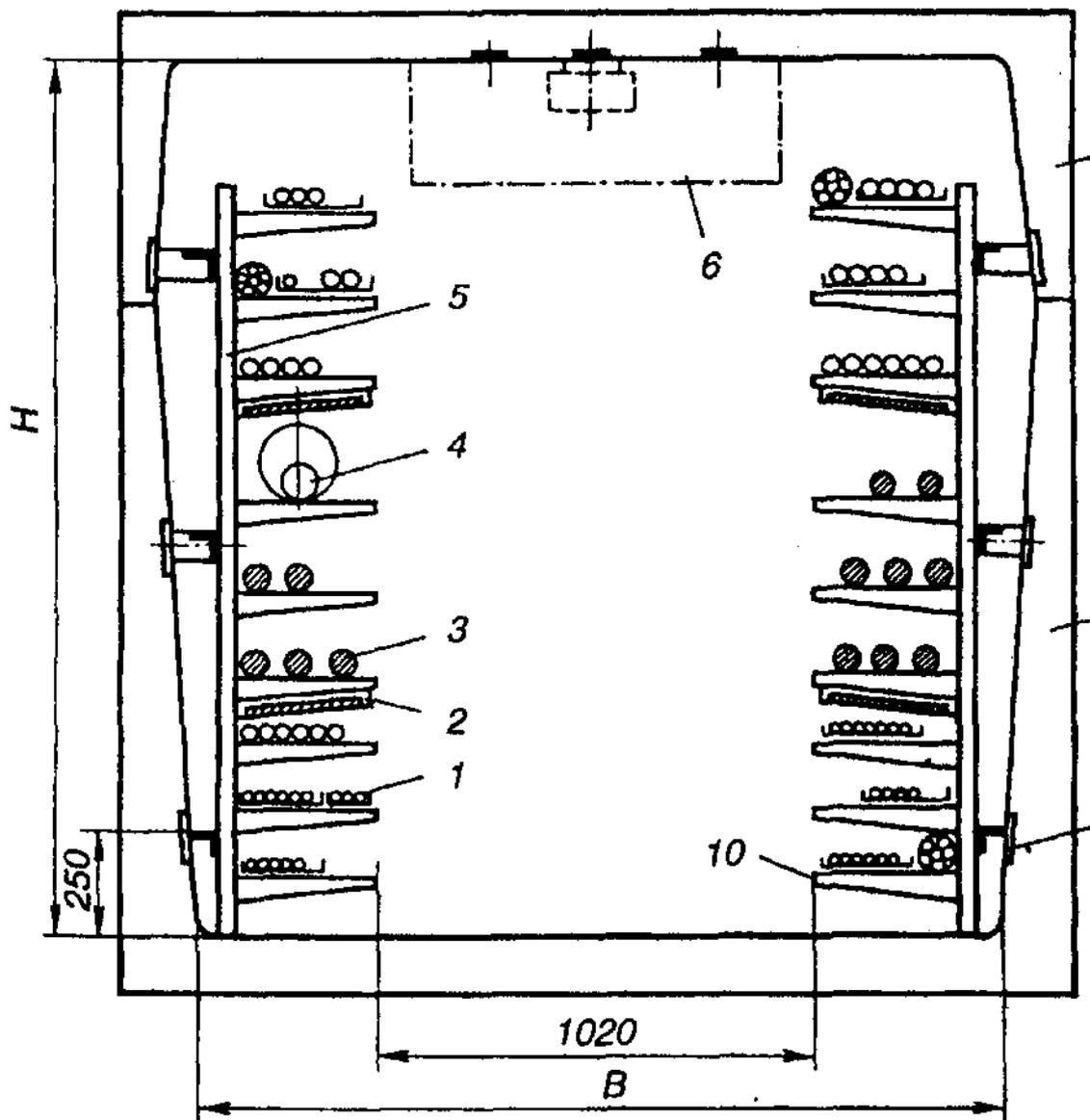


Рис.6.3. Кабельный туннель

Кабельные туннели (рис. 6.3) монтируют из верхних 7 и нижних 8 лотковых элементов различных размеров по высоте и ширине. Закладные детали 9 устанавливают в лотковых элементах для крепления сборных кабельных конструкций 5 и размещения на их полках контрольных 1, силовых 3 кабелей и соединительных муфт 4. Огнестойкие перегородки 2 предназначены для разделения групп кабелей. В специальной зоне 6 предусматривается устройство освещения.

Подземные туннели вне зданий располагаются так, чтобы верх их перекрытия был заглублен на 0,5 м (на охраняемых территориях не нормируется).

Кабельные каналы изготавливают из сборных железобетонных лотковых элементов различной ширины и высоты. Габариты каналов рассчитаны на прокладку кабелей напряжением до 35 кВ сечением жил до 240 мм² включительно с радиусом изгиба кабелей до 1500 мм.

Прямые участки каналов сооружают из лотковых элементов длиной 6,3 и 0,75 м.

Непроходные кабельные эстакады сооружают с пролетами между опорами 6 или 12 м, в которых можно прокладывать 16, 24 или 40 условных кабелей (кабель напряжением до 10 кВ сечением жил 150–240 мм²). Кабельные проходные эстакады обеспечивают прокладку 64 и 128 условных кабелей. Непроходные и проходные эстакады (рис. 6.4, а, б) предусматривают двустороннее расположение кабельных полок. Проходные эстакады оборудуют входами с лестницами через каждые 150 м. Кабельные галереи сооружают одно- и двусторонними (рис. 6.5, а, б). Они позволяют прокладывать до 48 условных кабелей, защита которых от солнечной радиации обеспечивается покрытием и стенами. Галереи следует разделять на отсеки длиной не более 150 м.

Кабельные конструкции с закладными подвесками (рис. 6.6) для прокладки одиночных кабелей изготавливают из швеллеров длиной 2000 мм поперечной резкой в мастерских. Закладные подвески при сборке конструкций вставляют в перфорированные отверстия стоек узкой стороной хвостовика, затем разворотом на 90° устанавливают в горизонтальное положение.

Кабельные конструкции предварительно собирают в мастерских в блоки транспортбельной длины (до 6 м): настенные и потолочные, объединенные в секции общими связями (прогонами). При установке в монтажной зоне блоков кабельных конструкций существенно сокращаются трудозатраты электромонтажников.

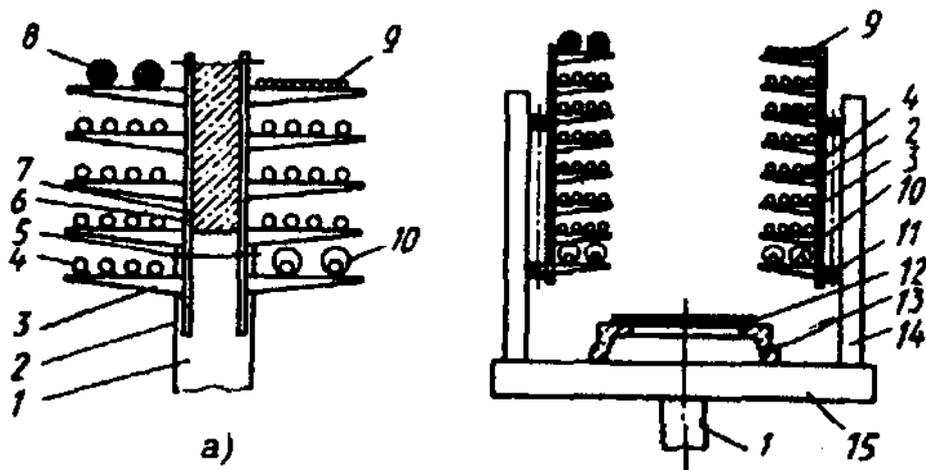


Рис. 6.4. Прокладка кабелей на эстакадах:

а – непроходные на 40 условных кабелей; *б* – проходные на 64 условных кабеля с металлическими кабельными конструкциями; 1 – опора; 2 – кабельная стойка; 3 – кабельная полка; 4 – силовой кабель; 5 – шпилька; 6 – заземляющий проводник; 7 – закладная деталь; 8 – пучок кабелей; 9 – контрольный кабель; 10 – соединительная муфта; 11 – прогон несущей фермы; 12 – настил; 13 – железобетонная плита; 14 – стойка; 15 – поперечная балка (траверса)

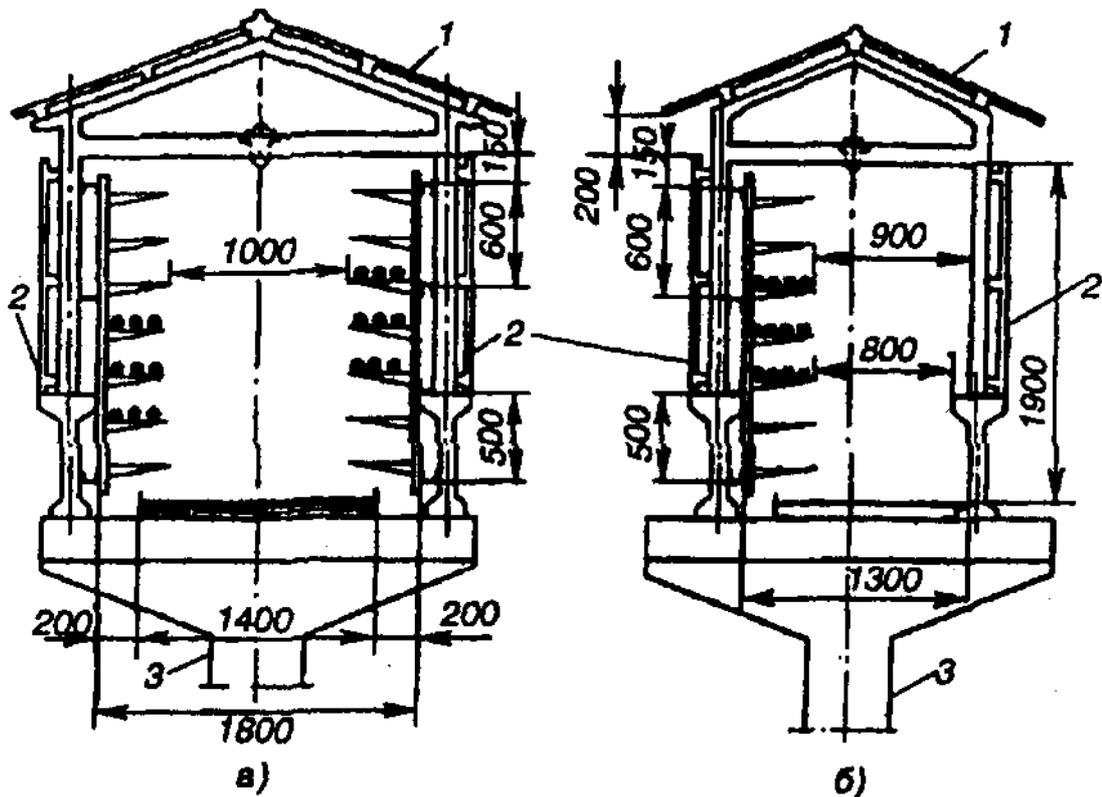


Рис. 6.5. Прокладка кабелей в галереях:

а – двусторонних; *б* – односторонних; 1 – крыша; 2 – боковая панель; 3 – стойка

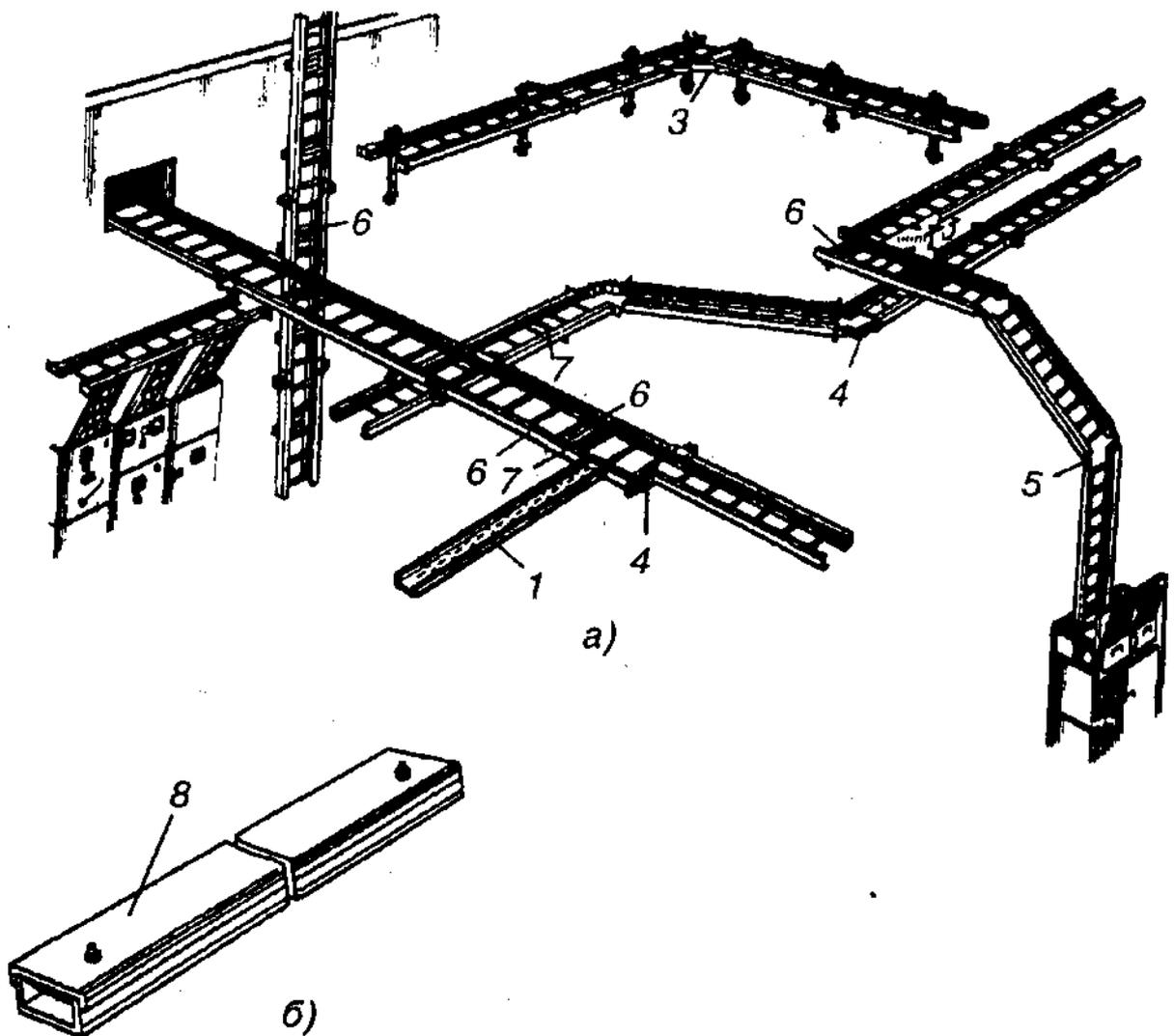


Рис. 6.6. Кабельные конструкции из лотков серии НЛ (а) и короба (б)

Лекция 07. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Кабельные линии прокладывают так, чтобы при их эксплуатации исключалась возможность возникновения опасных механических напряжений и повреждений.

Кабели укладывают с запасом по длине 1–2 % для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций как самих кабелей, так и конструкций, по которым они проложены. В траншеях и на сплошных поверхностях внутри зданий и сооружений запас создают волнообразной укладкой кабеля («змейкой»), а по кабельным конструкциям (кронштейнам) – образованием стрелы провеса. Создавать запас кабеля в виде колец (витков) не допускается.

Усилия тяжения при прокладке кабелей зависят от способа прокладки, сечения жил, температуры и трассы.

Кабели, прокладываемые горизонтально по конструкциям, стенам, перекрытиям и фермам, жестко закрепляют в конечных точках, непосредственно у концевых муфт и заделок, на поворотах трассы, с обеих сторон изгибов и у соединительных муфт. Кабели на вертикальных участках закрепляют на каждой кабельной конструкции. В местах жесткого крепления небронированных кабелей со свинцовой или алюминиевой оболочкой на конструкциях применяют прокладки из листовой резины, листового поливинилхлорида или другого эластичного материала. Небронированные кабели с пластмассовой оболочкой или пластмассовым шлангом, а также бронированные кабели крепят к конструкциям скобами, хомутами, накладками без прокладок.

Внутри помещений и снаружи в местах, доступных для неквалифицированного персонала, где возможно передвижение автотранспорта, грузов и механизмов, бронированные и небронированные кабели защищают от механических повреждений до безопасной высоты (не менее 2 м от уровня земли или пола и на глубине 0,3 м в земле).

Защиту обеспечивают кожухами из листового металла толщиной 2,5 мм или отрезками стальных труб. Приступая к сооружению кабельных линий, монтажники изучают рабочую документацию: план трассы; продольный профиль; рабочие чертежи конструкций; строительные чертежи кабельных сооружений; перечни мероприятий по герметизации вводов; чертежи перехода кабельной линии напряжением 35 кВ в воздушную; кабельный журнал; спецификации на материалы и изделия; сметы и др.

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗДЕЛКИ КОНЦОВ КАБЕЛЕЙ

Разделку концов кабелей производят до монтажа муфт и заделок. Она заключается в последовательном ступенчатом удалении на определенной длине защитных покровов, брони, оболочки, экрана и изоляции кабеля. Размеры разделки определяют по технической документации в зависимости от конструкции кабеля и монтируемой на нем муфты (заделки), напряжения кабеля и сечения его жил. Приступая к разделке конца кабеля, проверяют отсутствие влаги в бумажной изоляции и жилах. При необходимости удаляют имеющуюся влажную изоляцию, лишнюю длину концов, участки под герметизирующими колпачками и концевыми кабельными захватами, а также проходящие через щеки барабанов. Дефектные места кабеля отрезают секторными ножницами НС (рис. 7.1, а).

Разделку кабеля начинают с определения мест установки бандажей, которые рассчитывают по формуле: $A = B + O + П + И + Г$. На конце кабеля отмеряют расстояние L (рис. 7.2, а) и распрямляют этот участок. Далее подматывают смоляную ленту (см. рис. 7.1, б) и накладывают бандаж (см.

рис. 7.1, в) из двух-трех вариантов стальной оцинкованной проволоки вручную или с помощью специального приспособления (клетневки). Концы проволоки захватывают плоскогубцами, скручивают и пригибают вдоль кабеля.

Наружный кабельный покров разматывают до установленного бандаж и не срезают, а оставляют его для защиты ступени брони от коррозии после монтажа муфты. На броню кабеля на расстоянии B (50–70 мм) от первого проволочного бандаж накладывают второй бандаж. При монтаже чугунных соединительных и ответвительных муфт и концевых заделок в стальных воронках участок брони используют для уплотнения их горловин, поэтому размер B увеличивают до 100–160 мм. По внешней кромке второго бандаж бронерезкой или ножовкой надрезают верхнюю и нижнюю ленты брони (не более половины их толщины), затем броню разматывают (см. рис. 7.1, г, д), обламывают и снимают.

Далее удаляют подушку (см. рис. 7.1, е). Для этого кабельную бумагу и битумный состав подогревают огнем пропановой горелки или паяльной лампы. Оболочку кабеля очищают салфеткой, смоченной в подогретом до 35–40° С трансформаторном масле.

Для удаления оболочки на расстоянии 50–70 мм от среза брони делают кольцевые надрезы. В чугунных муфтах и концевых стальных воронках участок оболочки используют только для присоединения заземляющего проводника, поэтому указанное расстояние уменьшают до 20–25 мм (рис. 7.2, а). При разметке свинцовых оболочек (рис. 7.3, а) кольцевые надрезы на половину глубины выполняют монтерским (рис. 7.3, б) или специальным ножом с ограничителем глубины резания (рис. 7.3, в). От второго кольцевого надреза на расстоянии 10 мм один от другого (рис. 7.3, д, е) полосу оболочки между двумя надрезами захватывают плоскогубцами и удаляют (рис. 7.3, и). Оставшуюся часть оболочки раздвигают (рис. 7.3, к) и отламывают у второго кольцевого надреза. Между первым и вторым кольцевыми надрезами оболочка временно остается. Она предохраняет изоляцию от повреждения при изгибе жил. У кабелей с алюминиевой оболочкой надрезы выполняют стальным ножом НКА-1М с режущим диском (рис. 7.3, г). От второго кольцевого надреза делают винтовой надрез (рис. 7.3, ж). Удаление гофрированной алюминиевой оболочки производят после ее надрезания на расстоянии 10–15 мм у выступа гофр. Далее жилы кабеля освобождают от поясной изоляции и постепенно выгибают по шаблону. Затем готовят место для присоединения заземления (рис. 7.4, а, б).

Для присоединения жил кабелей к контактными выводам электротехнических устройств их оконцовывают наконечниками, закрепляемыми на жилах опрессованием, сваркой или пайкой. Оконцевание однопроволочных жил кроме того может быть выполнено формированием наконечника из конца жилы. Соединение жил кабелей в муфтах выполняют в

соединительных и ответвительных гильзах опрессованием, сваркой или пайкой.

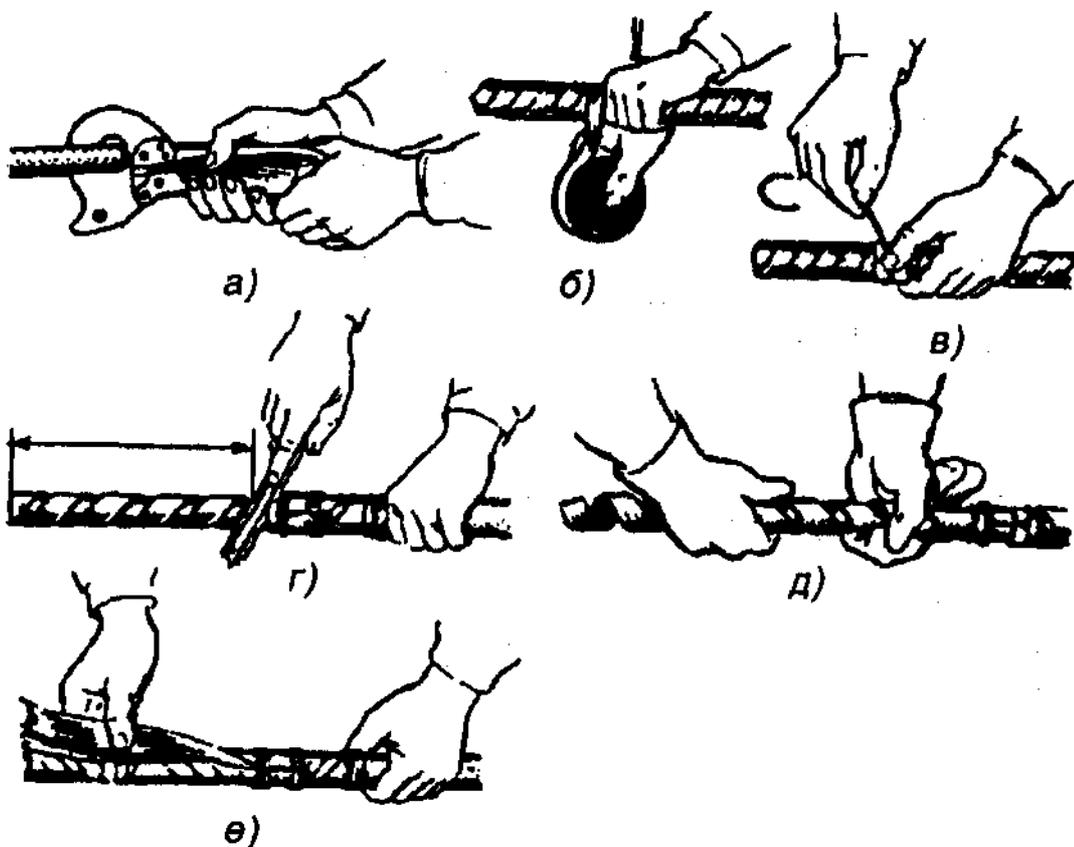


Рис. 7.1. Технология резки концов кабелей, наложения бандажей и удаления покровов:

а – резка конца кабеля ножницами НС; *б* – подмотка из смоляной ленты; *в* – наложение проволочного бандажа; *г* – надрезание брони; *д, е* – удаление брони, пряжи, подушки и кабельной бумаги

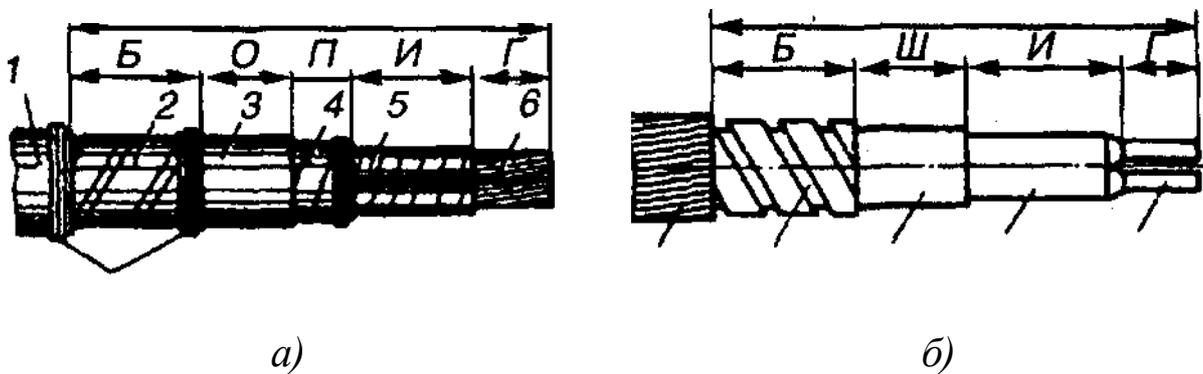


Рис. 7.2. Разделка концов трехжильного кабеля:

а – с поясной бумажной изоляцией; *б* – с пластмассовой изоляцией; 1 – наружный покров; 2 – броня; 3 – оболочка; 4 – поясная изоляция; 5 – изоляция жилы; 6 – жила кабеля; 7 – бандаж; А, Б, И, О, П, Г и Ш – размеры разделки

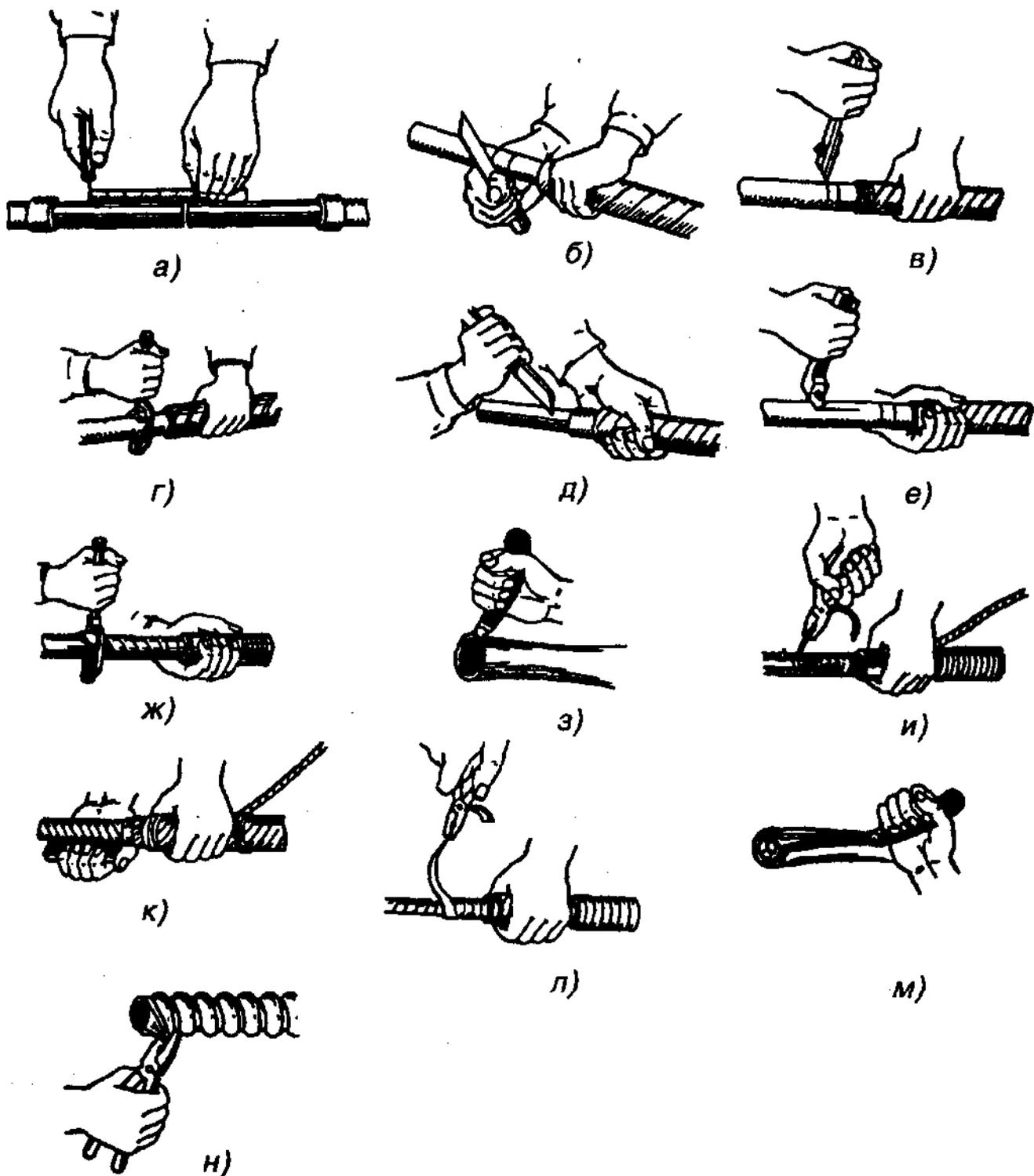


Рис. 7.3. Операции по удалению оболочек кабеля:

a – разметка; *б, в* – круговые надрезы свинцовой оболочки; *г* – круговые надрезы алюминиевой оболочки; *д, е* – продольные надрезы свинцовых оболочек; *ж* – надрез алюминиевой оболочки по винтовой линии; *з, м* – надрезы пластмассовых оболочек; *и, к* – снятие свинцовых оболочек; *л* – снятие алюминиевых оболочек; *н* – удаление гофрированной алюминиевой оболочки

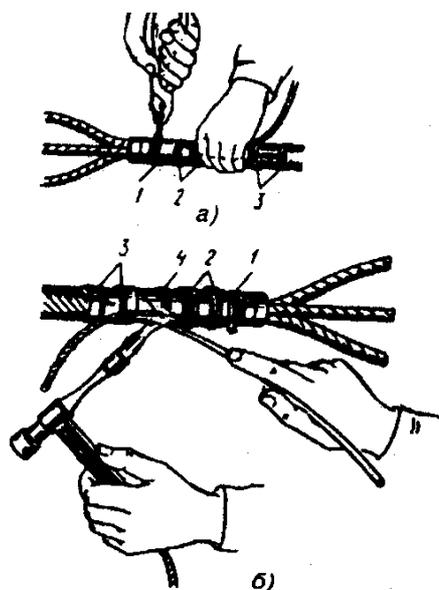


Рис. 7.4. Прикрепление проволочными бандажами проводника заземления к металлической оболочке (а) и припайка к ней (б):

1,3 – бандаж у торцов оболочки и наружного покрова; 2, 4 – бандаж для припайки проводника заземления

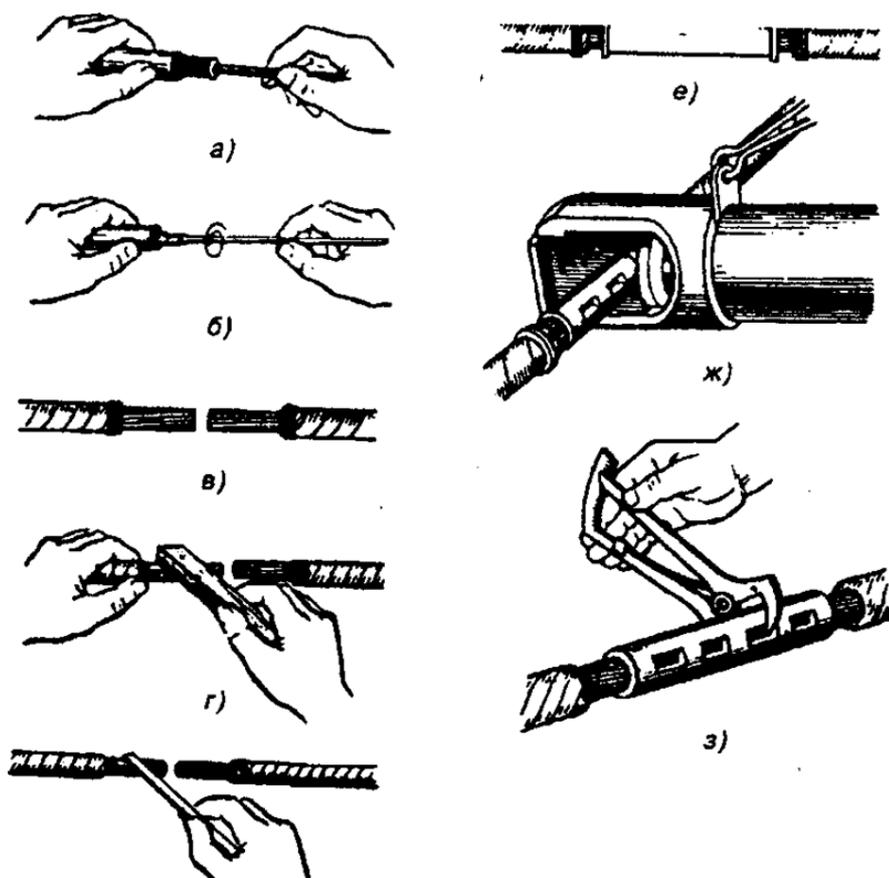


Рис. 7.5. Технология соединения алюминиевых жил опрессованием:

а – зачистка внутренней поверхности гильзы; б – смазка внутренней поверхности гильзы; в – концы жил со снятой изоляцией; г – зачистка концов жил; д – смазка жил кварцевовазелиновой пастой; е – надевание гильзы на жилы; ж – опрессование жилы; з – измерение остаточной толщины в месте опрессования

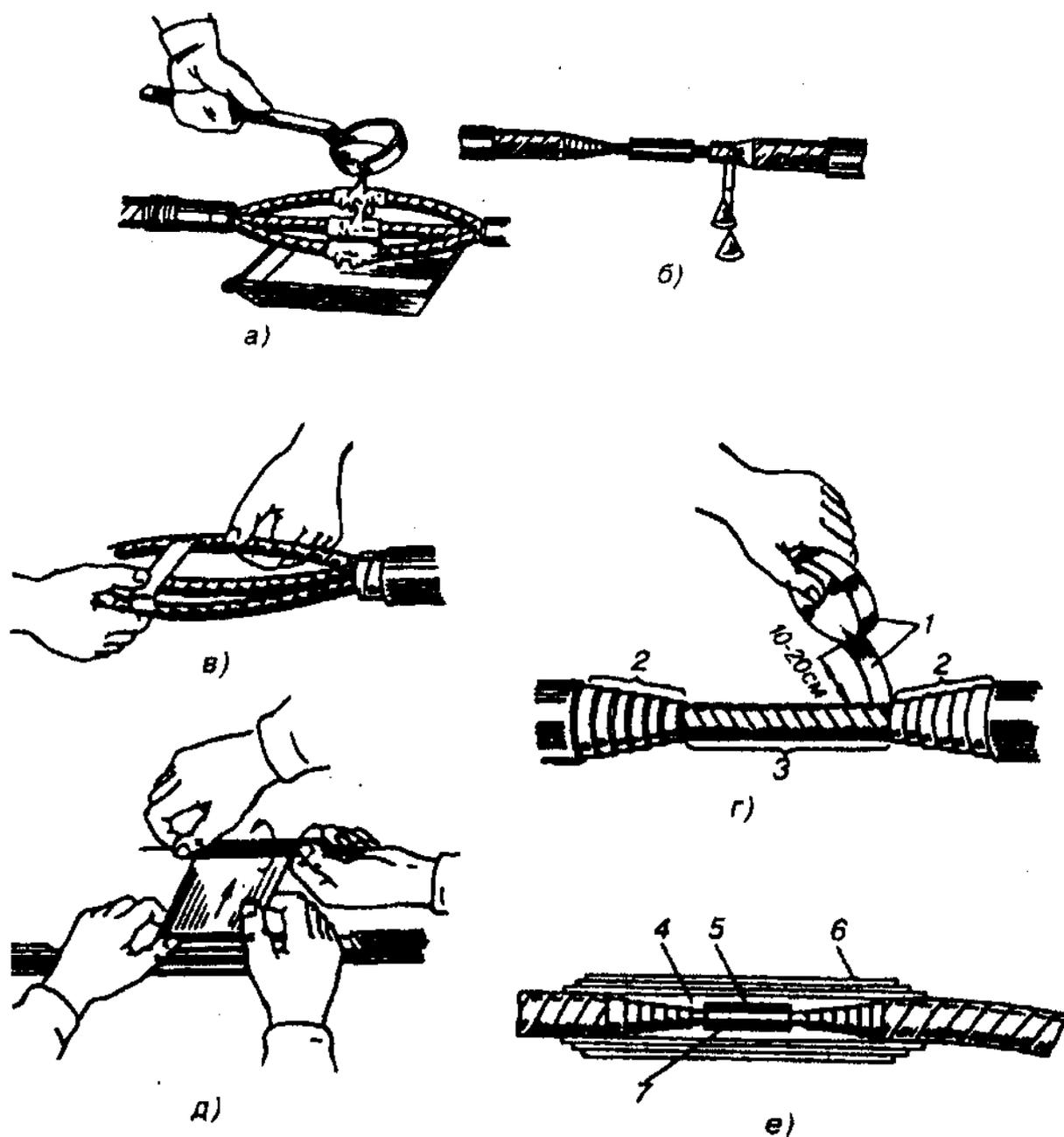


Рис. 7.6. Технология изолирования мест соединения кабеля и оконцевания:
a – промывание гильз и бумажной изоляции разогретым составом МП; *б* – ступенчатая разделка бумажной изоляции в месте соединения жил; *в* – положение ролика и ленты при намотке; *г* – положение ролика и ленты в начале намотки второго слоя; *д* – наложение рулонной подмотки; *е* – комбинированная изоляция, выполненная бумажными роликами и рулонами;
1 – положение ролика и ленты при повороте; *2* – ступени разделки заводской изоляции жил; *3* – слой подмотанной изоляции; *4, 5* – подмотка бумажными роликами с шириной ленты соответственно 5 и 10 мм; *6* – подмотка бумажными роликами; *7* – соединительная гильза

Лекция 08. СОЕДИНЕНИЕ И ОКОНЦЕВАНИЕ КАБЕЛЕЙ

Соединение отдельных строительных длин кабелей, а также окончание кабелей в местах присоединения к источнику энергии или потребителю производится с помощью соединительных и концевых муфт, представляющих собой вместе со стопорными муфтами **кабельную арматуру**.

Кабельные муфты должны быть герметичными, влагостойкими, обладать механической и электрической прочностью.

В настоящее время в качестве соединительных и концевых муфт применяются **термоусаживаемые муфты**.

Основой термоусаживаемых муфт служат вулканизируемые полимеры, например композиции полиэтилена для кабельной промышленности.

В результате отдельные детали муфт после тепловой обработки и раздутия оказываются способными к усадке при нагреве до исходной формы. Широкий диапазон термоусаживаемости материала (до четырехкратного увеличения внутреннего диаметра при раздутии трубок) позволяет использовать один типоразмер для нескольких стандартных сечений жил кабеля.

При нагреве деталей термоусаживаемых муфт, например с помощью газовой горелки, происходит их усадка и обеспечивается плотный водонепроницаемый обхват кабеля, причем термоплавкий клей, нанесенный на внутренние поверхности трубок, заполняет все пустоты. Кабельная муфта создает в месте соединения или окончания кабелей новую изоляцию, полностью отвечающую требованиям к изоляции кабеля.

Термоусаживаемые муфты поставляются в виде комплекта деталей и монтажных материалов.

В комплект термоусаживаемых муфт, предназначенных для соединения трехжильных участков кабелей, входят термоусаживаемые, изолирующие, электропроводящие элементы и вспомогательные материалы.

К **термоусаживаемым элементам** относятся трубки фазной изоляции (рис. 8.1), перчатки (рис. 8.2), внутренние и наружные трубки для изоляции соединительных гильз, трубка герметизации и наружная защитная труба.

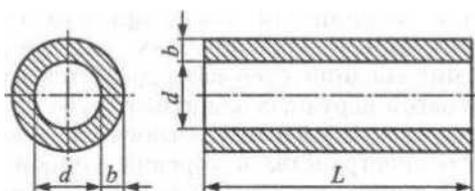


Рис. 8.1. Общий вид термоусаживаемой трубки: L - длина; d - внутренний диаметр; b - толщина стенки

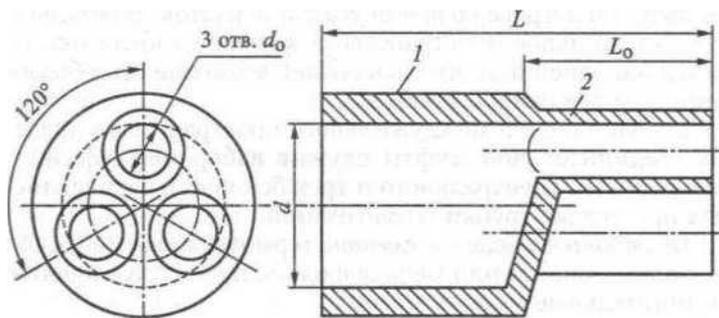


Рис. 8.2. Термоусаживаемая перчатка для трехжильного кабеля с бумажно-масляной изоляцией:

L - общая длина перчатки; L_0 - длина отводов для жил кабеля; d - внутренний диаметр корпуса перчатки; d_B - внутренний диаметр отводов перчатки

Каждая фаза обоих разделанных концов соединяемых участков кабеля изолируется с помощью трубок фазной изоляции (следовательно, при соединении жил трехжильных кабелей таких трубок нужно иметь шесть штук).

Количество пальцев термоусаживаемых перчаток равно количеству жил соединяемых кабелей. Перчатки предназначены для усиления изоляции в месте выхода жил из-под металлической (алюминиевой или свинцовой) оболочки кабеля, т.е. в месте их развода на большее, чем в кабеле, расстояние друг от друга. В муфтах кабелей с полимерной изоляцией перчатка не требуется.

Токопроводящие соединительные гильзы, обеспечивающие соединение двух концов кабеля, изолируются с помощью внутренней (более короткой) и наружной манжет

(для изоляции соединителя может применяться только одна манжета). Поверх изолируемых жил соединяемых кабелей и самих соединителей накладывается трубка герметизации, а затем наружная защитная труба.

К *изолирующим элементам* относятся заполнители междуфазного пространства в корешке концов кабеля и между жилами в пределах соединительной муфты.

После разделки кабеля и развода жил в корешке кабеля образуется пустота, в которую сначала вкладывается специальный заполнитель конусообразной формы, расплавляемый при нагреве во время усадки перчаток. В результате междужильное пространство в корешке кабеля оказывается заполненным, что исключает возможность образования там воздушной пробки.

Для заполнения междужильного пространства в пределах соединительной муфты служит набор междуфазных заполнителей (центрального и трех боковых), расплавляемых при усадке трубки герметизации.

Электропроводящие элементы термоусаживаемой муфты - алюминиевая или медная фольга, провод заземления, соединительные гильзы.

Поверх трубки герметизации накладывается экран из алюминиевой или медной фольги для предотвращения ложных помех при поиске повреждений во время эксплуатации кабеля, т.е. экран обеспечивает непрерывность металлической оболочки кабеля.

Многопроволочные медные провода заземления с площадью поперечного сечения 16 или 25 мм² обеспечивают контакт между оболочкой и броней соединяемых кабелей. При этом присоединение проводов заземления к броне и оболочке может выполняться пайкой или с помощью так называемых контактных пружин, что обеспечивает непрерывность электрической цепи по оболочке и броне кабеля.

Соединительные гильзы изготавливаются из того же материала, что и токопроводящие жилы кабеля. Закрепление жилы в гильзе осуществляется с помощью винтов со срывающимися головками.

В состав *вспомогательных материалов* входят: комплект для припаивания проводов заземления к броне и оболочке кабеля или контактные пружины: гибкий провод для наложения бандажей на элементы разделанного кабеля и концы монтируемого провода заземления; полимерная лента; ветошь.

Комплект для припаивания провода заземления содержит паяльный жир (для припаивания провода заземления к алюминиевой оболочке кабеля), припой оловянно-свинцовый (для припаивания провода заземления к свинцовой оболочке кабеля и стальной броне), алюминиевый припой (для полуды алюминиевой оболочки в месте припаивания провода заземления, а также для полуды концов соединяемых алюминиевых жил кабелей).

Полимерная лента используется для закрепления концов фазной изоляции до их усадки, закрепления заполнителя междуфазного пространства и фольги, накладываемой поверх трубки герметизации.

В комплект концевых термоусаживаемых муфт входят: термоусаживаемые детали - трубка фазной изоляции, перчатка (для кабелей с пластмассовой изоляцией не требуется), манжеты наконечников и поясная, пальцевая манжета и полимерные изоляторы (только для муфт наружной установки)); электропроводящие материалы (наконечники кабельные, провод заземления и наконечник для него).

Изоляционные материалы - заполнители междуфазного пространства и корешка конца кабеля (конусообразной формы).

Вспомогательные материалы те же, что и в составе соединительных термоусаживаемых муфт.

МОНТАЖ ТЕРМОУСАЖИВАЕМЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ КАБЕЛЬНЫХ МУФТ

Широкий диапазон термоусаживаемых отдельных частей позволяет использовать муфты одного типоразмера для кабелей нескольких типов и сечений жил.

Отличительные особенности термоусаживаемых муфт по сравнению с ранее применявшимися свинцовыми - более высокая стоимость; в 2-2,5 раза меньшие затраты времени на монтаж (до 3 ч); в 3 раза больший срок службы.

Для соединения кабелей и создания единой электрической цепи выполняют разделку их концов и соединение жил.

Разделка конца кабеля состоит из последовательных операций ступенчатого удаления из него защитных и изоляционных частей. Соединение и оконцевание жил выполняют либо опрессовкой соединительных гильз и кабельных наконечников, либо с помощью соединительных гильз или кабельных наконечников с винтами со срывающимися головками.

Монтаж соединительной термоусаживаемой муфты на напряжение 6...10 кВ осуществляют в указанной ниже последовательности.

1. Разделяют концы кабелей (рис. 8.3), т.е. снимают наружный покров, броню и оболочку кабеля. Ленты бумажной изоляции, прилегающие к оболочке и жилам, проверяют на влажность. Для этого кусочки лент обрывают сухим пинцетом и погружают в парафин, нагретый до температуры 150 °С. Признаком наличия влаги служит потрескивание и появление пены. Концы бумажной фазной изоляции закрепляют бандажом из

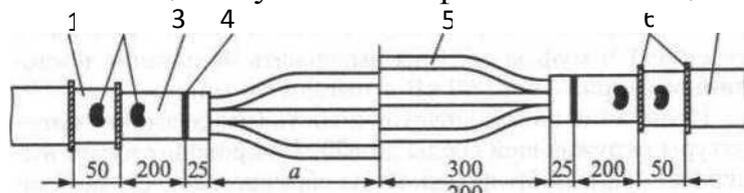


Рис. 8.3. Разделка концов соединяемых кабелей на напряжение 10 кВ с поперечным сечением жил площадью 16...50 и 70...240 мм²:

1 - бронеленты; 2 - полуда; 3 - металлическая оболочка; 4 - кольцевой надрез; 5 - бумажная изоляция; 6 - проволочный бандаж; 7 - защитный покров: при $F - 70...240$ мм² а - 400 мм; при $F - 16...50$ мм² а - 300 мм

поливинилхлоридной ленты.

2. Раздвигают жилы кабеля. В образовавшееся в корешке пространство вставляют конусный вкладыш, который в дальнейшем расплавляется при монтаже термоусаживаемой перчатки.

3. На каждую из жил надевают термоусаживаемые трубки и производят их усадку.

4. Надевают на разделанные и изолированные концы кабеля до упора в корешок и усаживают термоусаживаемые перчатки.

5. Соединяют концы жил кабеля с помощью соединительных гильз и винтов со срывающимися головками.

6. Устанавливают и усаживают манжеты, обеспечивающие изоляцию соединительных гильз.

7. Устанавливают между жилами и закрепляют с помощью изоляционной ленты легкоплавкий наполнитель междуфазного пространства (четыре

бруска).

8. Надевают и усаживают трубку герметизации, обеспечивающую изоляцию соединительных гильз и предотвращающую вытекание заполнителя междуфазного пространства.
9. Устанавливают поверх трубки герметизации проводящий экран из алюминиевой фольги.
10. Припаивают провод заземления к броне и оболочке кабеля с двух сторон и укладывают поверх экрана.
11. Устанавливают по центру муфты и усаживают наружную защитную трубу.

Лекция 09. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

Электрические сети, расположенные на открытых территориях вне зданий, часто выполняют *воздушными линиями* (ВЛ). За длину *пролета* ВЛ на местности принимают горизонтальное расстояние между центрами двух смежных опор. *Анкерным участком* называют сумму длин пролетов между опорами анкерного типа (рис. 9.1). Под *стрелой провеса* проводов / при одинаковой высоте точек подвеса подразумевают вертикальное расстояние между линией, соединяющей точки подвеса провода, и низшей точкой провода. За габарит линии H принимают наименьшее расстояние по вертикали при наибольшем провисании проводов до уровня земли или пересекаемых сооружений.

Углом поворота трассы линии называют угол между направлениями линии в смежных пролетах. Под *тяжением* провода понимают усилие, направленное по оси провода. Механическое напряжение провода получают делением тяжения на площадь поперечного сечения провода.

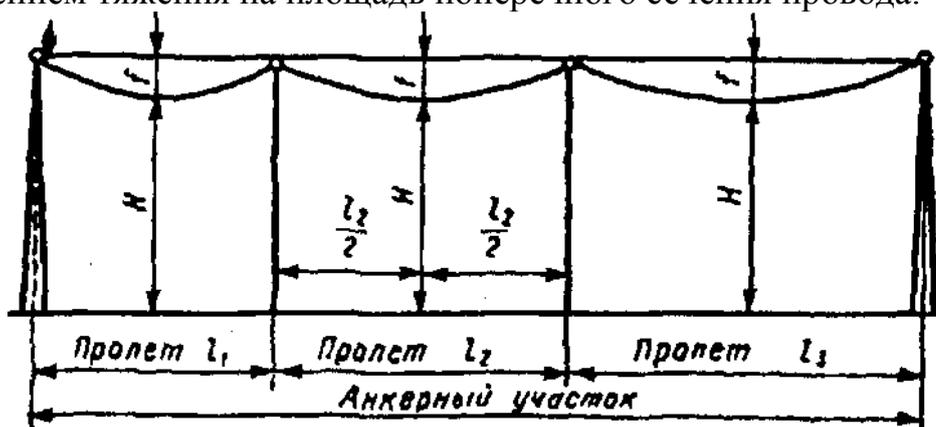


Рис. 9.1. Основные характеристики линии в пролете

Промежуточные опоры устанавливают на прямых участках трассы ВЛ. Эти опоры в нормальных режимах работы не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ.

Угловые опоры устанавливают в местах изменения направления трассы ВЛ. Эти опоры при нормальных режимах работы должны воспринимать слагающую тяжения проводов смежных пролетов.

Анкерные опоры устанавливают на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения количества, марок и сечений проводов. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от разности тяжения проводов, направленные вдоль ВЛ. Анкерные опоры должны иметь жесткую конструкцию.

Концевые опоры устанавливают в начале и конце ВЛ, а также в местах, ограничивающих кабельные вставки. Они являются опорами анкерного типа и должны воспринимать в нормальных режимах работы ВЛ одностороннее тяжение проводов.

Ответвительные опоры устанавливают в местах ответвления от ВЛ.

Перекрестные опоры устанавливают в местах пересечения ВЛ двух направлений.

Промежуточный пролет – это расстояние по горизонтали между двумя смежными промежуточными опорами. Как правило, эти пролеты на ВЛ до 1 кВ колеблются в пределах 30–50 м, а на ВЛ выше 1 кВ – 100–250 м и более.

Воздушные линии имеют следующие конструктивные элементы: провода, опоры, изоляторы, арматуру для крепления проводов на изоляторах и изоляторов на опорах. Воздушные линии бывают одно- и двухцепные. Под одной цепью понимают три провода одной трехфазной линии или два провода одной однофазной линии. Для воздушных линий напряжением до 10 кВ применяют алюминиевые, сталеалюминиевые и стальные провода. Опоры для ВЛ напряжением до 10 кВ изготавливают из дерева и железобетона. Деревянные опоры просты в изготовлении и дешевы, но недолговечны из-за гниения древесины. Железобетонные опоры дороже, но прочнее.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 кВ

При прохождении ВЛ по лесным и зеленым насаждениям вырубка просеки обязательна. Вертикальные и горизонтальные расстояния от проводов при их наибольшей стреле провеса или наибольшем отклонении до деревьев, кустов и прочей растительности должны быть не менее 1 м.

Котлованы под опоры линии роют механизированным способом с применением буровых машин. При невозможности использования буровых машин грунт разрабатывают вручную. В скальных грунтах их выемку можно производить взрывным способом.

Котлованы под одностоечные промежуточные опоры бурят точно по оси трассы во избежание выхода опоры из створа линии. Штангу бура при бурении размещают в строго вертикальном положении. Котлованы роют непосредственно перед установкой опор.

Воздушные линии электропередачи размещают так, чтобы опоры не затрудняли движения транспорта и пешеходов. В местах, где имеется опасность наезда транспорта, опоры защищают железобетонными отбойными тумбами.

Траверсы угловых опор располагают по биссектрисе угла поворота линии. На установленные опоры наносят надписи, указывающие их порядковый номер и год установки.

Траверсы, кронштейны и изоляторы устанавливают до подъема опоры. Изоляторы перед монтажом тщательно осматривают и отбраковывают. Изоляторы не должны иметь трещин, сколов, повреждений глазури. Чистка их металлическим предметом не допускается. Штыревые изоляторы прочно навертывают на крюки или штыри, обмотанное паклей, пропитанной суриком с олифой. Оси штыревых изоляторов располагают вертикально.

При креплении обводного провода штыревые изоляторы устанавливают с наклоном до 45° к вертикали.

Стальные провода должны быть оцинкованы. На временных линиях допускают неоцинкованные однопроволочные провода.

Крепление проводов на штыревых изоляторах выполняют проволочными вязками (рис. 9.2). Диаметры вязальной проволоки для крепления проводов любой площади сечения на штыревых изоляторах приведены ниже.

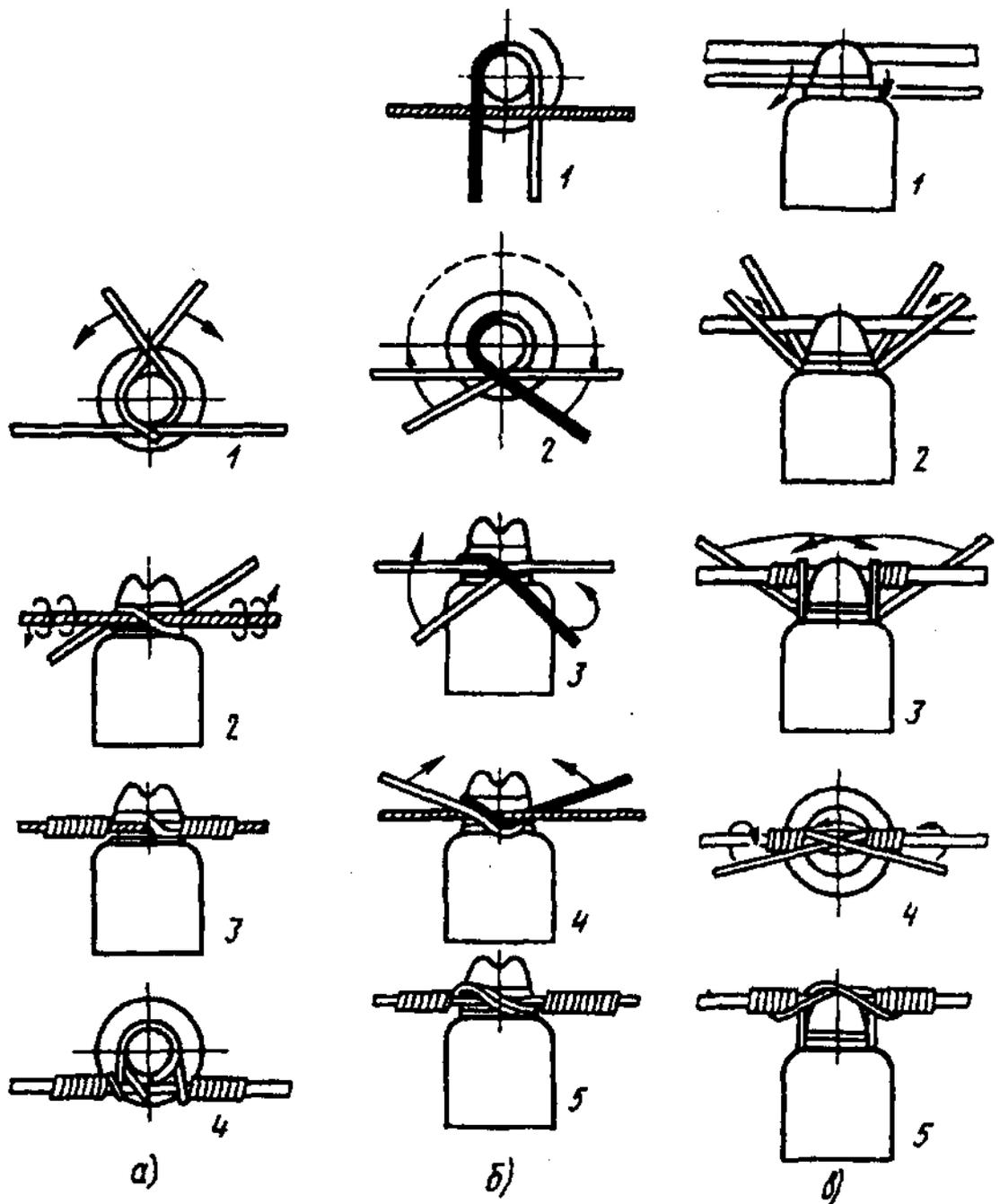


Рис. 9.2 Способы вязки проводов к изоляторам:

a – одиночная вязка на шейке; *б* – двойная вязка на шейке; *в* – двойная вязка на головке;
 1, 2, 3, 4, 5 – порядок операций

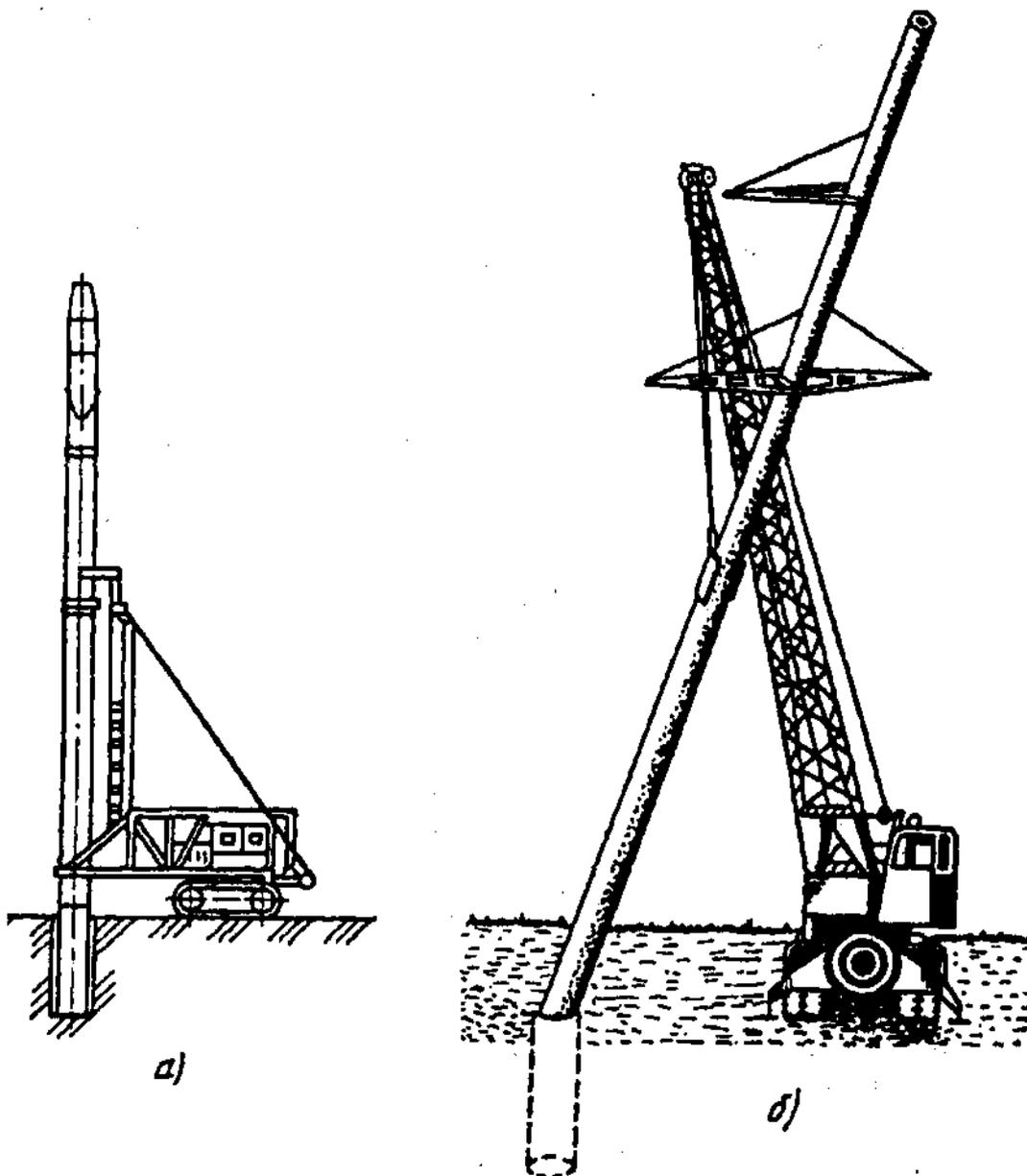


Рис. 9.3. Установка опор кранами-установщиками (а), автомобильными кранами (б)

Провода в пролетах пересечений ВЛ с различными объектами сращивать нельзя. Провода соединяют соединительными зажимами или сваркой. Встык однопроволочные провода не сваривают. Провода можно соединять скруткой с последующей пайкой. Крепление проводов на опорах ВЛ – одинарное, исключение составляют случаи двойного крепления при пересечениях ВЛ связи и сигнализации, контактных проводов, дорог. Провода ответвлений должны иметь на опорах глухое крепление.

Готовые развезенные по трассе или собранные на ней опоры устанавливают непосредственно в котлованы с помощью бурильно-крановых машин или кранов-установщиков опор КВЛ-8 (рис. 9.3, а). Деревянные и железобетонные одностоечные опоры массой до 4 т можно устанавливать в котлованы автомобильным краном (рис. 9.3, б).

Сооружение ВЛ осуществляют поточным методом. Монтаж проводов разбивают на следующие операции: раскатка проводов, соединение проводов, подъем их на промежуточные опоры, натяжка проводов, крепление их на анкерных и на промежуточных опорах.

Неизолированные провода для ВЛ доставляют на деревянных барабанах. Барабаны с проводом устанавливают на специальной тележке, с помощью которой выполняют одновременно раскатку нескольких проводов. Раскатку проводов с барабанов производят тракторами или автомашинами и ведут обычно от одной анкерной опоры до другой. При этом должны выполняться следующие требования.

Раскатку проводов по земле производят с движущихся тележек.

Раскатка и натяжение проводов непосредственно по стальным траверсам и крюкам не допускается. Раскатку проводов при отрицательных температурах производят с учетом мероприятий, предотвращающих вмерзание провода в грунт.

При раскатке проводов отмечают места обнаруженных дефектов проводов. В дальнейшем, перед натяжкой проводов, в этих местах выполняют их ремонт. Восстановительный ремонт проводов осуществляют: при повреждении до 17 % алюминиевого повива – наложением проволочных бандажей; при повреждении до 34 % – монтажом ремонтных зажимов; более 34 % – заменой отрезком нового провода.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 кВ

Разбивку котлованов под опоры проводят теодолитом, стальной мерной лентой или стальной рулеткой по схеме, на которой указаны разбивочные оси и размеры котлованов поверху и понизу с учетом применяемого фундамента и требуемой крутизны откосов.

Размеры дна котлованов не должны превышать размеров опорной плиты фундамента более чем на 150 мм на сторону.

Рытье котлованов с вертикальными стенками без креплений допускается в грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод.

Глубина котлованов в насыпных песчаных и гравийных грунтах не должна превышать 1 м, в глинистых – 1,25 м, в особо плотных – 2 м.

Указанные размеры допустимы при условии монтажа фундаментов немедленно после открытия котлованов.

Механизированную разработку грунта в котлованах выполняют без нарушения его структуры в основании фундамента. Для этого разработку котлованов экскаватором производят с недобором грунта на толщину 100–200 мм. Разработка грунта ниже проектной отметки не допускается.

Грунт, вынутый при рытье котлованов, укладывают таким образом, чтобы он не препятствовал проведению последующих операций (установке подожников, сборке опор). Вынутый грунт следует отбрасывать на

расстояние не менее 0,5 м от бровки котлована во избежание излишней нагрузки на стенки котлована и возможности их обвала.

Котлованы цилиндрической формы в вязких грунтах разрабатывают буровыми машинами.

Железобетонные опоры, поступившие на монтаж, тщательно осматривают: они могут иметь раковины и выбоины размером не более 10 мм по длине, ширине и глубине. При этом на 1 м длины опоры не должно быть более двух раковин и выбоин. Раковины и выбоины подлежат заделке цементным раствором.

Железобетонные опоры собирают на деревянных подкладках.

Основной способ заделки одностоечных железобетонных опор в грунте – установка их в цилиндрические котлованы с ненарушенной структурой грунта.

В слабых грунтах или при высоком уровне грунтовых вод одностоечные опоры устанавливают в цилиндрические котлованы либо в котлованы с естественными откосами и дополнительно крепят их железобетонными ригелями.

Как правило, при установке одностоечных железобетонных опор применяют полуавтоматическую строповку, позволяющую освобождать установленные опоры от такелажных тросов с земли без подъема людей на опору.

Пазухи цилиндрических котлованов после установки опор засыпают грунтом, песком, песчано-гравийными или щебеночными смесями, цементно-песчаным раствором (зимой – цементно-песчаной сухой смесью). Засыпку осуществляют при тщательном послойном трамбовании.

Расстояния от подземной части опоры ВЛ до подземных канализационных трубопроводов должны быть не менее 2 м для ВЛ напряжением до 10 кВ.

Заземлению подлежат:

железобетонные опоры ВЛ напряжением до 10 кВ в населенной и в ненаселенной местности;

железобетонные и деревянные опоры всех типов линий всех напряжений, на которых установлены устройства грозозащиты;

все виды опор, на которых установлены силовые и измерительные трансформаторы, разъединители, предохранители и другое оборудование.

Заземляющие устройства опор выполняют в виде ввернутых в грунт вертикальных стержневых заземлителей диаметром 12 мм или погруженных в грунт вертикальных заземлителей из угловой стали. Широкое применение получили заземляющие устройства из стальных полос, расположенных в виде лучей, или глубинные заземлители из полосовой или круглой стали.

Лекция 10. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 КВ, КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ, ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА НАПРЯЖЕНИЕ ДО 110 кВ

ОБОРУДОВАНИЕ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Закрытое распределительное устройство (ЗРУ) – распределительное устройство, у которого оборудование расположено в здании.

Распределительным (переключательным) пунктом (РП) называют распределительное устройство, предназначенное для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации.

Камера – помещение, предназначенное для установки аппаратов и шин.

Закрытая камера – камера, которая имеет с трех сторон сплошные стены и не сетчатые двери.

Огражденная камера – камера, которая имеет проемы, защищенные полностью или частично несплошными (сетчатыми или смешанными) ограждениями.

Под смешанными ограждениями понимают ограждения из сеток и сплошных листов.

Взрывная камера – закрытая камера, предназначенная для установки маслонаполненных коммутационных аппаратов и имеющая выход наружу или во взрывной коридор.

Взрывной коридор – коридор, в который выходят двери взрывных камер.

Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения и несущие конструкции выбирают и устанавливают таким образом, чтобы:

- 1) Вызываемые нормальными условиями работы электроустановки усилия, нагрев, электрическая дуга или иные сопутствующие ее работе явления (искрение, выброс газов и т.п.) не могли причинить вреда обслуживающему персоналу, а при аварийных условиях не могли повредить окружающие предметы и вызвать короткое замыкание на землю.
- 2) При снятом напряжении с какой-либо цепи относящиеся к ней токоведущие части, аппараты и конструкции могли подвергаться безопасному осмотру, смене и ремонтам без нарушения нормальной работы соседних цепей.
- 3) Была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования.

Требование п. 2 не распространяется на простейшие РУ (например, типа сборок напряжением выше 1000 В).

Выбор аппаратов, токоведущих частей и изоляторов по динамической и термической устойчивости производят в соответствии с ПУЭ.

Конструкции, на которые устанавливают и закрепляют электрооборудование, должны выдерживать усилия и воздействия от веса оборудования, ветра, гололеда в нормальных условиях и от сил, могущих возникнуть при коротких замыканиях.

Строительные конструкции, находящиеся вблизи токоведущих частей и доступные для прикосновения персонала, не должны нагреваться от воздействия электрического тока до температуры 50° С и выше; недоступные для прикосновения – до температуры 70° С и выше.

Конструкции на нагрев могут не проверяться, если по находящимся вблизи токоведущим частям проходит переменный ток величиной менее 1000 А.

Обозначения комплектных распределительных устройств серий КРУ расшифровывают так: К – комплектное, Р – распределительное, У – устройство, XXVI, XXVII и т.п. – производственный номер серии. До двадцать восьмой серии их обозначают римскими цифрами (например, К-ХН), начиная с тридцатой – арабскими, причем номера К-30 – К-99 присваивают сериям КРУ самарского, а К-100 и выше – московского завода.

КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

Комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН) применяют для РУ подстанций энергосистем, а также в составе КТП 35/6-10 кВ и др. Они состоят из отдельных шкафов, которые по конструктивным особенностям разделяют на три группы:

шкафы со встроенным оборудованием и коридором управления, у которых одна из стенок (задняя) и боковые одновременно являются стенками помещения РУ. Фасады шкафов оформлены аналогично фасадам шкафов КРУ внутренней установки;

шкафы индивидуального исполнения с выдвижными элементами (выключатели, трансформаторы напряжения, разрядники), выкатываемыми при открытых фасадных дверях из шкафа;

шкафы индивидуального исполнения со стационарно установленными выключателями или другими аппаратами.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Комплектные распределительные устройства монтируют только в помещениях, где полностью закончены строительные работы (рис. 10.1).

Для каждого ряда камер закладные основания монтируют по уровню (неровность допускается не более 1 мм на 1 м длины и 5 мм по всей длине). Несущие поверхности из отрихтованных полос угловой стали устанавливают в одной строго горизонтальной плоскости. Уголки или швеллеры присоединяют к контуру заземления полосовой сталью 40 х 4 мм не менее чем в двух местах. Кабельные каналы и проемы должны точно соответствовать чертежам, а трубы для прохода кабеля – выступать из стены или фундамента не менее чем на 30 мм.

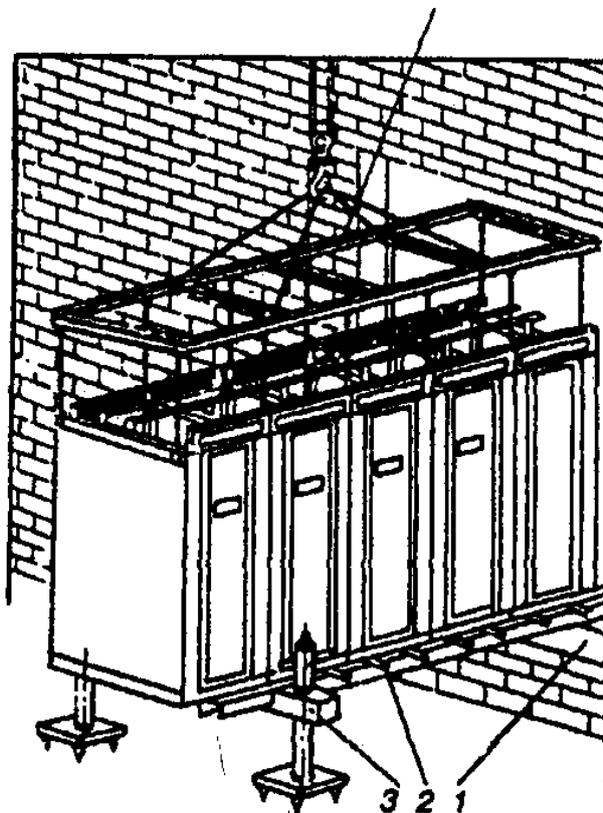


Рис. 10.1. Монтаж укрупненного блока КРУ:

1 — монтажный проем; 2 — катки; 3 — платформа; траверса

При монтаже шкафов КРУ в помещении ширина прохода с фасадной стороны для однорядной установки должна быть равной длине выкатной тележки плюс 0,8 м, для двухрядной – длине выкатной тележки плюс 1 м. Расстояние от шкафов до боковых стен помещения при односторонней установке предусматривают не менее 0,1 м. Блоки ставят на направляющие уголки и швеллеры в последовательности, предусмотренной проектом.

Монтаж камер КСО и шкафов КРУ начинают с крайнего корпуса и к установке следующего приступают только после проверки правильности положения по вертикали и горизонтали предыдущего корпуса. По окончании установки корпуса блоки соединяют болтами, начиная с крайнего. В первую очередь затягивают нижние болты, затем верхние.

С помощью шнура проверяют прямолинейность верхней части камер и при необходимости регулируют их положение стальными подкладками. Вкатывая тележку, проверяют правильность установки шкафов КРУ, при

этом подвижные и неподвижные части должны совпадать, а положение тележки – четко фиксироваться роликами.

Совпадения разъединяющих и заземляющих контактов при проверке добиваются медленным вкатыванием тележек в рабочее положение с помощью механизма. Комплектное РУ считается правильно установленным и может окончательно закрепляться, если корпус и тележка не качаются; нижняя рама корпуса располагается горизонтально; подвижные и неподвижные части разъединяющих контактов первичных и вторичных цепей совпадают; ролики механизма доводки четко фиксируют положение тележки; пазы скобы совпадают с осью роликов; зазоры между осью крепления коромысел шторок и роликами тележки примерно одинаковы; контрольные отверстия смежных корпусов совпадают; зазор между стенками смежно устанавливаемых корпусов не превышает 1 мм; двери в закрытом положении находятся в одной вертикальной плоскости. Особенно тщательно проверяют работу шторок, которые должны подниматься и опускаться без перекосов и заеданий, а также действие механической блокировки.

Выверенные шкафы КРУ и камеры КСО окончательно жестко прикрепляют электросварным швом длиной 60–70 мм к направляющим в четырех углах, это обеспечивает надежное заземление корпусов. Далее в шкафах снимают листы шинного отсека и освобождают от временного крепления ответвительные шины. Верхние части шинодержателей снимают, а на нижние части шинодержателей укладывают сборные шины с учетом цвета фаз. Ответвительные шины присоединяют к сборным болтами или сжимами, затем закрепляют на шинодержателях. Участки сборных шин в пределах одного щита сваривают, а между различными щитами соединяют болтами или сжимами.

Приборы и аппараты, демонтированные на время перевозки, устанавливают после монтажа шин и присоединяют их к первичным и вторичным цепям согласно схемам.

Поверхности сборных шин в местах контактов промывают бензином и смазывают тонким слоем вазелина. Эти поверхности нельзя зачищать напильником или наждачной шкуркой, так как на заводе они покрыты специальным сплавом олова с цинком во избежание коррозии. После установки сборных шин всей секции затягивают болты в контактных соединениях, а затем прокладывают магистральные шинки вторичных цепей. Далее проверяют работу выключателей, разъединителей, вспомогательных контактов и блокировочных устройств в соответствии с требованиями инструкции предприятия-изготовителя.

Ножи разъединителя в камерах КСО при включении должны входить в неподвижные контакты без ударов и перекосов и не доходить до упора на 3–5 мм. Неодновременность касания ножами неподвижных контактов не должна превышать 3 мм. Привод разъединителя в крайних положениях должен автоматически надежно запираться фиксатором.

Правильность установки штепсельных разъединителей в шкафах камер КРУ проверяют, наблюдая через люки отсеков корпуса шкафа за контактами при медленном вкатывании тележки.

Нож разъединителя неподвижного контакта в рабочем положении должен входить внутрь подвижного на глубину не менее 30 мм и не доходить до упора не менее, чем на 5 мм. Направляющие шпильки подвижной системы вторичных цепей должны входить в отверстия неподвижной системы раньше начала замыкания контактов вторичных цепей.

Лекция 11. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 кВ, КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ, ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА НАПЯЖЕНИЕ ДО 110 кВ

КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) внутренней установки состоят из трехфазных понижающих трансформаторов высшего (6 или 10 кВ) и низшего (0,4 или 0,69 кВ) напряжения и шкафов РУ (рис. 11.1). Шкафы РУ НН изготавливают вводными, секционными и линейными. Они состоят из шинной и коммутационной частей, разделенных металлическими перегородками.

В шкафах РУ напряжением до 1 кВ размещены коммутационная и защитная аппаратура: выдвигаемые универсальные и установочные автоматические выключатели, релейная аппаратура АВР, измерительные приборы, а также измерительные трансформаторы тока.

Схемы управления защиты и сигнализации оборудования КТП выполняют на оперативном переменном токе. Подстанции имеют один или два силовых трансформатора мощностью 250, 400, 630, 1000, 1600 и 2500 кВ•А, которые поставляют заполненными трансформаторным маслом с азотной подушкой или с маслорасширителем, совтолом, а также сухими со стекловолоконистой изоляцией. Комплектные ТП с трансформаторами, заполненными трансформаторным маслом, можно применять только при устройстве под ними маслосборных приемков и расстоянии между двумя КТП не менее 10 м.

Комплектные ТП с трансформаторами, заполненными маслом, и сухие укомплектовывают шкафами предупредительной сигнализации. Разные типы шкафов позволяют комплектовать РУ в зависимости от заказа по различным схемам. При схеме магистрального питания КТП снабжают шкафами ввода ВН, в которых монтируют разъединитель, предохранители и кабельные муфты. При радиальной схеме питания (когда не требуется устанавливать шкаф ввода ВН) на баке трансформатора размещают вводное устройство (ко-

роб), в котором монтируют кабельную муфту высокого напряжения с глухим присоединением.

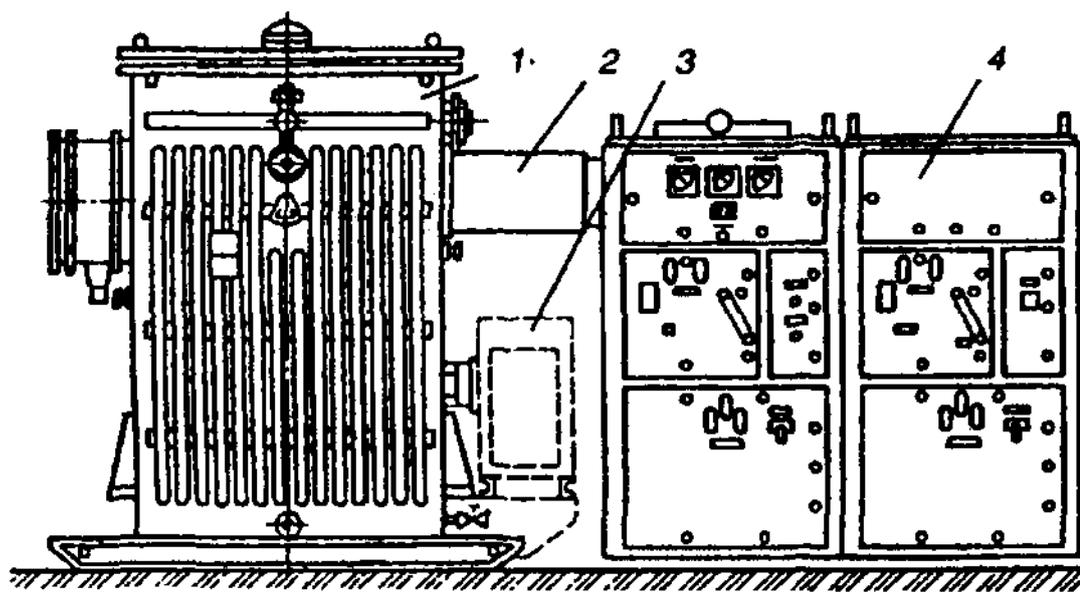


Рис. 11.1. Комплектная трансформаторная подстанция внутренней установки: 1 – трансформатор; 2 – соединительный короб; 3 – шкаф предупредительной сигнализации; 4 – шкаф РУ 0,4 кВ

КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

Комплектные трансформаторные подстанции наружной установки (КТПН) мощностью 25–400 кВ •А напряжением 6-10-35 / 0,4 кВ используют для электроснабжения объектов различного назначения. Они состоят из шкафа ввода высшего напряжения (ВН), трансформатора и шкафа низшего напряжения (НН), укомплектованного на отходящих линиях автоматическими выключателями.

Подстанции с воздушным вводом имеют надстройку с разрядниками и шинным спуском для ввода. К воздушным сетям 400 / 230 В их подключают через специально предусмотренный мачтовый вывод. Внутри КТПН разделены на отсеки высокого напряжения с разъединителями и предохранителями, трансформаторную камеру и распределительный щит низкого напряжения. При применении кабельного ввода в КТПН верхняя надстройка отсутствует. КТПН напряжением 6-10 / 0,4 кВ часто собирают из объемных элементов. Строительная часть таких подстанций состоит из отдельных объемных блоков, изготавливаемых на заводе железобетонных изделий (все необходимые для монтажа отверстия выполняют также на заводе). Для крепления электрооборудования в панели закладывают специальные металлические детали. Отдельные панели соединяют между собой металлическими связями с помощью сварки или на болтах в объемные блоки.

Подстанции типа КТПН (рис. 11.2) нашли широкое применение в схемах электроснабжения нефтепромыслов.

Вид спереди

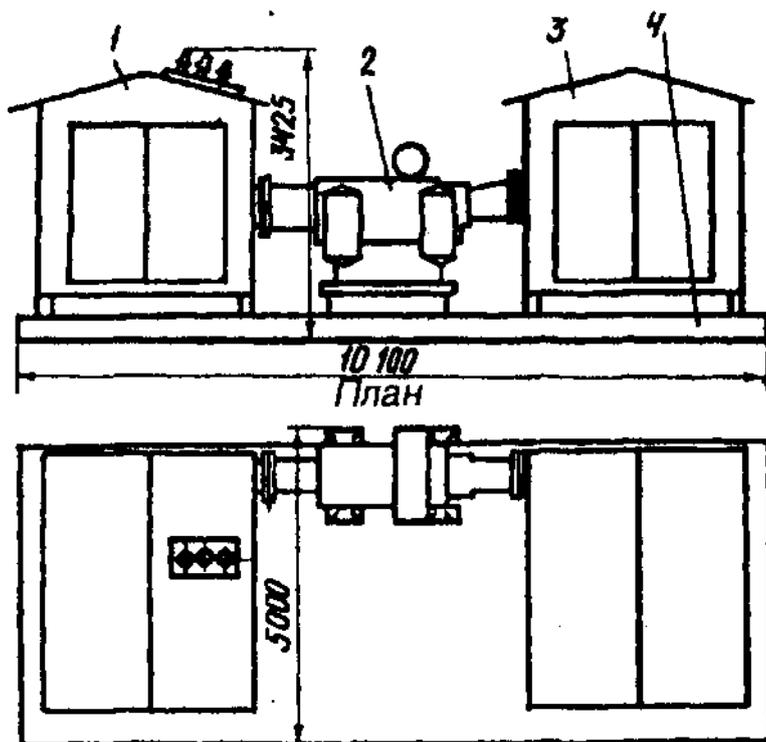


Рис. 11.2. Подстанция КТПН для электроснабжения погружных насосов: 1 – РУ-6 кВ; 2 – трансформатор; 3 – РУ 0,4 кВ и станция управления ПЭД; 4 – рама

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Приступая к монтажу КТП *внутренней установки* проверяют оси подстанции, выверяют отметки основания под опорные швеллеры РУ и салазки трансформаторов, а также необходимые размеры строительной части.

Блоки РУ поднимают инвентарными стропами, которые крепят за скобы, установленные в отверстиях на концах опорных швеллеров. Если краны отсутствуют, то блоки РУ устанавливают на фундаменты с помощью катков, выполненных из отрезков металлических труб.

Если блоки РУ не имеют опорных швеллеров, для их перемещения увеличивают количество катков (не менее четырех на блок).

Не допускается крепить тяговый трос от лебедки к поперечным связям основания шкафов. Его закрепляют на шкафах в обхват, стремясь не повредить их окраску. Для этого между металлической поверхностью шкафа и тросом прокладывают доски, брусья, толь или рубероид. Многоблочное РУ монтируют поэтапно. Блоки устанавливают поочередно, предварительно сняв специальные заглушки, закрывающие выступающие концы шин, и

подъемные скобы с опорных швеллеров. Установочные швеллеры отдельных шкафов соединяют сваркой с помощью перемычек из полосовой стали сечением 40 x 4 мм². Борозды в фундаментах после установки блоков РУ и приварки шины заземления к опорным швеллерам заливают цементом и устанавливают по проекту трансформатор.

Распределительное устройство соединяют с трансформатором гибкой перемычкой, закрываемой коробом из листовой стали, который поставляется в комплекте с КТП. При выполнении присоединения к выводам трансформатора необходимо помнить, что чрезмерные изгибающие усилия на вводы при затяжке болтов могут вызвать течь масла. Короб к трансформатору и вводному шкафу РУ крепят болтами. Соединения шин выполняют с помощью шинных сжимов или болтов.

По окончании монтажа блоков КТП проверяют исправность проводки и приборов, надежность крепления болтовых соединений, особенно контактных и заземляющих, работу механических блокировок, состояние изоляторов (не должно быть трещин, сколов, нарушения армировки). После этого подсоединяют кабели высокого и низкого напряжений. На отходящих кабельных линиях напряжением 0,4 кВ выполняют эпоксидные (с помощью комплекта резиновых перчаток) или сухие (лентой ПХВ) разделки. Для заземления КТП швеллеры приваривают к контуру заземления в двух местах (каждый шов – 70 мм).

Комплектные ТПН монтируют с помощью крана на автомобильном шасси. На месте монтажа выполняют основание в виде гравийной подушки, при этом объем гравия должен быть не менее объема масла в трансформаторе.

Трансформаторные подстанции из объемных элементов готовят на заводах. Монтаж объемных трансформаторных подстанций выполняют в такой последовательности: электрооборудование концентрируют в блок-коробки или отдельные блоки. Эти объемные элементы вместе с электрооборудованием транспортируют на стройплощадку. Здесь собирают блоки, формируя трансформаторную подстанцию. До начала сборки подстанции на строительной площадке завершают сооружение подъездных путей к месту ее установки. Разбивку и привязку подстанции выполняют на местности. Растительный грунт снимают и вынимают для фундамента в соответствии с принятым конструктивным вариантом подстанции (из бетонных блоков марки СБ или кирпича). Фундаменты закладывают на твердый материковый грунт и засыпают их снаружи землей до уровня красных вертикальных отметок. Затем устанавливают вентиляционные жалюзи с сетчатыми решетками, а также закладывают асбестоцементные трубы диаметром 100 мм и длиной, выходящей за пределы отстойки на 0,5 м.

После проверки и приемки фундаментов приступают к установке блоков подстанции. Особое внимание обращают на тщательную нивелировку опорной плоскости фундаментов под блоки.

Блоки устанавливают подъемным краном грузоподъемностью 20 т в такой последовательности: на фундаменты ставят блоки БТП-1 и БТП-2,

затем их основания соединяют с фундаментами цементным раствором. Технология сборки строительной части подстанции включает выполнение следующих электромонтажных работ: установку проходных изоляторов; соединение шинами секционных разъединителей с проходными изоляторами в РУ 6-10 кВ; установку соединительных шин между контакторными станциями разных блоков, установку и подключение силовых трансформаторов; прокладку кабельной перемычки между щитами № 1 и 2 блоков БТП-1 и БТП-2; ввод в здание подстанции кабельных концов (высокого и низкого напряжения) и выполнение заземляющего устройства.

Внедрение блочных трансформаторных подстанций позволяет сократить сроки их строительства примерно в пять раз и продолжительность электромонтажных работ в монтажной зоне вдвое.

В связи с сокращением объема строительных работ, применением экономичных материалов и прогрессивной технологии заготовки и сборки подстанции себестоимость работ уменьшается на 18 %.

Использование объемных трансформаторных подстанций дает возможность передать значительный объем работ на заводы-изготовители.

Лекция 12. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 КВ, КОМПЛЕКТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ, ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА НАПРЯЖЕНИЕ ДО 110 кВ

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ОБОРУДОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДСТАНЦИЙ

Монтаж ошиновки ОРУ выполняют в определенной технологической последовательности. В соответствии с ППР после приемки под монтаж строительной части ОРУ на площадку завозят необходимые материалы, механизмы и приспособления. До начала монтажа изоляторы и сцепную арматуру развозят по площадке ОРУ, распаковывают изоляторы, осматривают их, обращая внимание на наличие сколов и трещин, прочность цементной связки, соосность стержней и шапок. Если обнаруживают скол, трещину и другие дефекты, изоляторы отбраковывают. Годные изоляторы протирают, а фарфоровые кроме того испытывают мегаомметром. Сопротивление изоляции каждого подвешенного изолятора должно быть не менее 300 МОм. Затем подбирают арматуру для гирлянды, комплектуют и собирают изоляторы в гирлянды. Сборку удобно выполнять на лотках, обращая внимание на то, чтобы во всех изоляторах были исправные замки, которые устанавливают в гнезда шапок и ушки.

Далее с помощью барабана, установленного на домкраты или кабельную тележку, раскатывают провода для сборных шин, шинных мостов и спусков. На одном конце провода опрессовывают натяжной зажим и сцепляют его с гирляндой изоляторов. Гирлянду поднимают на траверсу портала.

Противоположный конец провода с помощью монтажного натяжного зажима и скобы присоединяют к такелажному тросу и натягивают до предусмотренной проектом стрелы провеса. После визирования на проводе делают отметку и опускают его для монтажа второго натяжного зажима. Далее гирлянду с присоединенным зажимом поднимают и крепят ко второму portalу. Длину проводов сборных шин и шинных мостов можно определять геодезическим методом.

Монтажу силовых трансформаторов предшествуют операции, включающие выгрузку, погрузку, транспортировку трансформатора к месту установки, подготовку узлов трансформатора к монтажу.

Перед монтажом трансформаторов проверяют основные комплектующие элементы: вводы, встроенные трансформаторы тока, газовое реле, систему охлаждения, расширитель и др., а также герметичность всех его узлов.

Герметичность трансформатора, заполненного маслом (без расширителя), проверяют так: если в течение 3 ч столб масла высотой 1,5 м не вызывает течи в местах, расположенных выше уровня масла, с которым он прибыл, трансформатор считают герметичным. Предварительную проверку в течение 3 ч можно делать сухим воздухом давлением 15 кПа. Трансформатор считают герметичным, если за этот промежуток времени давление снизится не более чем до 13 кПа.

Радиатор трансформатора испытывают давлением трансформаторного масла температурой до 60° С, значение которого равно давлению столба масла в собранном трансформаторе от нижних точек радиатора до верхних точек расширителя плюс 0,5 м. При наполнении радиатора маслом предварительно отвертывают воздухоспускную пробку и вместо нее устанавливают трубу. Испытания проводят при вертикальном и горизонтальном положениях радиаторов в течение 30 мин.

Герметичность можно проверять, подавая в радиатор сжатый воздух давлением 50 кПа в течение 30 мин. Для определения мест повреждения на все сварные швы предварительно наносят мыльный раствор.

Обнаруженные повреждения заваривают газовой сваркой (устранять течи замазкой или клеем неэффективно, так как они появляются вновь при разогреве масла) и повторно проверяют герметичность керосином. Испытанные радиаторы промывают маслом, подогретым до 40–50° С, через фильтр-пресс или центрифугу.

После промывки радиаторов их фланцы уплотняют заглушками на резиновых прокладках. Далее проверяют электродвигатели и крыльчатки вентиляторов. На конец вала электродвигателей насаживают крыльчатки с картонной шайбой и защитным колпаком и крепят специальной глухой шайбой.

Внутреннюю поверхность маслопроводов очищают стальными ершами и промывают несколько раз маслом. Задвижки разбирают, прочищают, собирают и испытывают давлением масла 50 кПа в течение 30 мин.

Маслоохладитель разбирают, очищают изнутри кожух, продувают трубы сжатым воздухом и промывают трансформаторным маслом. После этого проводят испытание, прокачивают чистое масло во временный бак в течение 24 ч.

Вводы трансформатора 35 кВ очищают от упаковочного материала, проверяют целостность фарфора, надежность армировки, колпачков и фланцев изоляции, наличие контргайек.

Через грязевик из расширителя сливают остатки масла и промывают его чистым и сухим трансформаторным маслом. После этого проверяют и вновь устанавливают на место маслоуказательное стекло, испытывают расширитель на герметичность, заполняя его сухим маслом и выдерживая в течение 3 ч.

Выхлопную трубу с внутренней стороны очищают от грязи и ржавчины, после чего устанавливают заглушки на резиновых прокладках. Перед установкой трубы на трансформатор монтируют и уплотняют ее стеклянный диск (мембрану) и испытывают трубу на герметичность маслом в течение 3 ч.

Газовое реле, реле уровня масла и приборы контроля температуры проверяют в лаборатории. Результаты проверки герметичности оформляют актом или протоколом и учитывают при введении трансформатора в эксплуатацию.

При необходимости ревизии трансформатора до вскрытия добиваются выравнивания его температуры с температурой окружающей среды. Для предотвращения увлажнения активной части трансформатора во время ревизии ее пребывание на воздухе не должно превышать времени, предусмотренного ПТЭ. После вскрытия трансформатора целесообразно его ревизию производить в такой последовательности: сначала проверяют затяжку доступных стяжных шпилек ярем, креплений отводов, переключателей и других элементов активной части, убеждаются в достаточности затяжки винтов осевой прессовки обмоток (подтягивание выполняют равномерно по всей окружности; контргайки затягивают). Затем осматривают изоляцию доступных частей обмоток, отводов, переключателей, цилиндров и других элементов активной части и ликвидируют замеченные повреждения.

При наличии загрязнений тонкой струей теплого трансформаторного масла промывают активную часть, бак, после чего масло сливают через грязевую пробку. Затем, медленно опуская активную часть, проверяют правильность расположения верхних направляющих планок относительно стенок бака.

Далее концы отводов подсоединяют к контакторам и вводам. Отключенное на время ревизии заземление активной части на бак восстанавливают. Валы с приводами переключателей устанавливают на место согласно маркировке.

Перед установкой крышки проверяют правильность расположения резиновой прокладки и приклеивают ее клеем к раме соединителя. При

разрыве прокладки готовят вставку из полосовой маслоупорной резины, разделявают стыки резиновых прокладок на конус (на длине 60–70 мм), при этом середину каждого стыка располагают напротив определенного болта.

Трансформаторы на напряжение до 35 кВ включительно заливают маслом (его температура не ниже + 10° С) без вакуума, при этом температура их активной части должна быть выше температуры масла.

Технология монтажа трансформатора объединяет монтажные операции отдельных его узлов.

Лекция 13. ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

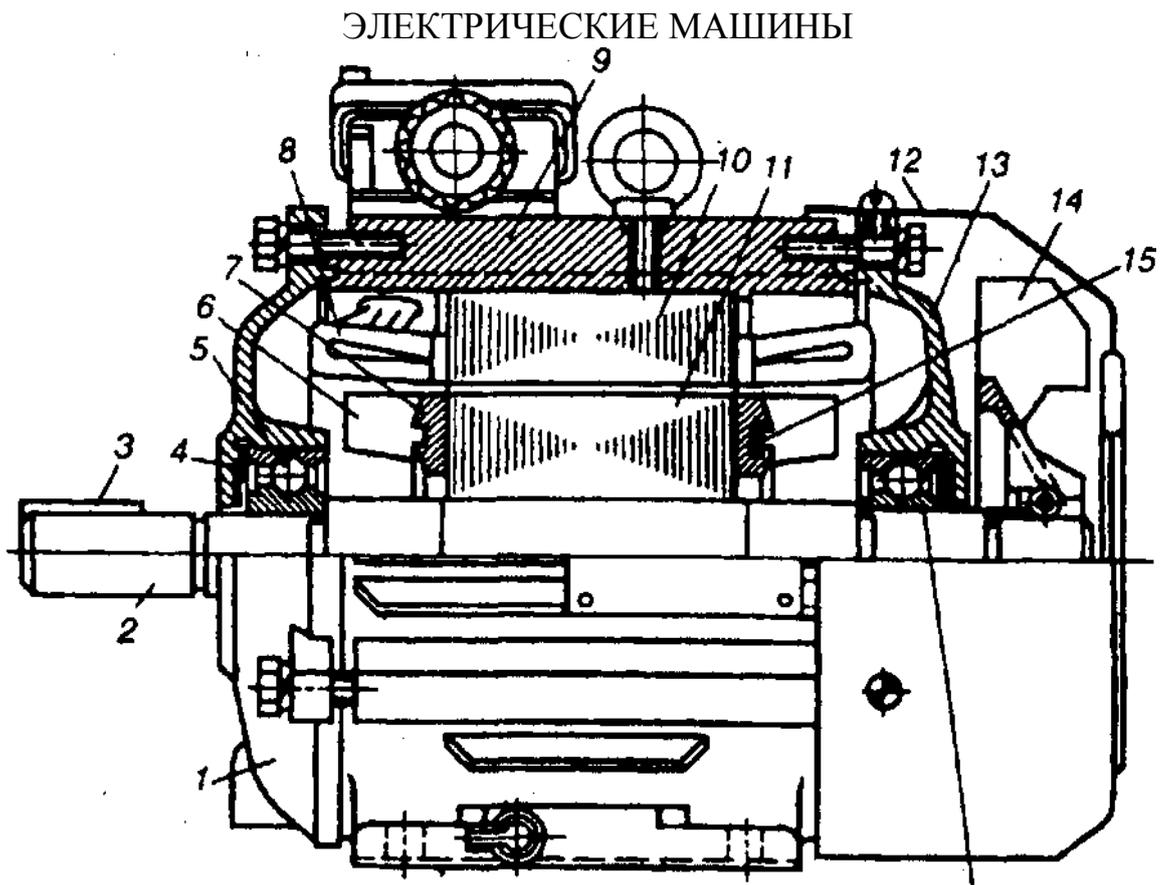


Рис. 13.1. Асинхронный электродвигатель единой серии 4А:

1, 13– передний и задний щиты; 2– вал; 3– шпонка; 4– установочная пружина; 5– подшипник; 6 – крыльчатка; 7– короткозамыкающие кольца; 8– лобовая часть обмотки статора; 9– станина; 10, 11 – сердечники статора и ротора; 12– кожух вентилятора; 14 – вентилятор; 15–баланси́ровочный грузик

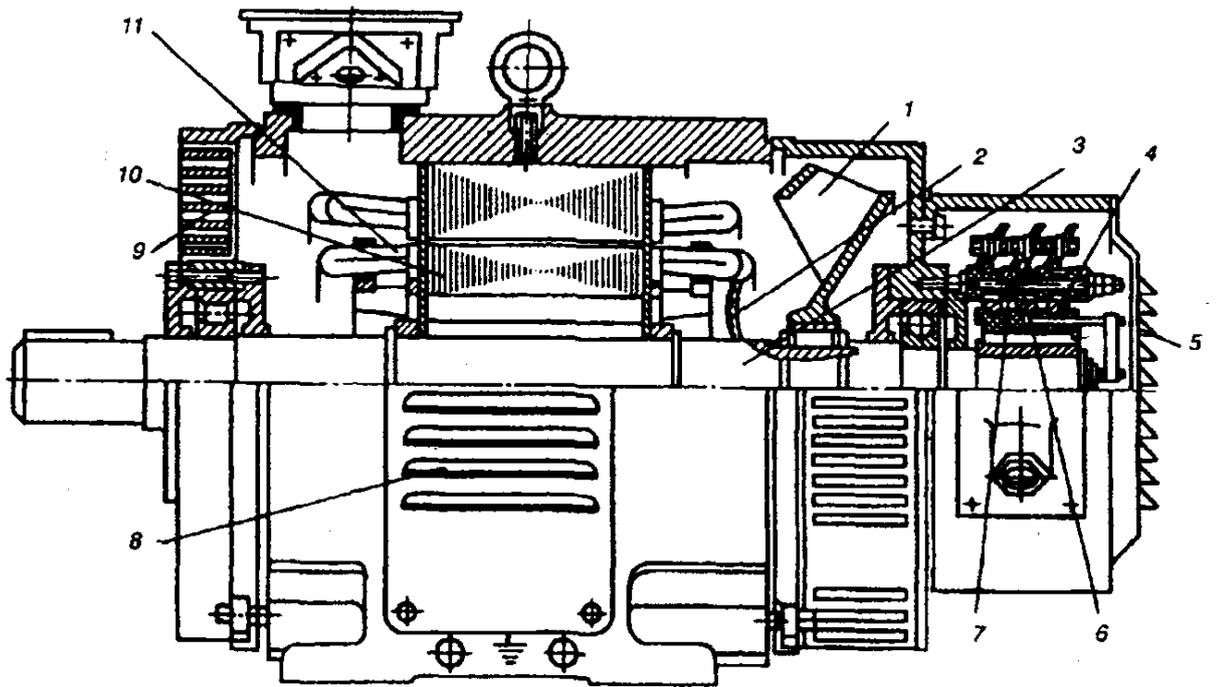


Рис. 13.2. Асинхронный электродвигатель с фазным ротором:
 1- вентилятор; 2- вывод роторной обмотки; 3, 11 - вал и обмотка ротора;
 4- контактные кольца; 5- крышка; 6- щетки; 7- щеткодержатели; 8- жалюзи; 9- щит; 10- ротор

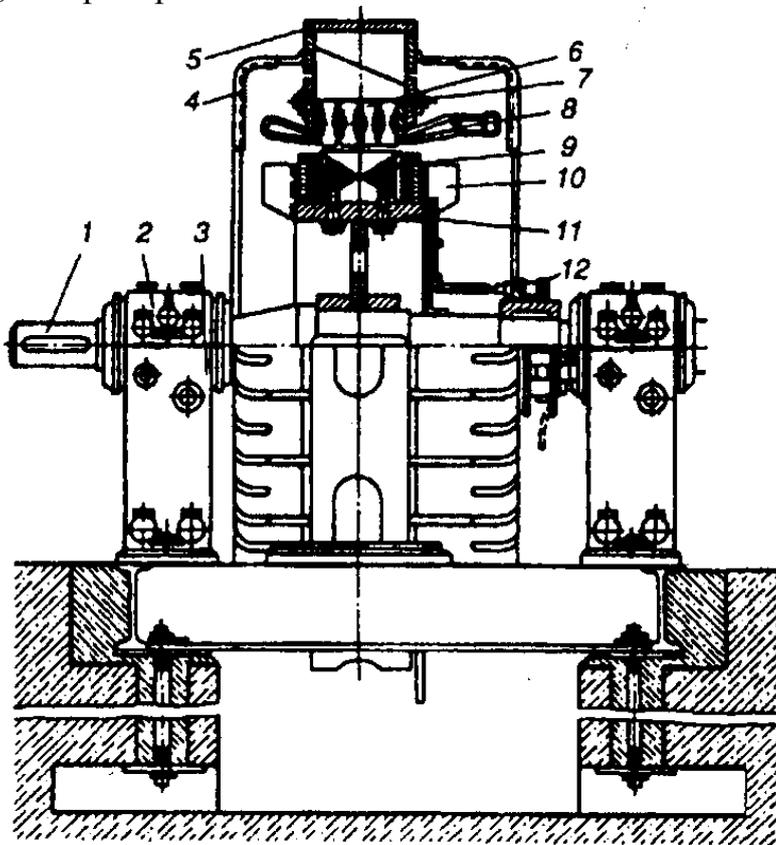


Рис. 13.3. Синхронный генератор:
 1- вал; 2, 3 - крышка и стоек подшипника; 4- кожух; 5- корпус; 6, 8-
 сердечник и обмотка статора; 7- шпилька; 9- полюс; 10- вентиляционные
 лопатки; 11- ротор; 12- контактные кольца

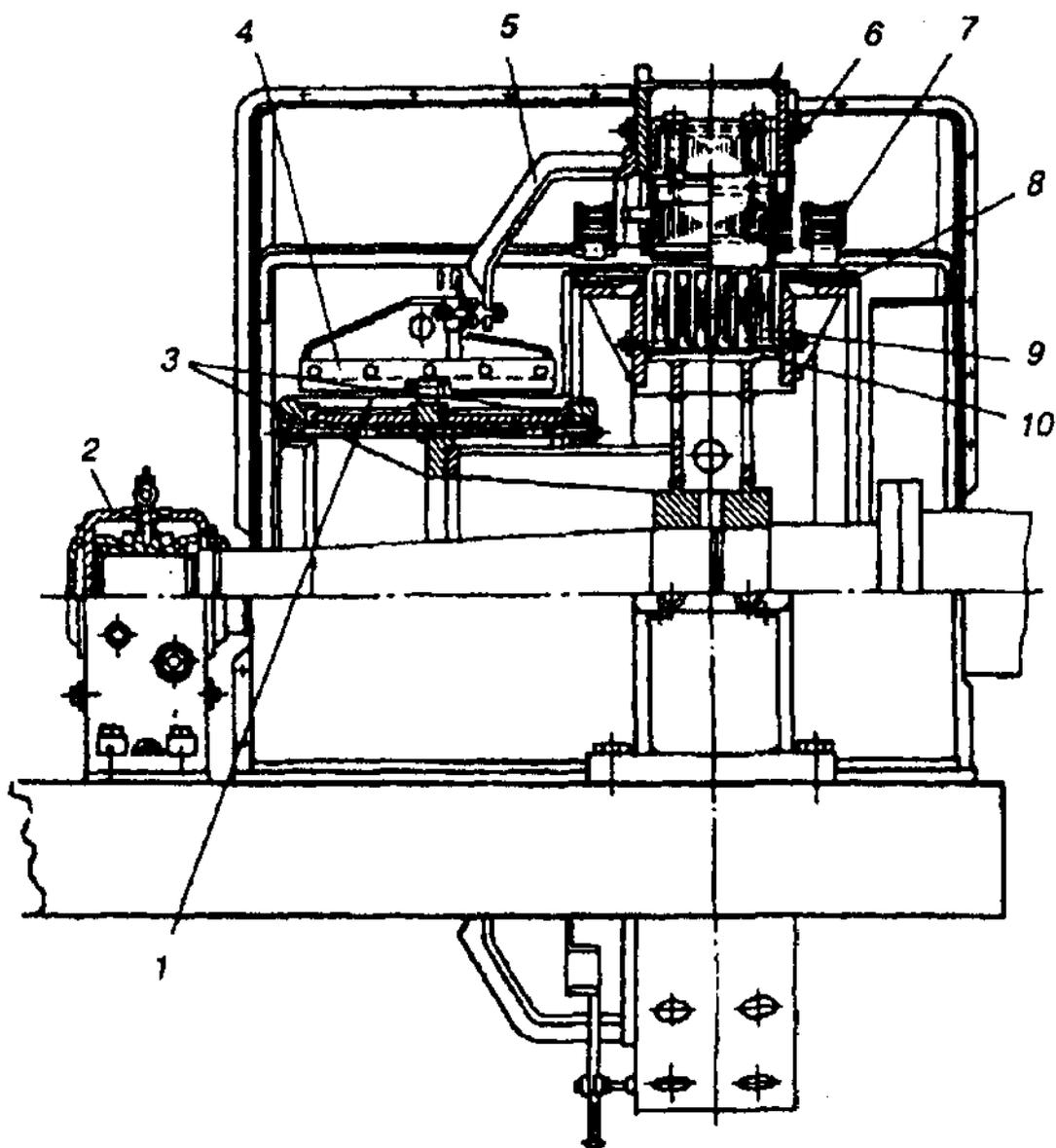


Рис. 13.4. Машина постоянного тока серии П:

1— пластина коллектора; 2 — подшипник скольжения; 3 — нажимная шайба; 4 — бракет; 5 — траверса; 6 — шпилька; 7— компенсационная обмотка; 8— бандаж; 9 — секция якоря; 10— балка

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, ПРИБЫВАЮЩИХ С ЗАВОДОВ-ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ В СОБРАННОМ ВИДЕ

При монтаже электрических машин руководствуются ПУЭ, СНиП и специальными инструкциями заводов-изготовителей. Одной из основных операций подготовительных работ перед началом монтажа является проверка фундаментов. Проверяют бетон, используемый для фундаментов; главные осевые размеры и высотные отметки опорных поверхностей; осевые размеры

между отверстиями для анкерных болтов; глубину отверстий и размеры ниш в стенах фундаментов для затяжки болтов.

При проверке фундаментов размеры сверяют с данными машины: продольной осью вала машины, поперечными осями станин, реперами высоты. Проверку производят нивелиром и натянутыми визирными струнами стальных проволок.

Если при проверке обнаружится, что фундамент занижен по высоте, строительная организация обязана нарастить фундамент до требуемых размеров. При заниженных фундаментах и общей массе машинного агрегата до 20 т допускается устанавливать машины на отрезках двутавровых балок высотой не более 100 мм; при этом следует применять только тонкие прокладки (регулируемые).

В состав подготовительных работ входит подбор необходимых инструментов, измерительных приборов, такелажных механизмов со стропами, предварительно испытанных. Далее производят распаковку электрических машин, очистку их от грязи, ржавчины, антикоррозионных покрытий.

Электрические машины, поступившие с завода-изготовителя в собранном виде, на месте монтажа не разбирают, если их правильно транспортировали и хранили.

Подготовка таких машин к монтажу включает в себя следующие технологические операции: внешний осмотр;

очистку фундаментных плит и лап станин; промывку фундаментных болтов уайт-спиритом и проверку качества резьбы (прогонкой гаек);

осмотр выводов, щеточного механизма, коллекторов или контактных колец, маслоуказательной и другой арматуры;

осмотр состояния подшипников, промывку подшипниковых стояков и картеров;

проверку зазора между крышкой и вкладышем подшипника скольжения, валом и уплотнением подшипников, измерение зазора между вкладышем подшипника скольжения и валом;

вскрытие подшипников качения и проверку заполнения их консистентной смазкой;

проверку воздушного зазора между активной сталью ротора и статором;

проверку свободного вращения ротора и отсутствие задеваний вентиляторов за крышки торцовых щитов;

проверку мегаомметром сопротивления изоляции всех обмоток, щеточной траверсы и изолированных подшипников.

Если нет уверенности, что во время транспортировки и хранения поступившая в собранном виде машина осталась неповрежденной и незагрязненной, необходимость ее разборки для ревизии определяется специальным актом.

Монтажная организация выполняет такую работу по отдельному заказу. Сначала машины полностью или частично разбирают, а затем приступают к

их осмотру. Разборку машин, поступивших в собранном виде, и последующую сборку выполняют в соответствии с инструкцией.

Монтаж электрических машин мощностью до 1000 кВт начинают с выгрузки их с транспортных средств кранами. Перемещение в горизонтальной плоскости и установку на фундамент электродвигателя выполняют с помощью электротали, электрокара или погрузчика.

Осмотр электрической машины проводят на стенде в специально выделенном в цехе помещении.

О выявленных дефектах электромонтажник ставит в известность бригадира, мастера или руководителя монтажа.

Если наружных повреждений не обнаружено, электродвигатель продувают сжатым воздухом. При этом сначала проверяют подачу по трубопроводу сухого воздуха, для чего струю направляют на какую-нибудь поверхность или на ладонь руки. При продувке ротор электродвигателя проворачивают вручную, проверяя свободное вращение вала в подшипниках. Снаружи электродвигатель обтирают тряпкой, смоченной в керосине.

Промывку подшипников скольжения во время монтажа производят следующим образом. Из подшипников удаляют остатки масла, отвернув спускные пробки. Затем, завинтив их, в подшипники наливают керосин и вращают руками якорь или ротор. Далее вывинчивают спускные пробки и дают стечь всему керосину. После промывки подшипников керосином их необходимо промыть маслом, которое уносит с собой остатки керосина. Только после этого их заполняют свежим маслом на 1/2 или 1/3 объема ванны.

Смазку в подшипниках качения (роликовых и шариковых) при монтаже машин не заменяют. Заполнение смазкой подшипника не должно превышать 2/3 свободного объема подшипника.

Измерение сопротивления изоляции электродвигателей постоянного тока производят между якорем и катушками возбуждения (полюсами), проверяют сопротивление изоляции якоря, щеток и катушек возбуждения по отношению к корпусу. При измерении сопротивления изоляции подсоединенного к сети электродвигателя необходимо отсоединить все провода, подведенные к электродвигателю от сети и реостата. Между щетками и коллектором при измерении помещают изолирующую прокладку из миканита, электрокартона, фибры, резиновой трубки и т.п.

У электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором производят измерение сопротивления изоляции только обмоток статора по отношению к земле (корпусу) и друг к другу. Это возможно при выведенных шести концах обмотки. Если выведены только три конца обмотки, измерение производят только по отношению к земле (корпусу).

У электродвигателей с фазным ротором кроме определения сопротивления изоляции обмоток статора по отношению к земле и друг к другу измеряют сопротивление изоляции между ротором и статором, а также сопротивление изоляции щеток по отношению к корпусу (между кольцами и щетками должны быть проложены изолирующие прокладки).

Изоляцию обмоток электрических машин измеряют мегаомметром на 1 кВ для машин напряжением до 1 кВ и на 2,5 кВ – для машин напряжением выше 1 кВ. Если результаты измерения сопротивления изоляции обмоток электрических машин до 1 кВ удовлетворяют нормативным показателям, электрические машины могут быть включены без сушки изоляции обмоток.

Такие электродвигатели доставляют к месту монтажа, устанавливают непосредственно на полу, на специальных конструкциях, или на фундаменте. Подъем электродвигателей массой до 50 кг можно осуществлять вручную, при установке их на низкие фундаменты.

Соединение электродвигателя с приводимым им во вращение механизмом выполняют с помощью муфт или через ту или иную передачу (зубчатую, ременную).

Электродвигатели, устанавливаемые непосредственно на бетонном полу или фундаменте, выверяют, подкладывая под лапы электродвигателей металлические подкладки (клинья) для регулирования положения их в горизонтальной плоскости. Деревянные подкладки для этой цели не пригодны, так как при заливке фундаментных болтов цементным раствором они набухают и сбивают произведенную выверку, а при затяжке болтов спрессовываются.

При ременной и клиноременной передачах необходимо соблюдать параллельность валов электродвигателя и вращаемого им механизма, а также совпадение средних линий по ширине шкивов.

При ременной и клиноременной передачах на вал электродвигателя часто приходится насаживать шкив, а также снимать его. Снятие шкива производят специальными скобами. Наиболее удобными являются универсальные съемники. Съемник с регулируемым раскрытием тяг производит захват детали с наружной или внутренней стороны и развивает тяговое усилие до 20 кН, съемник с самоустанавливающимися тягами от 30 кН, с гидравлическим приводом до 100 кН. Если шкив, полумуфту или шестерню не удастся снять с вала, их подогревают до 250–300°C пламенем газовой горелки. При этом вал охлаждают водой или сжатым воздухом.

Для снятия подшипников качения, как правило, применяют простые съемники. Снятие производят вращением рукоятки центрального винта, упирающегося концом в торец вала. Если подшипник снять не удастся, его подогревают до 100°C, поливая горячим минеральным маслом.

Новый подшипник перед посадкой на вал тщательно промывают бензином. Место посадки на валу тщательно очищают, промывают бензином и смазывают минеральным маслом (табл. 30). Подшипник перед посадкой прогревают в чистом минеральном масле температурой 80–100°C. Посадку производят отрезком трубы (желательно медной), упираемой во внутреннее кольцо подшипника.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, ПРИБЫВАЮЩИХ С ЗАВОДОВ-ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ В РАЗОБРАННОМ ВИДЕ

Перед началом монтажа машин по акту производят приемку фундаментов от строительной организации. Очищают резьбовые отверстия фундаментных плит, проверяют качество резьбы и при необходимости исправляют ее. В отверстия фундамента закладывают фундаментные болты, а по периметру фундаментной плиты укладывают стальные или чугунные подкладки. Плиты, имеющие нижние полки, устанавливают на подкладки и клинья, которые размещают в местах сосредоточенных нагрузок.

Плиты, не имеющие нижних полок, устанавливают на подкладки и клинья, укладываемые под ребра жесткости, расположенные в непосредственной близости от фундаментных болтов, под подшипниковые стояки, лапы станин и остальные ребра так, чтобы расстояние между осями соседних подкладок было не более 1 м. Подкладки из-под плиты должны выступать на 35–50 мм. Подготовленную к монтажу плиту устанавливают краном на подкладки, уложенные на фундамент. Плиту ориентируют по осям фундамента визирными струнами. Далее фундаментную плиту выверяют по уровню, добиваясь горизонтальности тонкими стальными подкладками. Подкладки размещают под плиту, приподнимая ее клиновыми или гидравлическими домкратами. При выверке плиты применяют длинную линейку и обычный или гидростатический уровень. После выверки плиты производят ее крепление затяжкой фундаментных болтов.

Если при сооружении фундамента анкерные болты не были установлены, электрическую машину устанавливают на приклеенных анкерных болтах, размещаемых в пробуренных в фундаменте колодцах.

При бесподкладочном способе монтажа зазор между поверхностью бетонного фундамента и основанием плиты оставляют 50–60 мм. Площадку под установку домкратов выверяют в горизонтальной плоскости по уровню. Домкраты устанавливают у фундаментных болтов и в местах сосредоточенных нагрузок. Суммарная грузоподъемность домкратов должна быть не менее 1,5-кратной монтажной массы оборудования. После окончательной выверки плиты, установленной на домкратах, производят подливку плиты, за исключением мест установки домкратов, которые выгораживают временной опалубкой. Подливку вибрационным способом производит строительная организация, наблюдение за тщательностью подливки ведут ответственные представители электромонтажной организации. После затвердевания подливки снимают домкраты и производят окончательную подливку фундаментной плиты в этих местах. Подливку принимают по акту, в котором должны быть указаны: состав бетонной смеси, количество пластифицирующих добавок, температура бетонной смеси и воздуха во время подливки и вибрирования.

Далее затягивают фундаментную плиту и устанавливают подшипниковые стойки, предварительно прошедшие ревизию. Под

подшипниковые стойки помещают металлические (регулируемые) и в необходимых случаях изоляционные прокладки.

Соппротивление изоляции подшипниковых стоек по отношению к плите должно составлять не менее 0,5 МОм; при этом болты крепления стойки к плите должны быть затянуты до укладки валов в подшипники.

После установки вала ротора в подшипники специальным инструментом – шабером, которым удаляют выступающие неровности с поверхности баббитового вкладыша подшипника, подгоняют рабочую поверхность подшипникового вкладыша к шейке вала.

Ответственной операцией монтажа является центровка валов.

Несоосность валов характеризуется относительным смещением их осей в радиальном и угловом направлениях. В крупных машинах валы имеют естественный прогиб, поэтому трудно добиться строгой параллельности торцовых плоскостей соединительных полумуфт.

При центровке валов допускают отклонения в радиальном и угловом направлениях в пределах 0,03–0,6 мм в зависимости от конструкции соединительной муфты.

Выверку и регулировку воздушного зазора выполняют после окончательной центровки валов, а у машин постоянного тока с разъемным статором – после установки его верхней половины и скрепления последней болтами с нижней половиной. Для этого используют специальные и клиновые щупы. Воздушный зазор измеряют с обеих сторон ротора или якоря в следующих местах: у машин с неявно выраженными полюсами – в четырех точках (при большом диаметре ротора – в восьми); у машин с явно выраженными полюсами – под каждым полюсом против середины полюсного башмака.

Допустимая разность между наибольшим и наименьшим значениями воздушных зазоров в процентах от среднеарифметического не должна превышать у машин: асинхронных и синхронных тихоходных –10%, быстроходных –5%, постоянного тока с петлевой обмоткой –10% (при зазоре до 3 мм) и 5% (при зазоре более 3 мм), с волновой обмоткой эту разность увеличивают в 2–2,5 раза. Зазоры между якорем и добавочным полюсом не должны отличаться более чем на 5%. Неравномерность воздушного зазора для всех электрических машин не должна превышать 10%.

Воздушный зазор регулируют подбором соответствующих подкладок под лапы станины статора и его разворотом в поперечном направлении относительно продольной оси ротора или якоря.

Сушку обмоток машины производят в том случае, если при ревизии установлен низкий уровень изоляции, не допускающий включения без сушки.

Сушка обмоток может быть выполнена их нагревом: постоянным или переменным током от постороннего источника; горячим воздухом (обдув); потерями в стали (индукционным способом); током КЗ при пониженном напряжении (для генераторов).

Перед сушкой обмотки продувают чистым и сухим воздухом для того, чтобы осевшая пыль после разогрева и размягчения изоляции не прилипла к ее лаковой покровной пленке.

В процессе сушки термометром или термопарой непрерывно измеряют температуру обмоток и стали, не допуская повышения ее выше 75°C. Температуру нагрева увеличивают постепенно – быстрый нагрев может вызвать разрывы в изоляции: при сушке крупных машин температуру увеличивают до 50°C в течение 20 ч; наивысшая температура должна быть достигнута не ранее чем через 30–40 ч.

Сушку обмоток считают законченной, если при установившейся температуре сопротивление изоляции и коэффициент абсорбции обмоток не изменяются в течение 6–7 ч.

ЗАЩИТА И МОНТАЖ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Конденсаторная установка в целом должна иметь защиту от токов короткого замыкания, действующую на отключение без выдержки времени.

Независимо от защиты всей КУ в целом в батареях с параллельным соединением конденсаторов последние снабжают групповой защитой от токов короткого замыкания при помощи плавких предохранителей, причем число конденсаторов в одной группе должно быть не менее пяти и номинальный ток одной группы – не более 100 А.

Групповая защита не требуется, если конденсаторы снабжены встроенной индивидуальной защитой секций. В любом случае предохранители должны обеспечивать надежное отключение при наименьших и наибольших величинах тока короткого замыкания в данной точке сети.

При коммутировании КУ возникают перенапряжения и броски тока, в особенности при включении на параллельную работу с другими батареями или секциями. Необходимы специальные быстродействующие выключатели, имеющие повышенную износостойкость контактной и механической частей, рассчитанные на такие броски и допускающие частые переключения.

В случаях, когда известно, что уровень напряжения сети в месте присоединения КУ будет временами при включенных конденсаторах превышать 110% номинального напряжения установки, предусматривают защиту, отключающую установку при указанном повышении напряжения и работающую с выдержкой времени 3–5 мин, а также обратное автоматическое ее включение после восстановления первоначального уровня напряжения.

Равенство емкостей всех трех фаз КУ должно контролироваться тремя амперметрами, указывающими ток в каждой фазе присоединения батареи. Конденсаторные установки мощностью до 400 кВАр снабжают только одним амперметром.

При монтаже КУ с общим количеством масла в одной установке более 600 кг их располагают в отдельном помещении с выходом наружу или в

общее помещение, отвечающее в отношении огнестойкости требованиям, приведенным в ПУЭ.

Конденсаторные установки с общим количеством масла до 600 кг можно размещать в помещениях щитов управления и распределительных устройств напряжением до и выше 1000 В; монтаж КУ аналогичен монтажу комплектных РУ.

Лекция 14. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

При эксплуатации воздушных линий в них появляются различные неисправности и повреждения, которые могут возникать от провозимых под ними крупногабаритных грузов, набросов на провода, проведением вблизи земляных работ, растущих вблизи высоких деревьев. Кроме того, в воздушных линиях с течением времени происходят различные изменения: деревянные опоры искривляются и занимают наклонное положение, в железобетонных опорах образуются трещины и выбоины, в проводах и тросах происходят обрывы отдельных проволок, в изоляторах появляются трещины и т. д. Эти дефекты могут быть обусловлены постоянным воздействием неблагоприятных климатических условий, оседанием почвы вблизи опор и рядом других причин.

Для обнаружения неисправностей, представляющих угрозу нормальной эксплуатации, а также предупреждения развития возникших неисправностей воздушные линии периодически осматривают. Сроки осмотров воздушных линий устанавливают в зависимости от местных условий, их назначения, вероятности повреждения, а также климатических условий.

Однако осмотры линий электромонтером должны быть не реже 1 раза в месяц.

Проверку наличия трещин на железобетонных опорах и пасынках с выборочным вскрытием грунта в зоне переменной влажности производят 1 раз в 6 лет, начиная с 4-го года эксплуатации.

Степень загнивания деталей деревянных опор определяют 1 раз в 3 года.

Стрелы провеса и расстояния от проводов ВЛ до различных объектов в местах пересечений ВЛ с линиями связи, железными дорогами и др. измеряют во всех случаях, когда при осмотре возникают сомнения в отношении требуемых расстояний:

измерение сопротивления заземления производят 1 раз в первый год эксплуатации и в дальнейшем 1 раз в 3 года;

подтяжку болтов, гаек и бандажей производят ежегодно в первые два года, а в дальнейшем по мере надобности;

внеочередные осмотры линий производят после аварии, ураганов, во время ледоходов, при пожаре вблизи линии, гололеде, морозе ниже 40°C.

При периодических осмотрах линии и вводов в здания электромонтеры должны особое внимание обращать на обрывы и оплавления жил проводов, целостность вязок, регулировку проводов, наличие ожогов, трещин и боя изоляторов, состояние опор и крен их вдоль и поперек линии, целостность бандажей и заземляющих устройств, касания проводов ветвями деревьев, наличие набросов, состояние вводных ответвлений и предохранителей, состояние кабельных воронок и спусков.

Расстояние от проводов до поверхности земли при наибольшей стреле провеса (наивысшая температура воздуха, гололед) не должно быть меньше 6 м для любой местности.

На опорах воздушных линий должны быть обозначены номера опор и год их установки.

Опоры, имеющие деревянные пасынки, периодически проверяют на загнивание. При проверке древесину, скрытую в грунте, отрывают на глубину 0,3–0,5 м.

Глубину зашиваний опоры измеряют специальным щупом с полусантиметровыми делениями; он вводится в древесину нажатием руки. Забивать щуп молотком или каким-либо другим инструментом воспрещается.

Осмотры в дневное время ВЛ до 10 кВ производят 1 раз в месяц. При осмотрах особое внимание обращают на наличие оплавлений проводов, обрывов или набросов на проводах, ожогов и трещин изоляторов;

проверяют состояние опор, отсутствие обгорания, расщепления деталей;

убеждаются в целостности бандажей и заземляющих спусков; отсутствии искрения или разрегулировки проводов; проверяют состояние разрядников, коммутационной аппаратуры на ВЛ и кабельных муфт на спусках; наличие предостерегающих плакатов и других постоянных знаков на опорах, целостность отдельных элементов, сварных швов и заклепочных соединений на металлических опорах;

состояние стоек железобетонных опор и железобетонных пасынков;

чистоту трассы, наличие деревьев, угрожающих падением на линию; наличие посторонних предметов, строений и т. п.;

производство без согласования строительных и других работ в охранной зоне.

Выявленные во время обхода дефекты отмечают в листке обхода. Если обнаруженные дефекты аварийного характера, необходимо принять срочные меры к их устранению.

Внеочередные осмотры линий электропередачи производят: при гололеде, после тумана, во время ледохода и разлива рек, при лесных и степных пожарах;

после автоматического отключения линии, в том числе и при ее успешном повторном включении.

Верховой осмотр линии электропередачи без ее отключения производят не реже 1 раза в 3 года.

Выборочную проверку состояния провода с отключением производят не реже 1 раза в 6 лет.

На линиях электропередачи без ее отключения производят следующие профилактические проверки:

наличия и степени загнивания деталей деревянных опор; ржавления и состояния антикоррозионного покрытия металлических опор и металлических траверс железобетонных и деревянных опор; наличия и ширины раскрытия трещин в бетоне железобетонных опор и приставок; состояния изоляторов.

Трассу линии электропередачи периодически расчищают от поросли деревьев.

ОБСЛУЖИВАНИЕ ЦЕХОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Периодичность осмотров цеховых электрических сетей устанавливают местной инструкцией в зависимости от условий эксплуатации, но не реже 1 раза в 3 мес. Измерения токовых нагрузок, температуры электрических сетей, испытание изоляции обычно совмещают с межремонтными испытаниями РУ, к которым подключены электросети. При осмотрах цеховых сетей особое внимание обращают на обрывы, увеличенный провес проводов или троса, подтеки мастики на кабельных воронках и др. Волосяной щеткой очищают от пыли и грязи провода и кабели, а также наружные поверхности труб с электропроводкой и ответвительные коробки.

Проверяют наличие хорошего контакта заземляющего проводника с контуром заземления или заземляющей конструкцией; разъемные соединения разбирают, зачищают до металлического блеска, собирают и затягивают. Поврежденные неразъемные соединения приваривают или припаивают.

Осматривают провода и кабели, поврежденные участки изоляции восстанавливают обмоткой хлопчатобумажной лентой или лентой ПВХ. Измеряют мегаомметром на 1000 В сопротивление изоляции, если оно будет меньше 0,5 МОм, участки проводки с низким сопротивлением заменяют новыми.

Осматривают изоляторы и ролики, поврежденные заменяют новыми. Пошатыванием проверяют крепление изоляторов и роликов. Слабо установленные изоляторы снимают, предварительно освободив провод от крепления. Подматывают на крюки (штыри) паклю, пропитанную суриком, затем наворачивают изоляторы и закрепляют на них провод. Слабо установленные ролики закрепляют. Осматривают анкерные устройства концевого крепления тросовой проводки к строительным элементам здания, натяжные устройства и трос. Участки, покрытые коррозией, зачищают стальной щеткой или шлифовальной шкуркой и покрывают эмалью.

Открывают крышки ответвительных коробок. При наличии внутри коробки, на контактах и проводах влаги или пыли проверяют состояние уплотнений крышки коробки и на вводах в коробку. Уплотнения, потерявшие упругость и не обеспечивающие герметичность коробок, заменяют. Осматривают клеммы и подсоединенные к ним провода. Соединения, имеющие следы окисления или оплавления, разбирают, зачищают, смазывают техническим вазелином и собирают.

Проверяют стрелу провеса, которая для тросовых и струнных проводок должна быть при пролете 6 м не более 100–150 мм, а при пролете 12 м – 200–250 мм. При необходимости участки с большой величиной провеса перетягивают. Натяжение стальных тросов проводят до минимально возможной стрелы провеса. При этом усилие натяжения не должно превышать 75 % разрывного усилия, допускаемого для данного сечения троса.

В зависимости от способов прокладки изменяются условия охлаждения проводов. Это приводит к необходимости дифференцированного подхода к определению допустимых токовых нагрузок.

ОБСЛУЖИВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Силовые кабели подразделяются на кабели общего и специального применения и выпускают одно-, двух-, трех- и четырехжильными с сечением жил 2,5–800 мм².

Контрольные кабели изготавливают с количеством жил 4–37; сечение жил 0,75–10 мм². Изоляцию кабелей выполняют из пропитанной кабельной бумаги, пластмассы или резины.

Осмотры трасс кабельных линий напряжением до 10 кВ производят в следующие сроки:

- трасс кабелей, проложенных в земле, – по местным инструкциям, но не реже 1 раза в 3 мес.;
- концевых муфт на линиях напряжением выше 1000 В – 1 раз в 6 мес., на линиях 1000 В и ниже – 1 раз в год; кабельные муфты, расположенные в трансформаторных помещениях, распределительных пунктах и на подстанциях, осматривают одновременно с другим оборудованием;
- кабельные колодцы осматривают 2 раза в год.

Осмотр туннелей, шахт и каналов на подстанциях производят по местным инструкциям. Обнаруженные при осмотрах ненормальности заносят в журнал дефектов и неполадок с оборудованием для последующего устранения.

В периоды паводков и после ливней производят внеочередные обходы.

Раскопки кабельных трасс или земляные работы вблизи них производят только с разрешения эксплуатирующей организации.

Производителю работ указывают точное местонахождение кабелей, порядок обращения с ними, распиской он подтверждает получение указанных сведений.

Особое внимание обращают на раскопки, производимые механизированным способом. В зависимости от способа производства работ и средств механизации принимают необходимые меры защиты кабелей от механических повреждений.

При обнаружении во время разрытия земляной траншеи трубопроводов, неизвестных кабелей или других коммуникаций, не указанных в схеме, необходимо приостановить работы и поставить об этом в известность руководителя для получения соответствующих указаний.

Раскопки зимой на глубину ниже 0,4 м производят с обогревом земли.

При этом следят за тем, чтобы от поверхности обогреваемого слоя до кабелей сохранился слой земли толщиной не менее 0,25 м.

Оттаявшую землю отбрасывают лопатами, использование ломов и тому подобных инструментов запрещается.

Раскопки землеройными машинами на расстоянии ближе 1 м от кабеля, а также применение отбойных молотков для рыхления грунта над кабелями на глубину более 0,4 м при нормальной глубине прокладки кабелей не разрешаются.

Наиболее характерными причинами повреждения изоляции кабелей являются следующие:

- трещины или сквозные отверстия в свинцовой оболочке, совпадение нескольких бумажных лент, заусенцы на проволоках токоведущих жил в результате заводских дефектов;
- надломы изоляции жил при разводке, плохая пропайка соединительных зажимов, неполная заливка муфт мастикой, непропаянные шейки муфт в результате дефектов монтажа;
- крутые изгибы на углах, изломы, вмятины, перекрутка кабеля в результате дефектов прокладки;
- пробой и вмятины от неаккуратной раскопки на кабельных трассах;
- коррозия свинцовой оболочки, вызванная действием блуждающих токов или химическим составом грунта;
- перегрев или старение изоляции.

Короткое замыкание, перегрев жил, смещение и осадка грунта приводят к обрыву токоведущих жил кабеля.

С целью определения места повреждения кабеля выявляют прежде всего вид повреждения и в зависимости от этого выбирают соответствующий метод измерения. В кабельных линиях низкого напряжения выявление вида повреждения осуществляют с помощью мегаомметра, которым измеряют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы кабельной линии по отношению к земле и между каждой парой жил. При определении целостности токоведущих жил мегаомметром предварительно устанавливают закоротку с одного конца кабеля.

Все рекомендуемые методы нахождения места повреждения кабельных линий разделяют на две группы: *относительные* и *абсолютные*. Относительные методы позволяют ориентировочно определить расстояние от места измерения до места повреждения непосредственно на трассе, но для проведения работ нужно абсолютным методом уточнить место раскопок.

В практике широко применяют следующие методы определения повреждений в силовых кабелях: абсолютные – *индукционный* и *акустический*, относительные – *импульсный*, *петлевой*, *колебательного разряда* и *емкостный*.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Все электрические машины устанавливают на промышленных предприятиях в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ). По исполнению и техническим характеристикам электрические машины должны соответствовать режиму работы и условиям окружающей среды.

В цехах (землеприготовительных, сталелитейных, гальванических и др.), где воздух непригоден для вентиляции продуваемых двигателей (пыль, влага, высокая температура и т. п.), забор охлаждающего воздуха должен производиться извне. Приток наружного воздуха на цели охлаждения в этих случаях должен быть не менее рекомендованного заводом-изготовителем. Попадание в двигатель пыли резко ухудшает условия его охлаждения, приводит к повышенному нагреву и ускоренному старению изоляции. Влажный воздух, используемый для охлаждения машины, снижает электрическую прочность изоляции и вызывает ее пробой.

Для каждого двигателя на напряжение выше 1000 В, а также для двигателей мощностью 40 кВт и выше независимо от рабочего напряжения на предприятии должна быть следующая техническая документация:

паспорт двигателя, протокол приемно-сдаточных испытаний (карта ремонта), принципиальные и монтажные (исполнительные) схемы управления, сигнализации и релейной защиты, технические акты о повреждениях двигателей, эксплуатационный журнал и другая техническая документация в объеме требований нормативных документов.

На каждом предприятии для каждого участка или цеха должна быть составлена местная инструкция по эксплуатации электрических машин.

В местных инструкциях указывают:

техническую характеристику установленных двигателей; порядок подготовки к пуску, последовательность операций пуска, останова и технического обслуживания во время нормальной эксплуатации и в аварийных режимах; порядок допуска к осмотру, ремонту и испытаниям двигателей, требования по технике безопасности, взрыво- и

пожароопасности, специфические рекомендации для каждой конкретной группы двигателей. Указания по режимам, периодичности осмотров и контролю за работой двигателей должны быть конкретными для каждого типа или группы эксплуатируемых двигателей. Местную инструкцию разрабатывают специалисты энергетической службы цеха и утверждает главный инженер пред предприятия. Инструкцию пересматривают не реже 1 раза в 3 года.

Надзор за нагрузкой двигателей, вибрацией, температурой подшипников и охлаждающего воздуха, уход за подшипниками (поддержание уровня масла) и устройствами для охлаждения электродвигателя, а также операции по пуску и остановке двигателей осуществляет технологический персонал цеха, обслуживающий механизмы.

Дежурный электротехнический персонал цеха периодически, в сроки, установленные графиком обходов-осмотров оборудования, обязан осматривать двигатели и контролировать режим их работы по всем показателям в объеме типовой инструкции.

На двигателях и приводимых ими механизмах должны быть нанесены стрелки, указывающие направление вращения. Опробование двигателей после ремонта или монтажа, для определения направления вращения осуществляют при отсоединенном приводном механизме.

Крышки подшипников и коробки выводов двигателей (особенно в запыленных помещениях) тщательно уплотняют, корпуса двигателей и металлические оболочки питающих кабелей – надежно заземляют.

Защиту электрических машин выполняют в соответствии с ПУЭ. Двигатели с принудительной смазкой подшипников, как правило, обеспечивают блокировкой, отключающей их при прекращении подачи смазки в подшипники или превышении допустимой температуры. На двигателях, имеющих принудительную вентиляцию, устанавливают защиту, действующую на сигнал и отключение двигателя при повышении его температуры выше допустимой или прекращении работы вентиляции.

Электродвигатели, у которых возможны систематические перегрузки по техническим причинам, снабжают защитой от перегрузки, действующей на сигнал, автоматическую разгрузку механизма или на отключение.

При отключении двигателя ответственного механизма под действием защиты и отсутствии резерва допускается повторное включение его после тщательной проверки схемы управления, защиты и самого двигателя.

У электрических машин постоянного тока сопротивление изоляции обмоток измеряют относительно корпуса, а бандажа – относительно корпуса и удерживаемых обмоток. При номинальном напряжении двигателя до 500 В включительно измерение производят мегаомметром на напряжение 500 В, а при номинальном напряжении выше 500 В – мегаомметром на напряжение 1000 В. В эксплуатации сопротивление изоляции обмоток измеряют вместе с соединенными с ними цепями и кабелями.

В процессе эксплуатации у отдельных электромашин возникают неисправности. Если при техническом обслуживании обнаруженную

неисправность устранить нельзя из-за сложности, то определяют, какому виду ремонта подлежит электрическая машина (текущему или капитальному).

Состояние соединительной муфты проверяют, обращая особое внимание на ее детали муфты. Поврежденные резиновые детали заменяют. Мегаомметром на 500 В измеряют сопротивление изоляции обмоток статора-электродвигателей единой серии относительно корпуса. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм при температуре 293 К (20°C). У электродвигателей, имеющих датчики температурной защиты, измеряют сопротивление изоляции цепи датчиков относительно обмотки статора и корпуса. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1 МОм. Тщательно осматривают доску зажимов.

При наличии сколов, трещин и обугливания поверхности доску заменяют. Следы перекрытия дугой зачищают шлифовальной шкуркой, обезжиривают уайт-спиритом или ацетоном и покрывают бакелитовым лаком или клеем БФ-2.

Снимают защитный кожух и продувают щеточный механизм сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа (2 атм). Очищают щеточный механизм сухим обтирочным материалом, а затем осматривают.

Биение проверяют индикатором часового типа. Коллектор при неровностях и биениях до 0,2 мм полируют, до 0,5 мм – шлифуют, превышающих 0,5 мм – протачивают при ремонте. Полировку проводят при номинальной частоте вращения вала машины мелкой стеклянной шкуркой № 180–200, наложенной на пригнанный по коллектору деревянный брусок, шлифовку и проточку выполняют на токарных станках.

При необходимости заменяют щетки:

марка щетки должна соответствовать данным завода-изготовителя машины и характеру ее работы;

траверсы устанавливают по заводским меткам на нейтраль;

в обойму щеткодержателя щетки вставляют свободно с зазором 0,1–0,4 мм в направлении вращения и 0,2–0,5 мм в направлении оси коллектора; радиальный зазор между контактными кольцами или коллектором и щеткодержателем должен быть равномерным и составлять не больше 2–4 мм.—

Пришлифовывают щетки по всей контактной поверхности, которая должна составлять не менее 80 % рабочей поверхности щетки. Нажатие щеток проверяют с помощью динамометра. Токоведущие гибкие щеточные жгуты надежно присоединяют к траверсе щеточного устройства, а сбегаящие края щеток каждой траверсы устанавливают на одной прямой, параллельной оси коллектора и ребрам коллекторных пластин. Регулируют механизм подъема щеток асинхронных электродвигателей с фазовым ротором так, чтобы подъем щеток происходил после замыкания колец накоротко; положения пуска и работы обозначают надписями у рукоятки подъема щеток. У электрических машин с принудительной вентиляцией воздухопроводы и камеры горячего воздуха, омываемые холодным воздухом,

покрывают листовым асбестом толщиной 5 мм, а затем – стальным листом; все швы и стыки уплотняют суконными или фетровыми прокладками, устанавливаемыми на лаке со стороны одного из фланцев.

Для смены смазки в электродвигателях защищенного исполнения снимают крышку подшипника, промывают его, закладывают свежую порцию смазки, вновь устанавливают крышку в прежнее положение и закрепляют ее болтами.

В электродвигателях закрытого обдуваемого исполнения подшипник, расположенный со стороны вентилятора, менее доступен для наружного осмотра. Для смены смазки в этом подшипнике снимают защитный кожух вентилятора, наружный вентилятор и крышку подшипника.

При техническом обслуживании асинхронных электродвигателей мощностью 4000 кВт и выше периодически проверяют и контролируют:

- затяжку фундаментальных болтов и все механические крепления;
- электрическую прочность изоляции обмоток от корпуса;
- заземление станины двигателя, а также оболочки питающего кабеля;
- воздушный зазор между статором и ротором;
- температуру активных частей электродвигателя.

Температура обмотки статора не должна превышать на 75°C , а обмотки ротора на 85°C температуру охлаждающего воздуха. При профилактических осмотрах (не реже 1 раза в 3 месяца) снимают шиты и производят тщательную очистку двигателя, прочищают лобовые части статорной и роторной обмоток, продувают чистым сжатым воздухом, выверяют воздушный зазор с обеих сторон. Во время работы наблюдают за состоянием смазки подшипников. Смазочные кольца не должны иметь как медленного, так и быстрого хода; масло из подшипников не должно попадать на обмотки. Для охлаждения используют воздух с температурой не выше 35°C при относительной влажности не выше 75 % не содержащий пыли и взрывоопасных примесей. Если окружающая температура низка, то при длительных остановках двигателя нужно его прогревать током или другим способом так, чтобы температура обмоток была не ниже $+5^{\circ}\text{C}$.

При обслуживании электродвигателя иногда обнаруживается вибрация. Возникает она в результате смещения линии валов агрегата при монтаже и ремонте или при посадке фундамента. Вибрация может быть также в результате короткого замыкания внутри статорной обмотки, из-за чего создается асимметрия магнитного поля.

Причиной вибрации может быть и плохая балансировка ротора в процессе ремонта. В этом случае нужно повторно произвести статическую и динамическую балансировку ротора.

Вибрация способствует ослаблению крепления двигателя на фундаменте, разработке подшипников. Она может привести к повреждению изоляции, короткому замыканию в обмотках и искрению под щетками.

Вибрацию электродвигателей измеряют с помощью ручного вибрографа типа ВР-1 или виброметра. Наиболее удобными при эксплуатации являются

вибрографы и виброметры, которые позволяют измерять вибрацию в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. По показаниям вибрографа можно судить не только о размерах вибрации, но и о частоте, а это легче позволяет определить причину вибрации – в этом их преимущество перед виброметрами.

О степени увлажнения изоляции машин судят по значениям сопротивления изоляции относительно корпуса и между обмотками, и по коэффициенту абсорбции (отношению R_{60}/R_{15} , где R_{60} и R_{15} сопротивления изоляции, отсчитанные спустя 60 с и 15 с после приведения в действие мегаомметра). Значение коэффициента абсорбции должно быть не ниже 1,3, при использовании для измерения мегаомметра на 2500 В.

Сушку изоляции проводят при температуре, близкой к максимально допустимой – 80–85°C.

При сушке двигателя периодически измеряют сопротивление изоляции обмоток и определяют коэффициент абсорбции для каждой обмотки. Полученные данные заносят в журнал сушки электродвигателя. Перед измерением сопротивления изоляции обмотку разряжают на землю не менее 2 мин, если незадолго до этого производилось измерение изоляции или испытание повышенным напряжением. Ввиду отсутствия нормальной вентиляции при сушке током, осуществляют повышенный контроль за нагревом двигателя, если при достижении наивысшей допустимой температуры нельзя уменьшить напряжение на зажимах статора, нужно периодически отключать напряжение, требуемая температура сушки будет поддерживаться путем устройства перерывов в подаче тока в статор.

Сушку двигателя заканчивают, если коэффициент абсорбции и сопротивление изоляции остаются неизменными в течение 3-5 час. при постоянной температуре. Обычно сушка двигателя, например АЗ-4500-1500, продолжается от 2-х до 4-х суток, в зависимости от состояния изоляции.

ОБСЛУЖИВАНИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И КТП

При осмотре силовых трансформаторов проверяют показания термометров и мановакууметров; состояние кожухов трансформаторов; отсутствие течи масла; наличие масла в маслonaполненных вводах; соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке; состояние изоляторов, маслоохлаждающих и маслосборных устройств, ошиновки и кабелей; отсутствие нагрева контактных соединений; исправности пробивных предохранителей и сигнализации; состояние сети заземления трансформаторного помещения.

Осмотры без отключения трансформаторов производят:

- 1 раз в сутки – в установках с постоянным дежурным персоналом.
- Не реже 1 раза в месяц – в установках без постоянного дежурного персонала.
- Не реже 1 раза в 6 мес.– на трансформаторных пунктах.

Внеочередные осмотры производят при резком изменении температуры наружного воздуха и при каждом отключении трансформатора от действия токовой или дифференциальной защиты.

Трансформатор выводят из работы при обнаружении:

- потрескивания внутри трансформатора и сильно неравномерного шума;
- ненормального и постоянно возрастающего нагрева трансформаторов при нормальной нагрузке и охлаждении;
- выброса масла из расширителя или разрыва диафрагмы выхлопной трубы;
- течи масла с понижением уровня его ниже уровня масломерного стекла;
- при необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных анализов. У трансформаторов мощностью 160 кВ·А и более масло подвергают непрерывной регенерации, осуществляемой в термосифонных фильтрах или путем периодического присоединения абсорбера.

Находящееся в эксплуатации изоляционное масло подвергают лабораторным испытаниям в следующие сроки:

- не реже 1 раза в 3 года для трансформаторов, работающих с термосифонными фильтрами (сокращенный анализ);
- после капитальных ремонтов трансформаторов и аппаратов;
- 1 раз в год для трансформаторов, работающих без термосифонных фильтров (сокращенный анализ).

Внеочередную пробу масла для определения температуры вспышки отбирают из трансформатора при обнаружении горючего газа в газовом реле трансформатора. В трансформаторах и аппаратах изоляционное масло при понижении электрической прочности, снижении химических показателей ниже норм на эксплуатационное масло, а также при обнаружении в нем механических примесей восстанавливают или заменяют.

Допустимость смешения разных масел при доливах его в трансформаторы мощностью 1000 кВ·А и более, а также смешение свежего и эксплуатационного масел должны подтверждаться лабораторным испытанием на выпадение осадка и стабильность.

Температура верхних слоев масла при номинальной нагрузке трансформатора и максимальной температуре охлаждающей среды (30°C – воздуха, 25°C – воды) не должна превышать:

- 70°C в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и воды;
- 75°C в трансформаторах с принудительной циркуляцией масла и воздуха;
- 95°C в трансформаторах с естественной циркуляцией воздуха и масла или принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла.

Допускается работа трансформаторов с дутьевым охлаждением масла с выключенным дутьем, если нагрузка меньше номинальной и температура верхних слоев масла не превышает 55°C и при минусовых температурах окружающего воздуха и температуре масла не выше 45°C, вне зависимости от нагрузки.

Отключенный релейной защитой трансформатор разрешается включать только после его осмотра, испытаний, проверки газа из газового реле и устранения неисправностей. В случаях ложного срабатывания газовой или дифференциальной защит допускается одно повторное включение трансформатора при отсутствии видимых внешних признаков его повреждения. Если отключение трансформатора произошло в результате действия защит, которые не связаны с его повреждением, можно включать трансформатор в сеть без его проверки.

Газовая защита может срабатывать ложно по следующим причинам:

- сотрясения трансформатора в результате воздействия больших токов перегрузки, проходящими по его обмоткам, а также сквозных токов короткого замыкания за трансформатором;
- ненормальной вибрации при пуске и остановке вентиляторов и циркуляционных насосов у трансформаторов с принудительными системами охлаждения от возникающих перетоков и толчков масла в трубопроводах;
- в результате несвоевременной доливке масла и снижения его уровня;
- неправильной установки трансформатора, при котором возможен значительный выброс воздуха через газовые реле, то же может быть и при доливке масла в трансформатор.

При очистке и регенерации масла и всех работах в масляной системе, проверке газовой защиты или ее неисправности, отключающий элемент газовой защиты должен быть переведен действием на сигнал.

Ввод газовой защиты в действие на отключение после вывода ее из работы производится через одни сутки, если не было скопления воздуха в газовом реле, в противном случае включение производят через сутки после прекращения выделения воздуха. Если уровень масла в масломерном стекле повысился очень высоко и быстро, нельзя до выяснения причины открывать пробки, прочищать дыхательную трубку без размыкания цепи отключения реле.

Если газовая защита сработала с действием на сигнал, в результате накопившегося в реле воздуха, необходимо выпустить воздух из реле и перевести цепь отключения защиты на сигнал. При отключении трансформатора от газовой защиты и обнаружении при проверке в реле горючего газа – повторное отключение трансформатора запрещается.

По изменению показателей трансформаторного масла можно судить о причинах нарушений работы электрических маслонаполненных аппаратов и своевременно принять меры, предотвращающие аварию.

Свежее – трансформаторное масло, залитое в электроаппарат, должно иметь светло-желтый цвет. В процессе эксплуатации цвет масла темнеет под влиянием нагрева, загрязнений и образующихся при окислении смолы осадков. Свежее масло может приобрести темный цвет от загрязнения при транспортировке или в результате недостаточно хорошей очистки. Если при эксплуатации масло быстро потемнело, то это произошло по причине чрезмерного его перегрева или от образующегося в нем углерода. Цвет масла не является показателем брака и действующими инструкциями не нормируется, но служит для ориентировочной оценки качества масла при обслуживании маслonaполненных электроустановок. Загрязнение масла может происходить от попадания в него в результате растворения лаков, красок, бакелитовой и хлопчатобумажной изоляции, образования углерода от горения электрической дуги, шлака от старения масла. Появление в трансформаторном масле осадков и примесей опасно тем, что они, будучи сильно гигроскопичными, при отложениях на поверхности изоляции трансформаторов, способствуют короткому замыканию.

Если визуально определено, что масло содержит примеси в виде осадка, оно должно быть подвергнуто фильтрации или центрифугированию.

Вода в масле появляется при его старении или в результате разгерметизации аппарата. Она может содержаться в трех видах:

- растворенная вода (появляется от попеременного нагрева и охлаждения масла);
- осажденная (на дне резервуара);
- взвешенная в виде капелек в масле или в виде эмульсии.

Важным качественным показателем трансформаторного масла является температура вспышки.

Однако следует помнить, что температура масла очень приблизительно отражает действительную температуру обмоток трансформатора. В масле при регенерации может остаться некоторое количество серной кислоты или щелочи. Кислоты могут образовываться в масле и в результате окисления его при эксплуатации. Водорастворимые кислоты и щелочи в масле приводят к резкому ухудшению его качества.

Низкомолекулярные кислоты вызывают коррозию металлов и старение изоляции. Наличие кислот характеризуют кислотным числом-количеством миллиграммов едкого натрия, необходимого для нейтрализации всех свободных кислот в 1 г масла.

ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

В настоящее время наиболее широкое распространение получили комплектные РУ (КРУ) напряжением 3–10 кВ заводского изготовления.

Во время осмотра обращают внимание на: состояние помещения (исправность дверей, вентиляции, отопления, запоров); исправность сети

освещения и заземления; наличие средств безопасности; уровень масла в цилиндрах выключателей; состояние изоляции, приводов, механизмов блокировки разъединителей, первичных разъединяющих контактов, механизмов доводки; состояние контактных соединений; наличие смазки на трущихся частях механизмов; надежность соединения рядов зажимов, переходов вторичных цепей на дверцы; плотность затяжки контактных соединений вторичных цепей; действие кнопок местного управления выключателей.

Вся изоляция КРУ рассчитана на напряжение 10 кВ и при эксплуатации при 6 кВ имеет повышенную надежность. При эксплуатации КРУ запрещается отвинчивать съемные детали шкафа, поднимать и открывать автоматические шторки руками при наличии напряжения.

Проверку исправности помещений РУ, дверей и окон; отсутствия течи в кровле и междуэтажных перекрытиях; исправности замков, средств безопасности, отопления, вентиляции, освещения, заземления; уровня и температуры масла в аппаратах, отсутствия течи в них; контактов, изоляции (трещины, запыленность и т. п.), ошиновки производят без отключения РУ:

1 раз в сутки – на объектах с постоянным дежурным персоналом;

не реже 1 раза в месяц – на объектах без постоянного дежурного персонала;

не реже 1 раза в 6 мес. – на РУ, совмещенных с трансформаторными подстанциями.

В выкатных КРУ для проведения работ отключают выключатель разъединителями, встроенными в КРУ, заземляют отходящую линию, устанавливают тележку в ремонтное положение и проверяют нижние разъединяющие контакты на отсутствие напряжения. Далее включают заземляющий разъединитель и устанавливают тележку в испытательное положение (если нет необходимости вести работы внутри шкафа). Смену предохранителей в шкафу трансформатора собственных нужд производят при снятой нагрузке.

Выкатка тележки с выключателем и установка ее в рабочее положение являются операциями по отключению и включению присоединения; они производятся только лицами, выполняющими оперативные переключения или под их руководством. Установка тележки в рабочее положение возможна только при отключенном заземляющем разъединителе.

В шкафах КРУ, где связь вторичных цепей выкатной тележки с корпусом осуществляется штепсельным разъемом, для правильного расположения вставки по отношению к колодке ее устанавливают так, чтобы штепсельное соединение было со стороны фасада шкафа и против него. На вставке и колодке наносят риски красного цвета. При полном сочленении разъема соединительную гайку навинчивают до положения, когда остается один виток разъема. При этом штырь входит в гнездо примерно на 6 мм, чем обеспечивается надежное сочленение разъема.

ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Осмотр РУ напряжения до 1000 В осуществляют не реже 1 раза в 3 месяца или в сроки, предусмотренные местной инструкцией. При техническом обслуживании осматривают и очищают РУ от грязи и пыли, проверяют соответствия фактических условий работы аппаратов их номинальным техническим параметрам.

Для очистки аппаратов от грязи снимают кожух или крышку и сдувают пыль сжатым воздухом. Копоть и масляные пятна удаляют обтирочным материалом, смоченным уайт-спиритом или бензином.

У металлических корпусов и кожухов аппаратов места заземления осматривают и проверяют затяжку болтов или гаек.

Проверяют также крепления контактных соединений в аппаратах. Контакты, имеющие цвета побежалости, окисление или потемнение, разбирают, зачищают до металлического блеска шлифовальной шкуркой или надфилем, собирают и затягивают. Осматривают контактные поверхности ножей и губок рубильников. Несколькими включениями и выключениями ножей удаляют следы окислов с контактных поверхностей. Места подгорания, наплывы и брызги металла зачищают напильником с мелкой насечкой.

Детали уплотнения аппаратов осматривают, поврежденные заменяют новыми.

Магнитный пускатель включают вручную, убеждаются в свободном ходе подвижной системы, наличии контакта между подвижными и неподвижными контактами, отсутствии переносов контактной системы, исправности контактных пружин. Пружины, потерявшие упругие свойства или имеющие повреждения, заменяют.

Несколько раз включают и отключают автоматический выключатель вручную. Скорость включения и выключения выключателя не должна зависеть от скорости движения рукоятки или кнопок. Шарнирные механизмы смазывают маслом для приборов.

Установочные автоматы после каждого отключения ими тока короткого замыкания осматривают при снятой крышке, не ожидая очередного осмотра. Крышку максимального расцепителя без необходимости снимать не следует. В расцепителе нельзя переставлять регулировочные винты, подгибать или подпиливать биметаллические элементы и т. п. При обычных условиях выключатель следует осматривать со съемом крышки 1 раз в 6 мес.

При осмотре дугогасительных камер магнитных пускателей и автоматических выключателей удаляют обтирочным материалом, смоченным в уайт-спирите или бензине, копоть. Брызги металла на деионных решетках счищают надфилем.

Измеряют толщину металлокерамического слоя контактов. При толщине металлокерамического слоя менее 0,5 мм контакты заменяют.

Осматривают катушку магнитного пускателя, убеждаются в отсутствии повреждений внешнего покрытия обмотки, а также подтеканий покровного лака в результате перегрева. Проверяют плотность посадки катушки на сердечник.

Проверяют состояние магнитной системы и короткозамкнутого витка. Контактные поверхности магнитопровода очищают обтирочным материалом. Коррозию на других поверхностях магнитопровода удаляют шлифовальной шкуркой и покрывают лаком воздушной сушки. Осматривают нагревательный элемент. При короблении, выгорании металла или замыкании витков элемент подлежит замене. Биметаллическую пластину заменяют при деформации и обгорании. После замены нагревательного элемента или биметаллической пластины реле подключают к прибору или схеме, позволяющим плавно регулировать значение испытательного тока.

ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

При обслуживании осветительных электроустановок нужно знать, что в нормальном режиме в сетях электрического освещения напряжение не должно снижаться более чем на 2,5 % и повышаться более чем на 5 % номинального напряжения лампы. Для отдельных наиболее отдаленных ламп аварийного и наружного освещения допускается снижение напряжения на 5 %. В аварийном режиме допускается снижение напряжений на 12 % для ламп накаливания и на 10 % для люминесцентных ламп. Частота колебаний напряжения в осветительных сетях; при отклонении от номинального на 1,5 % не ограничивается; от 1,5 до 4 % – не должна повторяться более 10 раз в 1 ч; более чем на 4 % – допускается 1 раз в 1 ч. Эти требования не распространяются на лампы местного освещения.

Лекция 15. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

РЕМОНТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

При текущих ремонтах ВЛ напряжением выше 1000 В выполняют:

верховые осмотры ВЛ; проверку состояния установки опор (отклонения, перекосы элементов и пр.), прочности соединительных мест, состояния противогнилостных мероприятий, бандажей, стрел провеса проводов, наличие опознавательных знаков и предупредительных плакатов; перетягивание отдельных участков сети, ремонт опор, поддерживающих конструкций; замена поврежденных изоляторов и сгнивших элементов отдельных опор;

ревизию и ремонт разрядников;
расчистку просек;
измерение изоляции, определение падения напряжения, нагрева соединителей.

При капитальных ремонтах ВЛ напряжением выше 1000 В выполняют:
ремонт фундаментов опор;
плановую замену после многолетней работы до 50 % опор и их конструктивных элементов;
ревизию и замену некондиционных проводов, полная перетяжка линии;
частичную замену фарфоровых изоляторов;
выправление опор;
проверка наличия трещин в железобетонных опорах и приставках;
восстановление противогнилостных обмазок;
испытание ВЛ в соответствии с ПТЭ и ПТБ.

Крен железобетонных опор на трассе можно устранять, не снимая напряжения с линии, если величина крена не превышает 20° , а скорость ветра – 10 м/с. Выправку как вдоль, так и поперек линии производят путем создания тяжения по тяговому тросу в сторону, противоположную крену опоры. Усилие в тяговом тросе увеличивают после откопки основания опоры на нужную глубину.

Ремонт проводов. При обнаружении повреждения провода на этом месте ставят метку и сообщают бригадиру, который определяет способ ремонта и организует его.

При обрыве до 30 % проволок на место их повреждения устанавливают ремонтную муфту, а если повреждено более 30 % проволок, то провод разрезают и соединяют с помощью овального соединителя методом скручивания (можно применять термитную сварку). Расстояние между ремонтными муфтами, соединителем и ремонтной муфтой, а также двумя соединителями должно быть не менее 15 м.

Количество соединителей и муфт на одном проводе в пролете должно быть не более трех, в том числе не более двух соединителей и одной ремонтной муфты. В пролетах пересечения ВЛ с инженерными сооружениями установку соединителей и муфт не допускают.

РЕМОНТ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Сроки и объемы капитального ремонта линий электропередач устанавливают по результатам осмотров, измерений и испытаний. В работы по капитальному ремонту входят смена опор, пасынков, траверс, проводов. При ремонтах нельзя изменять конструкцию опоры без соответствующего расчета.

При текущем ремонте производят выправку опор, подтяжку и смену бандажей, подтяжку и регулирование провеса проводов, смену изоляторов и др.

Повреждения носят характер электрического пробоя.

При *текущем* ремонте КЛ выполняют следующие работы: осмотр и чистку кабельных каналов, туннелей, трасс открыто проложенных кабелей, концевых воронок, соединительных муфт, рихтовка кабелей, восстановление утраченной маркировки, определение температуры нагрева кабеля и контроль за коррозией кабельных оболочек;

проверку заземления и устранение обнаруженных дефектов; проверку доступа к кабельным колодцам и исправности крышек колодцев и запоров на них;

перекладку отдельных участков кабельной сети, испытание повышенным напряжением (для кабелей напряжением выше 1 кВ или проверка изоляции мегаомметром для кабелей ниже 1 кВ), доливку кабельной мастикой воронок и соединительных муфт, ремонт кабельных каналов.

При капитальном ремонте КЛ выполняют: частичную или полную замену (по мере необходимости) участков кабельной сети, окраску кабельных конструкций, переразделку отдельных концевых воронок, кабельных соединительных муфт, замену опознавательных знаков, устройство дополнительной механической защиты в местах возможных повреждений кабеля.

РЕМОНТ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

При текущем ремонте трансформаторов производят наружный осмотр трансформатора и всей арматуры: спуск грязи из расширителя; доливку масла (в случае необходимости); проверку маслоуказательных устройств, спускного крана и уплотнений, пробивных предохранителей у трансформаторов с незаземленным нулем с низкой стороны, рабочего и защитного заземления, сопротивления изоляции обмоток, испытание трансформаторного масла, проверку газовой защиты.

При капитальном ремонте трансформаторов производят вскрытие трансформатора; подъем сердечника и осмотр его; ремонт выемной части (стали, обмотки, переключателей, отводов); ремонт крышки расширителя, кранов, изоляторов, охлаждающих и маслоочистительных устройств; чистку и в случае необходимости окраску кожуха; проверку контрольно-измерительных приборов, сигнальных и защитных устройств; очистку или замену масла; сушку изоляции; сборку трансформатора, проведение установленных измерений и испытаний трансформатора.

Условия вскрытия и ревизии. Изоляцию трансформатора, выведенного в ремонт, предварительно испытывают мегаомметром для определения необходимости сушки. Чтобы избежать увлажнения изоляции в процессе ремонта, активную часть трансформатора можно держать вне масла; при

температуре окружающего воздуха 0°С или при относительной влажности выше 75 % – 12 ч, при влажности 65–75 % – 16 ч, и при влажности до 65 % – 24 ч. Трансформатор вскрывают для ревизии при температуре активной части, равной или выше температуры окружающей среды. При температуре окружающего воздуха ниже нуля трансформатор с маслом подогревают до 20°С. У сухих трансформаторов температура, измеренная на ярме, должна быть не ниже 10°С. Время нахождения активной части вне масла при ремонте может быть увеличено вдвое по сравнению с указанными выше нормами при температуре окружающего воздуха выше 0°С, влажности ниже 75 % и температуре активной части не менее чем на 10°С выше температуры окружающего воздуха. Влажность воздуха измеряют психрометром или двумя термометрами, один из них увлажняют смоченной ватой. По разности показаний сухого и увлажненного термометров определяют влажность воздуха в процентах, пользуясь психрометрической таблицей.

РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

При текущем ремонте электрических машин выполняют следующие работы:

проверку степени нагрева корпуса и подшипников, равномерности воздушного зазора между статором и ротором, отсутствия ненормальных шумов в работе электродвигателя;

чистку и обдувку электродвигателя без его разборки, подтяжку контактных соединений у клеммных щитков и присоединении проводов, зачистку колец и коллекторов, регулирование и крепление траверсы щеткодержателя, восстановление изоляции у выводных концов, смену электрощеток;

смену и долив масла в подшипники.

При необходимости производят:

полную разборку электродвигателя с устранением повреждений отдельных мест обмотки без ее замены;

промывку узлов и деталей электродвигателя; замену неисправных пазовых клиньев и изоляционных втулок, мойку, пропитку и сушку обмотки электродвигателя, покрытие обмотки покрывным лаком, проверку крепления вентилятора и его ремонт, проточку шеек вала ротора и ремонт беличьей клетки (в случае необходимости), смену фланцевых прокладок; замену изношенных подшипников качения;

промывку подшипников скольжения и при необходимости их перезаливки, при необходимости заварку и проточку крышек электродвигателя, частичную пропайку петушков; проточку и шлифование колец; ремонт щеточного механизма и коллектора; проточку коллектора и его продоруживание; сборку и проверку работы электродвигателя на холостом ходу и под нагрузкой.

При капитальном ремонте производят следующие работы: полную или частичную замену обмотки; правку, протирку шеек или замену вала ротора; переборку колец или коллектора; балансировку ротора; замену вентилятора и фланцев; полную пропайку петушков; чистку, сборку и окраску электродвигателя и испытание его под нагрузкой.

Определение состояния деталей и назначение вида ремонта. Дефектацию производят до разборки, в процессе разборки и после разборки. Дефектационные операции, выполняемые до разборки: внешний осмотр; ознакомление с дефектами по документации; предремонтные испытания на режиме холостого хода, если это возможно.

До включения в сеть проверяют состояние вала, подшипниковых щитов, подшипников, отсутствие задевания ротора за статор, наличие смазки, целостность фаз; состояние выводных концов и клеммного щитка; сопротивление изоляции обмоток.

При удовлетворительных результатах испытаний включают электродвигатель на 30 мин под напряжение, замеряют пофазно силы тока холостого хода, проверяют шумы электродвигателя, работу коллектора, нагрев подшипников, величину вибрации и др.

В контрольно-дефектационные операции, проводимые в процессе разборки, входят: измерение величины воздушных зазоров между железом статора и ротора (якоря) в четырех точках, отстоящих друг от друга на 90°; измерение разбега вала в подшипниках скольжения; определение зазоров в подшипниках скольжения и качения; выявление неисправности других деталей.

В процессе разборки нельзя допускать повреждений или поломки разбираемых отдельных узлов и деталей или частей электрических машин. Детали, сопряженные между собой с натягом, снимают универсальными съемниками. Рабочие и посадочные поверхности узлов и деталей разбираемых электрических машин предохраняют от повреждений.

Лекция 16. ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ОБЪЁМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ

Цель испытаний электроустановок – выявление скрытых дефектов узлов и деталей, определить повреждение которых внешним осмотром трудно или просто невозможно. Испытания сокращают количество внезапных отказов и повышают эксплуатационную надежность электроустановок. Электроустановки подвергают профилактическим испытаниям при «ТО», не связанным с выводом оборудования в ремонт, испытаниям при текущем «Т» и капитальном «К» ремонтах.

Электрические машины и аппараты испытывают переменным током частотой 50 Гц путем приложения повышенного напряжения в течение 1

мин. Величину испытательного напряжения устанавливают в зависимости от номинального напряжения электроустановки.

Обмотки статоров электродвигателей напряжением до 660 В и мощностью до 40 кВт и изоляцию аппаратов, вторичных цепей и электропроводок напряжением до 1000 В испытывают напряжением 1000 В. Испытания электродвигателей в процессе ремонта проводят после укладки обмотки и пайки схемы; после пропитки и сушки обмоток статоров, фазных роторов; после сборки машины.

При испытаниях проверяют сопротивление изоляции между фазами обмотки; между проводниками обмотки и корпусом; величину сопротивления проводников обмоток постоянному току по фазам в практически холодном состоянии; коэффициент трансформации для двигателей с фазным ротором; потери холостого хода и короткого замыкания. Результаты испытаний двигателя после ремонта заносят в формуляр.

При капитальном ремонте трансформаторов с частичной сменой обмоток испытательное напряжение выбирают в зависимости от того, сопровождалась ли замена части обмоток их снятием с сердечника или нет. Наибольшую величину испытательного напряжения при частичном ремонте принимают равной 90 % напряжения, принятого заводом.

При капитальном ремонте без смены обмоток и изоляции или со сменой изоляции, но без смены обмоток испытательное напряжение принимают равным 85 % заводского испытательного напряжения.

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ

У силовых трансформаторов сопротивление обмоток постоянному току измеряют методом падения напряжения (с помощью амперметра и вольтметра) или мостовым. Измерения производят при установившейся температуре обмоток, которая должна быть указана в протоколе испытаний. Сила тока в обмотках должна быть не более 20 % номинальной. Обычно сопротивление измеряют при напряжении до 15 В и силе тока 10 А. Источниками тока служат аккумуляторные батареи.

Приборы, применяемые при измерении, имеют класс точности не ниже 0,5. Пределы измерения приборов должны быть выбраны такими, чтобы отсчеты производились по второй половине шкалы. Для исключения ошибок, обусловленных индуктивностью обмоток, сопротивления измеряют только при вполне установившейся силе тока.

Коэффициент трансформации измеряют методом двух вольтметров, один из которых присоединяют к обмотке низшего напряжения, а другой – высшего. Проверку группы соединения обмоток производят одним из следующих методов: а) двумя вольтметрами; б) постоянным током (полярометром); в) фазометром (прямым методом).

Для определения группы соединения обмоток применяют однофазный фазометр, у которого последовательную обмотку присоединяют через реостат к зажимам одной из обмоток трансформатора, а параллельную обмотку – к одноименным зажимам другой обмотки испытуемого трансформатора. К одной из обмоток трансформатора подводят пониженное напряжение, достаточное для работы фазометра. Фазометр показывает угол сдвига между первичным и вторичным направлением, т. е. группу соединений обмоток.

Испытание изоляции стяжных болтов и ярмовых балок у трансформаторов мощностью до 630 кВ•А включительно производится мегаомметром на 1000 В, а у трансформаторов мощностью 1000 кВ•А и выше – от испытательного трансформатора мощностью не менее 1 кВ•А. Испытание проводят приложенным напряжением 2000 В переменного тока.

Силу тока и потери холостого хода измеряют приложением номинального напряжения номинальной частоты практически синусоидальной формы к обмотке низшего напряжения при разомкнутых остальных обмотках. За номинальное напряжение трехфазной системы принимают напряжение, подводимое к крайним фазам А и С. Ток холостого хода трансформатора определяют как среднее арифметическое значение токов трех фаз.

Механическую прочность деталей проверяют путем 10-кратного кратковременного (0,3–0,5 с) короткого замыкания зажимов вторичной обмотки трансформатора электромеханическим контактором, соединенным с зажимами медными проводами общей длиной 5 м и сечением, соответствующим номинальной плотности сварочного тока около 5 А/мм². При испытании регулятор сварочного тока устанавливают в положение, соответствующее максимальному току. Работоспособность трансформатора проверяют включением его на номинальную нагрузку. Отсутствие повреждений и деформаций деталей проверяют путем внешнего осмотра.

Проверку пределов регулирования сварочного тока регулятором и определение сопротивления изоляции при испытаниях производят после работы трансформатора под номинальной нагрузкой в течение 10 мин при температуре окружающего воздуха плюс $20 \pm 5^\circ\text{C}$ и номинальных сварочном и первичном напряжениях. Для контроля напряжений включают в цепь первичной обмотки вольтметр, а в цепь вторичной обмотки – вольтметр, амперметр и балластный реостат.

Напряжение холостого хода проверяют при настройке трансформатора на максимальный сварочный ток и номинальном первичном напряжении. Сопротивление изоляции обмоток на корпус и между обмотками должно быть не менее 2,5 МОм.

Электрическую прочность изоляции обмоток трансформатора относительно корпуса и между обмотками проверяют синусоидальным напряжением 2500 В при частоте 50 Гц в течение 1 мин.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ
учебно-методического комплекса
по дисциплине «**Монтаж, наладка и эксплуатация**
электрооборудования»
для специальности 1-43 01 03 «**Электроснабжение (по отраслям)**»

Кафедра «Электроснабжение»

МОНТАЖ, НАЛАДКА
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Лабораторные работы (практикум)
для студентов специальности
1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»
специализации 1-43 01 03 01 «Электроснабжение
промышленных предприятий»

Минск
2012

УДК 621.31.035.9(076.5)
ББК 31.29я7
М 77

Составители:

А.Н. Лобусь, А.А. Гончар

Рецензенты:

В.А. Булат, А.С.Красько

Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: лабораторные работы (практикум) для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» специализации 1-43 01 03 01 «Электроснабжение промышленных предприятий» / сост.: А.Н. Лобусь, А.А. Гончар. - Минск: БНТУ, 2012. - 49 с.

ISBN 978-985-525-721-0.

Лабораторный практикум соответствует программе курса дисциплины «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» и включает 8 лабораторных работ для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» специализации 1-43 01 03 01 «Электроснабжение промышленных предприятий».

СОДЕРЖАНИЕ

Техника безопасности

Лабораторная работа № 1. Измерение сопротивления заземлителей

Лабораторная работа № 2. Испытание электродвигателя с коммутационными аппаратами после монтажа

Лабораторная работа № 3. Испытание конденсаторов для повышения коэффициента мощности

Лабораторная работа № 4. Определение и устранение неисправностей автоматизированных электроприводов

Лабораторная работа №5. Испытание асинхронного электродвигателя после ремонта

Лабораторная работа № 6. Испытание трансформаторов после ремонта

Лабораторная работа № 7. Наладка и испытание схем учета электрической энергии

Лабораторная работа № 8. Изучение методов определения мест повреждения в кабельных линиях

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Общие положения

Помещение лаборатории относится к классу повышенной опасности. Ее создают токопроводящие части клемм и выводов лабораторного оборудования, которые будут находиться под напряжением 230 или 400 В переменного тока.

К выполнению работ с применением измерительных приборов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке обучение, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда, имеющие соответствующую группу по электробезопасности.

Студент обязан соблюдать требования инструкции по технике безопасности (далее ТБ) выполнять только ту работу, которая ему поручена и безопасные способы выполнения которой ему известны. При необходимости следует обратиться к непосредственному руководителю за разъяснением.

Студенты допускаются к выполнению лабораторных работ после прохождения инструктажа на рабочем месте и личной подписи в журнале регистрации инструктажа. Допуск студентов к выполнению лабораторных работ возлагается на преподавателя, ведущего данные работы.

Преподаватели, учебно-вспомогательный персонал и студенты должны уметь оказывать первую помощь при поражении электрическим током.

Правила ТБ перед началом работы

Перед началом работы необходимо:

1. Подготовить рабочее место, убрать все лишние предметы, не загромождая при этом проходы.
2. Ознакомиться с режимом работы оборудования (стенда) и измерительных приборов. Ознакомиться с электрической схемой оборудования (стенда) и правильности подключения измерительных приборов к нему.
3. Произвести внешний осмотр и проверить:
 - исправность кабеля (шнура), его защитной трубки и штепсельной вилки;
 - целостность изоляционных деталей корпусов измерительных приборов;
 - наличие защитных кожухов и их исправность;
 - наличие защитного заземления (зануления);
 - четкость работы выключателя;
 - устойчивость положения измерительных приборов на рабочем месте;
 - надежность контактов на всех измерительных приборах и аппаратах;
 - пусковую и защитную аппаратуру (рубильники, выключатели, магнитные пускатели, предохранители, автоматы и т. д.) должны быть закрытого типа, чтобы исключить возможность прикосновения к токоведущим частям.

Об обнаруженных неисправностях студент обязан сообщить непосредственно преподавателю и до их устранения к работе не приступать.

Правила ТБ во время работы

В учебной лаборатории кафедры «Электроснабжение» работы осуществляются под руководством преподавателя и инженера из состава учебно-вспомогательного персонала.

Студенты могут приступить к выполнению лабораторной работы только с разрешения преподавателя.

Количество студентов, выполняющих одну и ту же лабораторную работу, должно составлять не менее двух человек.

Студенты должны выполнять лабораторные работы на закрепленных за ними учебных местах. Переход на другое место без разрешения преподавателя не разрешается. Собирать электрическую схему и проводить в ней различные переключения разрешается только при снятом напряжении.

По окончании сборки схемы доложить преподавателю (инженеру из состава учебно-вспомогательного персонала) о готовности к выполнению лабораторной работы.

Преподаватель проверяет правильность собранной схемы и в случае отсутствия замечаний дает разрешение на выполнение лабораторной работы.

Если при выполнении лабораторной работы срабатывает защита или перегорают предохранители, необходимо:

- прекратить выполнение лабораторной работы;

- доложить преподавателю о случившемся. Дальнейшее выполнение лабораторной работы возможно после устранения неисправности и только с разрешения преподавателя.

При возникновении каких-либо вопросов необходимо прекратить выполнение лабораторной работы, снять напряжение питания со схемы и обратиться за разъяснением к преподавателю (инженеру из состава учебно-вспомогательного персонала).

Во время выполнения работ студентам следует быть предельно внимательными, осторожными, не отвлекаться и не оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением.

Правила ТБ после работы

По окончании выполнения лабораторной работы студент должен получить разрешение от преподавателя на разборку схемы.

При разборке схемы необходимо аккуратно сложить все переносные принадлежности и оборудование, привести в порядок рабочее место.

Запрещается

Выполнять лабораторную работу одному.

Согласно правилам внутреннего распорядка БНТУ, утвержденным приказом ректора от 27.05.02 № 2208 студентам запрещается:

- приносить и распивать алкогольные, спиртосодержащие напитки и пиво;

- распространять, хранить и употреблять токсические и наркотические вещества;

- находиться в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения;

- находиться в помещениях БНТУ в верхней одежде, головных уборах;

- использовать средства мобильной связи во время проведения занятий;

- находиться без разрешения преподавателя в лаборатории во время, не установленное расписанием учебных занятий своей группы (подгруппы).

При выполнении лабораторных работ запрещается:

- прикасаться к электrorаспределительным щитам, электропроводке, арматуре общего освещения и другим токоведущим частям;

- тянуть за шнур электроприбора при отсоединении вилки из розетки;

- выполнять работы при появлении дыма или запаха, характерного для горячей изоляции;

- самостоятельно устранять возникшие неисправности в работе электроустановок.

Лабораторная работа №1

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Цель работы: изучить методику расчета заземлителя; измерить сопротивление заземлителя.

Приборы и инструмент: тестер.

Краткие теоретические сведения

При монтаже все металлические нетокопроводящие части электроустановок, которые случайно могут оказаться под напряжением, подлежат заземлению. Такое намеренное заземление называется защитным.

Принцип защиты с помощью заземления состоит в том, чтобы уменьшить напряжение на корпусе электрооборудования при замыкании на него тока в случае повреждения электрической изоляции. Токи замыкания на корпус электрооборудования отводятся в землю через заземлитель и заземляющие проводники. Совокупность заземлителя и заземляющих проводников называется *заземляющим устройством*.

Каждое заземляющее устройство имеет паспорт, в котором указана его схема, основные расчётные данные, сведения о замерах сопротивления. Согласно Правилам технической эксплуатации электроустановок сопротивление заземляющего устройства должно измеряться после монтажа при вводе в эксплуатацию и периодически (например, для цеховых электроустановок не реже одного раза в год). Согласно существующим нормам сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом.

Существует ряд способов измерения сопротивления защитного заземления. Наиболее простым, удобным и достаточно точным является метод амперметра – вольтметра. Сущность его состоит в следующем. Измеряется ток I_x , проходящий через заземляющее устройство, и напряжение по отношению к достаточно удаленной точке земной поверхности – зонду (рис. 1.1).

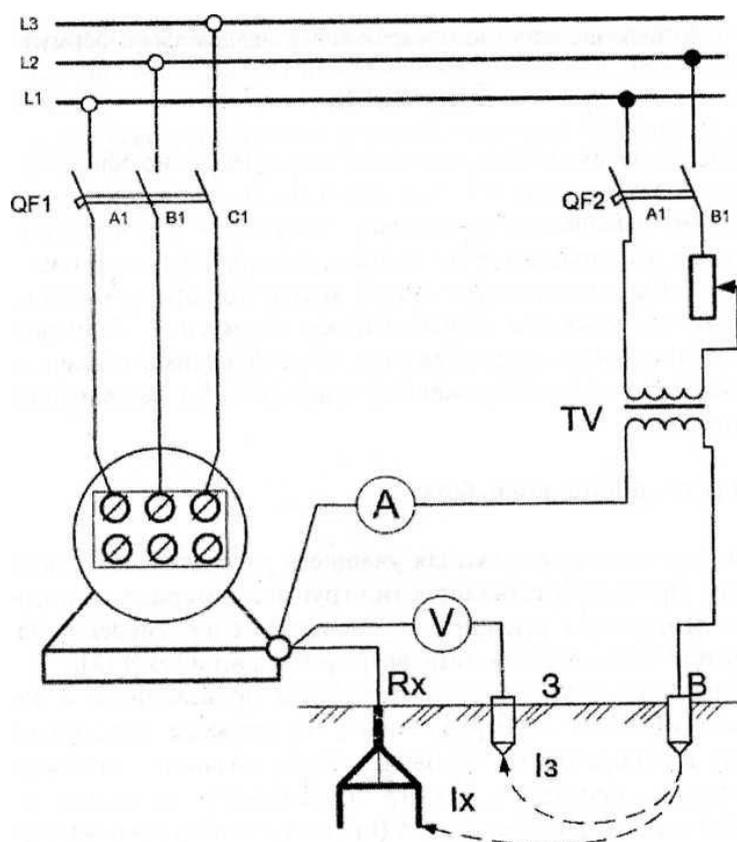


Рис. 1.1. Схема измерения сопротивления заземлителя по методу амперметра-вольтметра

Вспомогательный заземлитель «В» и зонд «З» устанавливают на таком расстоянии друг от друга и от испытуемого защитного заземления « R_x », чтобы их поля растекания не накладывались. Измеряемый ток « I_x » проходит через испытуемое защитное заземление « R_x » (заземлитель). Падение напряжения на этом защитном заземлении измеряется вольтметром V .

Сопротивление защитного заземления вычисляется по формуле

$$R_x = U_a / I_x. \quad (1.1)$$

Следует иметь в виду, что защитное заземление эффективно в том случае, если ток замыкания на землю не увеличивается с уменьшением сопротивления заземления. Это возможно в сетях с изолированной нейтралью, где при глухом заземлении на землю или на заземленный корпус ток практически не зависит от величины сопротивления заземления. Защитное заземление применяется также в сетях с большими токами на землю, т. е. в сетях напряжением выше 1000 В с заземленной нейтралью.

План выполнения работы

По заданию преподавателя учащиеся рассчитывают заземлитель. При этом учитывается тип грунта и материал, из которого изготовлены заземлители. Расчетное сопротивление заземлителя должно соответствовать требованиям ПУЭ [2].

Испытание заземляющего устройства производится с помощью омметра непосредственно на примере заземления стенда в лабораторных условиях. Перед началом испытания необходимо произвести осмотр технической состоянием заземляющего устройства стенда (произвести внешний осмотр; проверить наличие цепи между корпусом стенда и контуром заземления лаборатории; измерить сопротивление заземляющего устройства (от корпуса стенда до шины заземления на силовом щите лаборатории).

По завершении испытаний следует сделать заключение о соответствии заземляющего устройства нормам ПУЭ.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы измерения сопротивления заземлителя? Нарисовать электрическую схему одного из них.
2. Для чего проводят измерение сопротивления петли фаза- нуль?
3. На каком принципе основаны защитные функции заземления?

Лабораторная работа №2

ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОММУТАЦИОННЫМИ АППАРАТАМИ ПОСЛЕ МОНТАЖА

Цель работы: получение навыков монтажа электрооборудования по монтажным чертежам; изучить методику проверки электрооборудования для управления работой электродвигателя.

Приборы и инструмент: отвертка, паяльник, тестер.

Краткие теоретические сведения

Наиболее широкое распространение во всех отраслях промышленности, строительства и сельского хозяйства имеют асинхронные электродвигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором. Электродвигатели характеризуются номинальными данными, которые указаны в их паспортах: мощностью, напряжением, током статора, кратностью пускового тока, коэффициентом мощности, частотой вращения ротора, номинальным вращающим моментом [3].

Смонтированный и установленный на рабочее место электродвигатель проверяют при работе вхолостую и под нагрузкой; при необходимости подвергают испытанию. Управление, регулирование и защиту электрических машин осуществляют с помощью электрических аппаратов. Аппараты, применяемые для управления электрическими цепями, подразделяются на неавтоматические и автоматические [4]. К автоматическим аппаратам относятся: контакторы, магнитные пускатели, автоматические выключатели, которые управляются дистанционно или действуют автоматически при изменении установленного режима работы электродвигателей или питающей сети.

Учащемуся необходимо уметь хорошо разбираться в схемах, знать устройство электродвигателей и аппаратов и уметь осуществлять сборку схем управления, а при необходимости производить соответствующие испытания и измерения.

План выполнения работы

Записать паспортные данные асинхронного электродвигателя (см. табличку на корпусе электродвигателя) и ознакомиться с пусковой аппаратурой (записать их полное обозначение и основные данные).

Для выполнения работы необходимо смонтировать электрическую схему, приведенную на рис. 2.1. Исследования в данной работе производятся на основе асинхронного электродвигателя М1. Для управления работой электродвигателя используются следующие коммутационные аппараты:

-автоматический выключатель QF1 - для подключения схемы управления к питающему напряжению и защиты от токов короткого замыкания;

-магнитный пускатель КМ1 - для подключения обмотки статора двигателя к питающему напряжению;

-тепловое реле КА1 - для защиты двигателя от длительных перегрузок;

- кнопки кнопочного поста SB 1.1 и SB 1.2 - для пуска и останова двигателя.

Контроль за током в фазах, фазным напряжением, потребляемой активной мощностью и скоростью вращения вала электродвигателя производится по приборам: А1, VI, W1 и п. Контроль за работой коммутационных аппаратов производится визуально.

Ознакомиться с расположением аппаратов на панели стенда. Смонтировать схему управления двигателем М1. С помощью тестера проверить монтаж схемы по схеме электрической принципиальной при отключенном питании стенда. После проверки преподавателем произвести проверку работы схемы при поданном напряжении питания.

Снять показания амперметра. Тестером измерить все фазные и линейные напряжения. Зафиксировать показания. Сделать заключение о правильности выбора пускорегулирующей аппаратуры и аппаратов защиты.

Обосновать выводы.

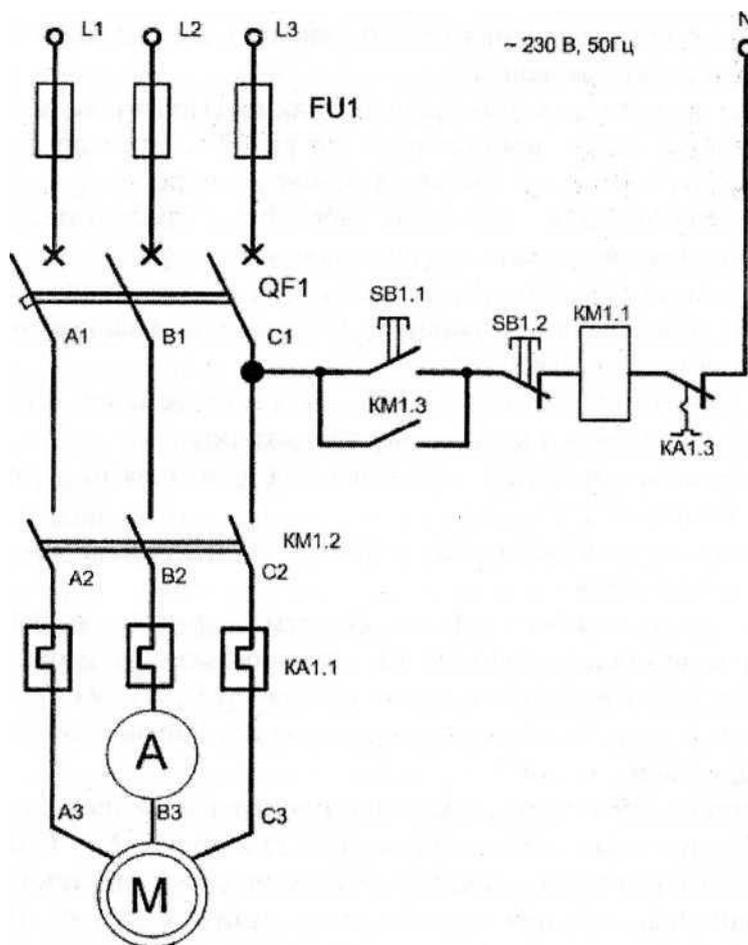


Рис. 2.1. Схема электрическая принципиальная управления АД

Контрольные вопросы

1. Какие аппараты относятся к пускорегулирующей аппаратуре? Перечислите их.
2. В каких режимах проверяют электродвигатель после монтажа?
3. Каково назначение автоматического выключателя QF1 и теплового реле KA1 в схеме рис. 2.1?

ИСПЫТАНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Цель работы: изучить влияние конденсаторов на коэффициент мощности электрической цепи и методику расчета коэффициента мощности.

Приборы и инструмент: отвертка, паяльник, тестер.

Краткие теоретические требования

Прохождение реактивной мощности, пульсирующей между источниками питания и электроприемниками, сопровождается увеличением тока. Это вызывает дополнительные затраты на увеличение сечений проводников сетей и мощности трансформаторов, создает дополнительные потери электроэнергии. Кроме того, увеличиваются потери напряжения за счет реактивной составляющей, пропорциональной реактивной нагрузке и индуктивному сопротивлению, что понижает качество электроэнергии по напряжению [11].

Важное значение имеет компенсация реактивных нагрузок и повышение коэффициента мощности в системах электроснабжения промпредприятий. Под компенсацией понимают установку местных источников реактивной мощности, благодаря которым повышается пропускная способность сетей и трансформаторов, а также уменьшаются потери электроэнергии.

Для сохранения нормального напряжения при максимальной нагрузке необходимо соблюдение баланса реактивных мощностей, который достигается за счет мероприятий, снижающих потребление реактивной мощности предприятиями от энергосистемы. Эти мероприятия разбиваются на мероприятия, не требующие специальных компенсирующих устройств и целесообразные во всех случаях, и требующие установки специальных компенсирующих устройств для выработки реактивной мощности.

Наибольшее распространение в промпредприятиях получили конденсаторы. Мощность конденсатора пропорциональна квадрату напряжения, что следует учитывать при расчетах уровней напряжения сети:

$$Q = 2\pi f C U^2,$$

где Q - реактивная мощность, вар.;

f - частота сети, Гц;

C - емкость конденсатора, мкФ;

U - напряжение сети, В.

Конденсаторы включаются в сеть параллельно электроприемникам, вследствие чего такая компенсация носит название поперечной (параллельной) в отличие от продольной, при которой конденсаторы включаются в сеть последовательно.

Возможна также индивидуальная компенсация, когда конденсаторы наглухо подключаются к обмоткам отдельных электродвигателей или трансформаторов и коммутируются вместе с ними. Она может применяться для электроприводов, работающих в длительном режиме. Мощность конденсаторов в этом случае выбирается по реактивной мощности холостого хода.

Наряду с большими достоинствами (статические устройства, малые потери) конденсаторы имеют следующие недостатки:

- зависимость мощности от квадрата напряжения, что снижает устойчивость, а при особо неблагоприятных условиях может привести к лавине напряжения;
- сложность регулирования мощности;
- большие размеры при больших батареях;
- перегрев при повышении напряжения и наличии в сети высших гармоник, ведущих к

выходу конденсатора из строя.

План выполнения работ

Записать паспортные данные асинхронного электродвигателя (см. табличку на корпусе электродвигателя) и ознакомиться с пусковой аппаратурой (записать их полное обозначение и основные данные).

Собрать электрическую схему согласно рис. 3.1 для исследования повышения коэффициента мощности с использованием батареи конденсаторов (схема индивидуальной компенсации мощности).

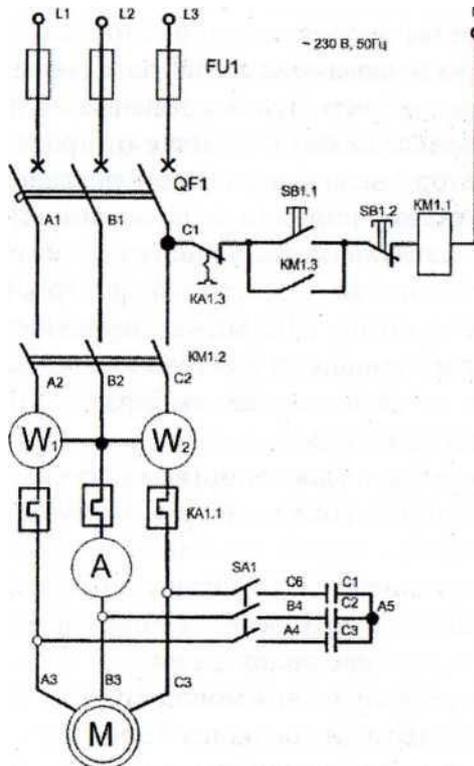


Рис. 3.1. Схема электрическая принципиальная управления АД

В качестве активно-индуктивной нагрузки используется асинхронный электродвигатель М1. Подключение батареи конденсаторов производится выключателем SA1. Ваттметр W1, W2 индицирует активную трехфазную мощность, потребляемую электродвигателем.

По монтажной схеме (рис. 3.2) выполнить подключение ваттметра.

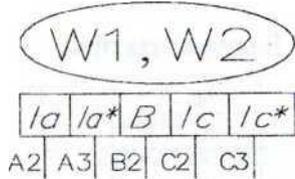


Рис. 3.2. Схема соединений ваттметра

Проверить с помощью тестера правильность сборки. После проверки преподавателем подать напряжение на стенд и включить автомат QF1. При выключенном выключателе SA1 (рычажок в среднем положении) произвести запуск двигателя М1 черной кнопкой кнопочного поста SB1. Зафиксировать показания амперметра А1 и трехфазного ваттметра W1, W2. Тестером измерить фазное напряжение. Данные занести в таблицу (см. табл. 3.1). Не отключая двигателя подключить батарею конденсаторов C1–C3 выключателем SA1

(рычажок в нижнем положении) и отметить уменьшение величины тока на амперметре А1. Снять данные с амперметра и ваттметра и занести в таблицу. Отключить электродвигатель красной кнопкой кнопочного поста SB1. Отключить автомат QF1 и обесточить стенд. Провести вычисления в таблице и сравнить значения коэффициента мощности в опыте без батареи конденсаторов и с ней.

Расчет коэффициента мощности ведется по следующей формуле:

$$\cos\varphi = P/S.$$

Таблица 3.1. Результаты опыта

| Опыт | $U, В$ | $I, А$ | $P, Вт$ | $S, В\cdot А$ | $\cos\varphi$ |
|-----------|--------|--------|---------|---------------|---------------|
| Без С1-С3 | | | | | |
| С С1-С3 | | | | | |

Контрольные вопросы

1. Для чего применяют компенсацию реактивной мощности?
2. Что такое коэффициент мощности?
3. Какие устройства применяют для повышения коэффициента мощности?

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Цель работы: изучить методику поиска и устранения неисправностей автоматизированных электроприводов.

Приборы и инструмент: отвертка, паяльник, тестер.

Краткие теоретические требования

При эксплуатации электроприводов могут возникнуть различные неисправности от простых очевидных неполадок до сложных, требующих значительных временных затрат на поиск повреждений, которые следует устранять.

При ремонте сетей электропитания, замене распределительных щитов, замене кабелей и пр. возможно подключение привода на неверное чередование фаз, следовательно, двигатель будет вращаться в другую сторону, что в некоторых механизмах может привести к выходу оборудования, из строя. Для устранения этого в наиболее удобном и безопасном месте необходимо поменять любые две фазы местами [4].

Если при включении двигатель начинает вращаться, но гудит, не набирает оборотов и греется, то причинами могут быть:

- обрыв в цепи статора (чаще обрыв фазы возникает из-за срабатывания предохранителей, реже из-за неисправности выключателя), а также обрыва в обмотке статора;
- при обрыве фазы в двух других фазовых обмотках резко увеличивается ток в 1,7 раза, что и вызывает нагрев двигателя);
- обрыв или слабый контакт в цепи ротора (нарушение контакта стержней с торцевыми кольцами в обмотке ротора - для двигателя с короткозамкнутым ротором);
- заедание в рабочем механизме или механическое повреждение в двигателе;
- неправильное соединение концов обмоток после ремонта (одна фаза перевернута).

Если при пуске двигателя срабатывает максимальная защита или защита от перегрузки (тепловая), то причиной может оказаться неверно выбранный аппарат защиты, замыкание в цепи питания двигателя, неисправность самого двигателя, механический или электрический пробой изоляции в результате перегрева от перегрузок. Повторное включение автоматического выключателя (после его срабатывания при пуске двигателя) производят только после тщательной проверки исправности двигателя [5].

При возникновении неисправностей в автоматическом цикле работы привода поиск неисправности можно провести при отключенном двигателе, оставив включенными цепи управления. Следует промоделировать работу механизма путем нажатия концевых выключателей, командных кнопок и др. и поэтапно контролировать состояние аппаратов цепей управления. Как только обнаружится отклонение от цикла (см. принципиальную схему и циклограмму работы), то в нерабочей цепочке при отключенном питании следует прозвонить всю ветвь от начала до конца, либо при поданном напряжении на сбойном участке вольтметром определить место обрыва цепи. Поиск таких неисправностей следует производить лишь после тщательного изучения циклограммы работы привода в составе оборудования и полной ясности очередности работы аппаратов. Для четкой ориентации в работе электрической схемы полезно составить таблицу состояний всех аппаратов цепи управления на каждом этапе циклограммы. При проверке цепей под напряжением следует соблюдать особую осторожность во избежание поражения электрическим током.

План выполнения работы

Записать паспортные данные асинхронного электродвигателя (см. табличку на корпусе электродвигателя) и ознакомиться с пусковой аппаратурой (записать их полное обозна-

чение и основные данные).

В работе исследуется реверсивный электропривод переменного тока на базе асинхронного электродвигателя. Для этого собирается схема, представленная согласно рис. 4.1.

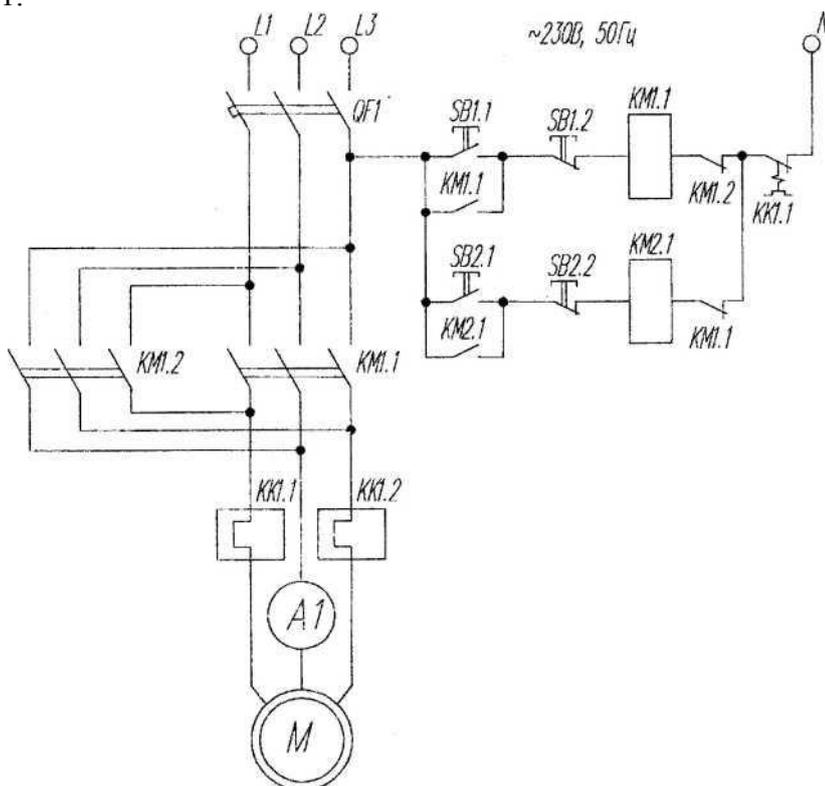


Рис. 4.1. Схема электрическая принципиальная реверса АД

По заданию преподавателя учащиеся могут доработать схему: ввести в схему реле времени (КТ1-КТ3) и промежуточные реле (К1-К2), переключатель SA1, осуществляющие управление каким-либо автоматическим циклом работы электродвигателя, и элементы сигнализации (сигнальная лампа HE1 и звонок HA1). Монтаж схемы выполнить согласно рис. 4.1.

При отключенном питании стенда проверить схему с помощью тестера. Прозвонить сначала силовые цепи: сами цепочки по потенциальным точкам и на предмет КЗ между фазами, фазой и нейтралью. Затем проверить цепи управления (как при не нажатых кнопках, так и при нажатии кнопки). После проверки преподавателем подключить стенд к сети и включить автомат QF1. Опробовать работу схемы: сначала «пуск» кнопочным постом SB1 (включится пускатель KM1), затем «стоп». Затем включить пускатель KM2 кнопочным постом SB2 и вновь «стоп». Далее проверить работу блокировки реверса на ходу: при включенном пускателе KM1 нажать черную кнопку кнопочного поста SB2 (изменений не должно быть). Преподавателем вводятся ошибки в схему управления (обрыв в цепи блок-контакта магнитного пускателя, обрыв в цепи питания схемы управления и т. д.) и предлагается учащимся отыскать и устранить их. Исследуется работа схемы и электропривода в целом при указанных неисправностях. Изучаются методы устранения данных неисправностей. По результатам опыта составить таблицу основных неисправностей и методов их проверки и устранения.

Контрольные вопросы

1. Для чего применяют компенсацию реактивной мощности?
2. Что такое коэффициент мощности?
3. Какие устройства применяют для повышения коэффициента мощности?

Лабораторная работа № 5 **ИСПЫТАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА**

Цель работы: ознакомиться с устройством асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, изучить методику испытания электродвигателя после ремонта.

Приборы и инструмент: отвертка, кусачики, тестер.

Краткие теоретические требования

В промышленности асинхронные электродвигатели с кз (короткозамкнутым ротором) ротором получили наибольшее распространение. Их преимущества состоят в простоте изготовления и эксплуатации, а также большей, чем у двигателей постоянного тока надежности за счет отсутствия коллектора и низкой стоимости, [12].

Двигатель состоит из статора - неподвижной части и ротора - вращающейся части. Статор представляет собой полый цилиндр, набранный из стальных пластин, имеющих вид кольца и изолированных друг от друга. Они образуют неподвижную часть магнитопровода. Пластины стягиваются болтами. Выполнение магнитопровода из отдельных пластин уменьшает потери мощности в стали, вызываемые вихревыми токами. Стальной сердечник магнитопровода статора закрепляется в стальном или алюминиевом корпусе, охватывающем его со всех сторон. С торцов сердечник магнитопровода закрывается крышками, в которых имеются места для установки подшипников. В пазы на внутренней стороне магнитопровода закладывается обмотка статора, которая у трехфазных двигателей состоит из трех по числу фаз обмоток, смещенных по окружности статора друг относительно друга на 120 градусов. Начала и концы фаз выводят наружу в клеммную коробку. По схеме соединения обмоток статора двигателя выпускаются в исполнении «звезда» (Y) и «звезда/треугольник» (Y/A). Схема (Y/A) позволяет использовать двигатель в сетях с различными напряжениями либо применять в схемах ступенчатого пуска с переключением схемы соединения обмоток (при этом отпадает необходимость в использовании реакторов. На паспортной пластинке, укрепленной на корпусе двигателя, указывают два номинальных линейных напряжения, различающиеся в 1,73 раза. Если номинальное линейное напряжение сети равно большему напряжению на пластинке, то обмотку статора включают в «звезду», если меньшему – в «треугольник».

Ротор асинхронного двигателя также набирают из стальных штампованных листов в форме диска. Насаженные на вал, они образуют ротор, имеющий форму цилиндра. По окружности диска размещены пазы, в которые закладывают обмотку. Короткозамкнутая обмотка образуется неизолированными алюминиевыми стержнями, помещенными в пазы ротора. По торцам стержни соединяются кольцами. Получается обмотка, не имеющая никаких выводов. Простота конструкции и отсутствие скользящего электрического контакта, как у двигателей постоянного тока, значительно упрощает обслуживание и ремонт асинхронных двигателей с кз-ротором. Внимания требуют лишь осмотр состояния клемм подключения двигателя (из-за окислов контакт ухудшается и может приводить к нагреву клеммы и даже расплавлению изоляции питающих проводов, что в свою очередь может вызвать замыкание на корпус двигателя) и состоянию подшипников (при длительной эксплуатации необходима замена смазки), а также обязательное измерение сопротивления изоляции между фазами (для двигателей со схемой «звезда/треугольник») и фазой и корпусом. Изоляция обмоток электрических машин и проводов относительно легко подвергается изменениям под влиянием температуры, влажности, загрязнения и т. д. Происходит старение изоляции, что отрицательно влияет на ее качество,

электрическую прочность. По этой причине контроль за ее качеством должен быть периодическим.

Согласно ПУЭ измерение сопротивления изоляции силовых и осветительных

электроустановок, работающих при номинальном напряжении 127-660 В, производят мегаомметром с напряжением 1000 В. Допустимые нормы сопротивления изоляции для электрических машин, проводов и кабелей указывают в технических условиях или ГОСТах. Для электрических машин напряжением до 1000 В сопротивление изоляции обмоток должно составлять не менее 0,5 МОм. Двигатели, имеющие пониженное сопротивление изоляции подвергают сушке горячим воздухом или путем электрического подогрева обмоток [1].

Проверка соответствия параметров двигателя после ремонта проводится на опыте холостого хода.

План выполнения работы

В данной работе исследуется асинхронный электродвигатель переменного тока М1. При выключенном стенде с помощью измерительных приборов производится замер сопротивлений обмоток статора электродвигателя (тестером) и сопротивлений изоляции измеряется мегаомметром или при его отсутствии с помощью тестера и сравнивается с требуемыми. Для этого собирается схема, представленная согласно рис. 5.1.

Проверить правильность монтажа при помощи тестера. После проверки схемы преподавателем запитать стенд от сети и подать в схему напряжение (поочередно включить сетевой выключатель стенда, затем автомат QF1). Проверить работу схемы. Нажатием черной кнопки кнопочного поста SB1 запустить двигатель. Замерить ток двигателя и его скорость. Останов двигателя производится нажатием красной кнопки поста SB1. Записать показания приборов. Эти значения должны соответствовать паспортным значениям.

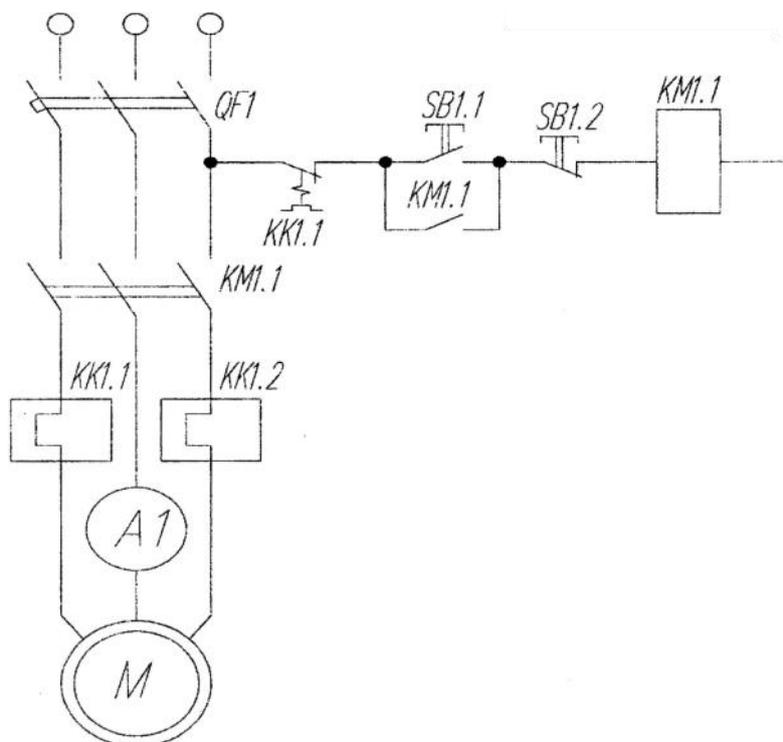


Рис. 5.1. Схема электрическая принципиальная реверса АД

Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы двигателя переменного тока?
2. В чем преимущества двигателей переменного тока по сравнению с двигателями постоянного тока?
3. Каково основное отличие характеристик двигателей переменного тока от двигателей постоянного тока?

ИСПЫТАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОСЛЕ РЕМОНТА

Цель работы: изучить назначение и устройство трансформатора и изучить методику испытания трансформатора после ремонта.

Приборы и инструмент: отвертка, тестер.

Краткие теоретические требования

В процессе эксплуатации трансформаторов они требуют периодического обслуживания. Для сухих трансформаторов ввиду простоты их конструкции обслуживание заключается в удалении пыли с клеммных колодок и проверке состояния контактов. Обязательным является проверка сопротивления изоляции обмоток между ними и каждой обмоткой и корпусом, так как изоляция обмоток трансформаторов относительно легко подвергается изменениям под влиянием температуры, влажности, загрязнения и т. д. Происходит старение изоляции, что отрицательно влияет на ее качество, электрическую прочность. По этой причине контроль за ее качеством должен быть периодическим.

Согласно ПУЭ измерение сопротивления изоляции силовых и осветительных электроустановок, работающих при номинальном напряжении 127-660 В, производят мегаомметром с напряжением 1000 В, [1]. Допустимые нормы сопротивления изоляции трансформаторов указывают в технических условиях или ГОСТах. Для электрических машин напряжением до 1000 В сопротивление изоляции обмоток должно составлять не более 0,5 МОм. Сопротивление изоляции обмоток измеряют между отдельными обмотками, а также между каждой обмоткой и корпусом электрической машины.

Трансформаторы прошедшие ремонт должны быть подвергнуты тщательной проверке на сопротивление изоляции и соответствие паспортным данным. Замер сопротивления изоляции проводится при отключенных первичных и вторичных цепях, а проверка рабочих параметров исследуется в опытах холостого хода и при работе под нагрузкой. Отклонения от паспортных значений не должны быть значительными [12].

План выполнения работы

В работе исследуется однофазный силовой трансформатор Т2. При выключенном стенде, с помощью измерительных приборов производится замер сопротивлений обмоток трансформатора и сопротивление изоляции этих обмоток. Эти значения сравниваются с паспортными данными. Затем собирается схема рис. 6.1 и включается трансформатор. На холостом ходу и при номинальной нагрузке определяются напряжения и токи в первичной и вторичной обмотках и сравниваются с паспортными данными. При необходимости строится нагрузочная характеристика трансформатора.

Подключение ваттметра схемы рис. 6.1-6.3 собрать по монтажной схеме рис. 6.4. Проверить правильность монтажа при помощи тестера. Перед подключением стенда к сети вывести регулятор ЛАТРа в положение, соответствующее минимальному выходному напряжению. После проверки схемы преподавателем запитать стенд от сети и подать в схему напряжение (поочередно включить сетевой выключатель стенда, затем автомат QF1). Запитать стенд и плавно увеличивая напряжение на выходе ЛАТРа установить его величину, соответствующую номинальному. Снять показания приборов.

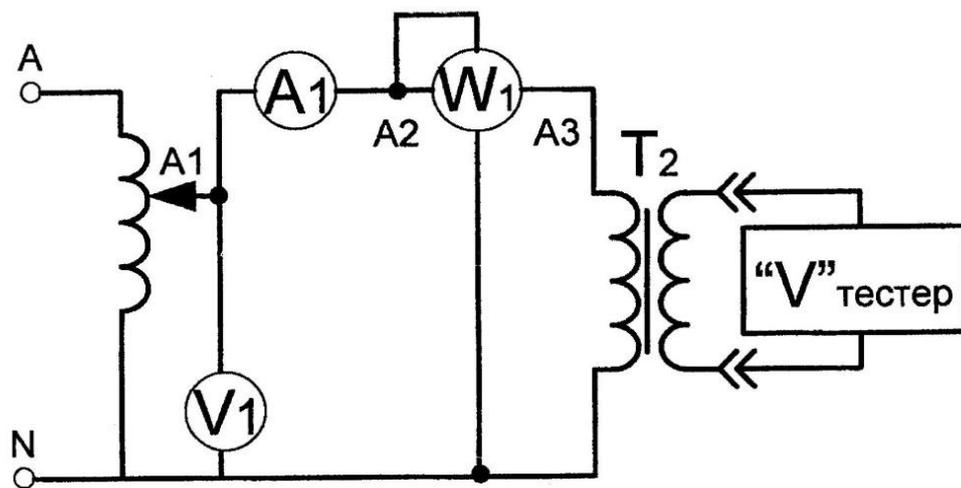


Рис. 6.1. Схема исследования силового трансформатора на холостом ходу

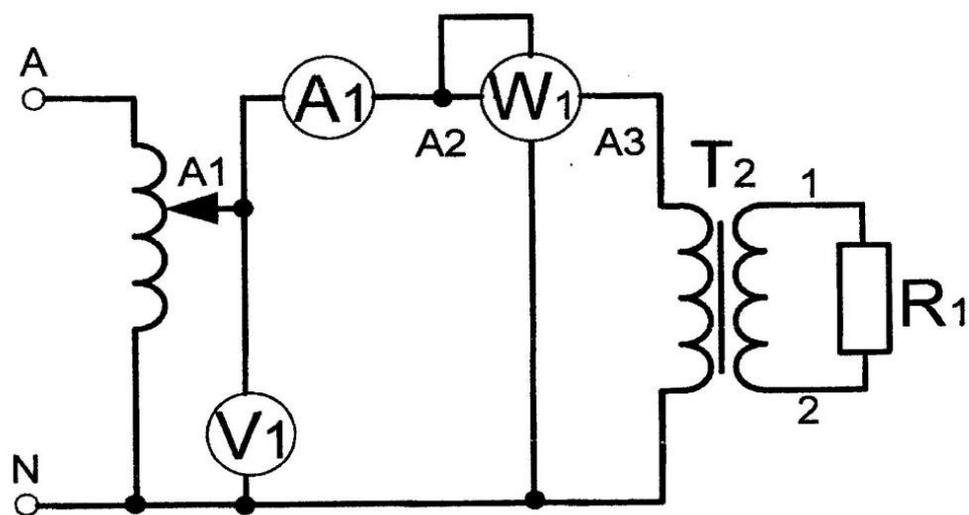


Рис. 6.2. Схема исследования силового трансформатора под нагрузкой (первичная обмотка)

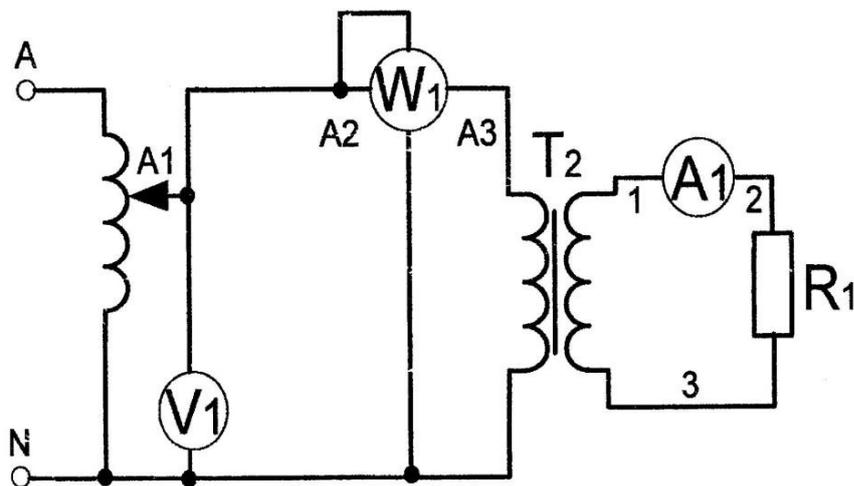


Рис. 6.3. Схема исследования силового трансформатора под нагрузкой (вторичная обмотка)

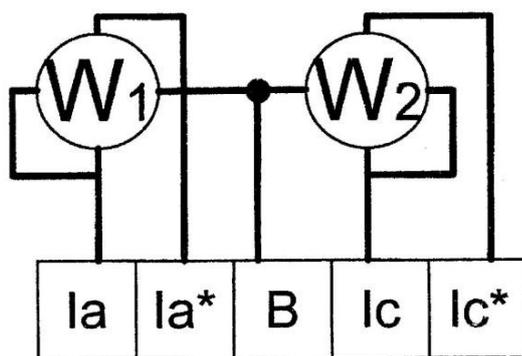


Рис. 6.4. Монтажная схема подключения ваттметра

Таблица 6.1. Параметры исследования трансформатора

| Режимы работы | U , В | I , А | P , Вт |
|---------------------------|---------|---------|----------|
| Опыт х.х | | | |
| 1-я обмотка под нагрузкой | | | |
| 2-я обмотка под нагрузкой | | | |

Контрольные вопросы

1. Какие параметры трансформатора подлежат проверке после ремонта?
2. В каких режимах следует проверять трансформатор?

Лабораторная работа № 7
**НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ СХЕМ УЧЕТА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Цель работы: приобретение практических навыков работы с приборами учета электрической энергии различных типов и конструкций.

Приборы и инструмент: отвертка, тестер.

Краткие теоретические требования

Учет энергии на промышленном предприятии позволяет получить информацию о количественных и качественных показателях энергохозяйства предприятия, необходимую для решения следующих задач, [6]:

- автоматизированный коммерческий и технический учет электроэнергии, технической, теплофикационной, питьевой воды, пара, сжатого воздуха, природного и технического газов, нефтепродуктов, всех видов вторичных энергоресурсов по предприятию в целом;
- контроль энергопотребления относительно установленных норм расхода и ограничений по безопасности энергоснабжения;
- фиксация и сигнализация отклонений контролируемых параметров энергоучета;
- прогнозирование параметров энергоучета для планирования энергопотребления и автоматическое управление им, в том числе посредством потребителей-регуляторов;
- обеспечение внутреннего хозрасчета по энергоресурсам между цехами и подразделениями предприятия и его расчета с субабонентами;
- определение, анализ и планирование себестоимости различных видов выпускаемой продукции.

Учет электроэнергии на промышленных предприятиях подразделяется на расчетный (коммерческий) и технический (контрольный) [8].

Расчетный учет электроэнергии предназначен для учета выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее, [6].

Технический учет предназначен для контроля расхода электроэнергии внутри предприятий. Для предприятия следует предусматривать возможность установки стационарных или переносных счетчиков с целью контроля за соблюдением лимитов расхода электроэнергии цехами, линиями и агрегатами для определения расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции. Приборы технического учета находятся в ведении самих потребителей. Для их установки и снятия разрешения электроснабжающей организации не требуется.

Рассмотрим внедряемые повсеместно на объектах промышленного и коммунально-бытового сектора схемы построения АСКУЭ на базе устройств сбора передачи данных (УСПД). Так при значительной территориальной разбросанности объектов учета и невозможности использования проводных средств связи используется передача информации по каналу сотовой связи с использованием GSM модема. В тех случаях, когда нет возможности использовать радиосвязь, более дешевым оказывается применение проводной телефонной линии, через станции АТС по телефонным каналам. Для автоматизации учета внутри предприятия или на объектах коммунального и бытового потребителя, где каналы связи между уровнями АСКУЭ имеют минимальную протяженность, используют варианты непосредственного подключения УСПД к ПВЭМ по физическим линиям интерфейса RS-485, RS-232 с вариантами подключения к модемам, [8]. В качестве иллюстрации одной из перечисленных выше структур АСКУЭ, приведем схему учета электроэнергии на промышленном предприятии по линии интерфейса RS-485 и RS-232, рис. 7.1.

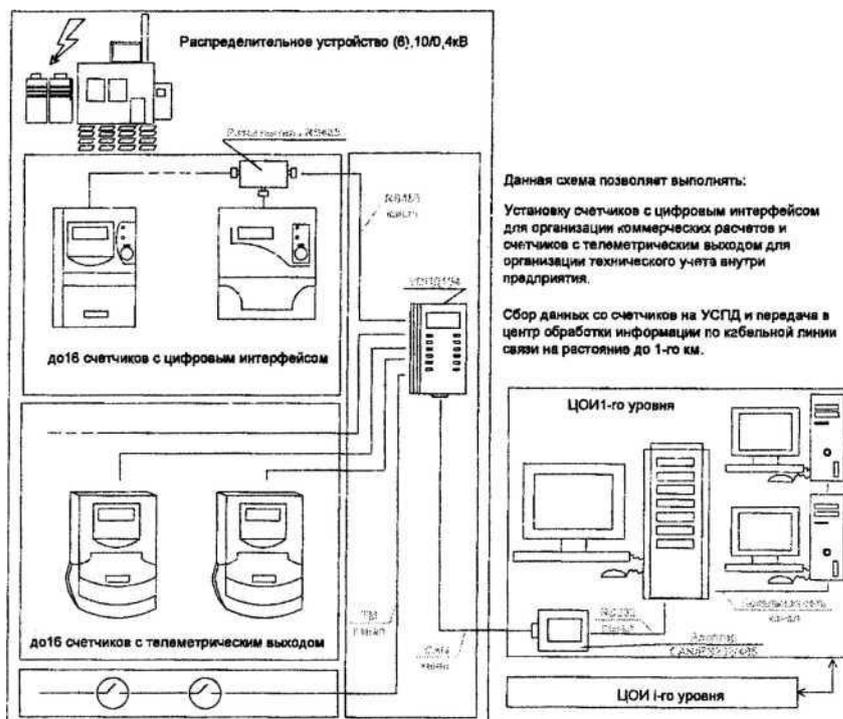


Рис. 7.1. Сбор данных от счетчиков с цифровым интерфейсом по кабельной линии связи

План выполнения работы

1. Изучить паспорта установленных на стенде счетчиков.
2. Начертить схемы распределенной системы сбора и передачи данных указанных на рис. 7.2, 7.3.
3. Освоить навыки работы с программой Admin Tools предназначенной для конфигурирования, наладки и контроля систем учета.
4. Снять показания счетчиков по нескольким точкам учета и построить график нагрузки на компьютере с последующим занесением в отчет.
5. Провести анализ проделанной работы и дать рекомендации по усовершенствованию лабораторной работы.
6. Ознакомиться с структурной схемой стенда бытового и промышленного учета рис. 7.2, 7.3.

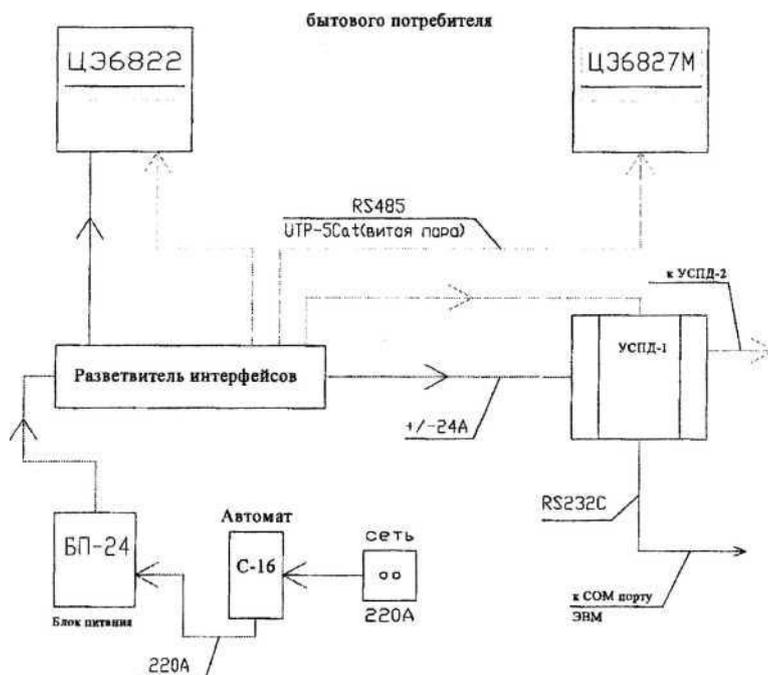


Рис. 7.2. Структурная схема системы учета бытового потребителя



Рис. 7.3. Структурная схема системы учета промышленного потребителя

В настоящее время модель учета электроэнергии представляет собой автоматизированную установку, позволяющую моделировать нагрузку, и осуществлять учет электроэнергии с помощью цифрового счетчика по различным сечениям. Структурная схема лабораторной установки дана на рис. 7.2, 7.3. Как правило, система сбора данных состоит из следующих основных элементов:

- УСПД (устройство сбора и передачи данных), является в своем роде

промышленным компьютером, который следит за процессом сбора информации от счетчиков установленных в местах учета и связанных по 485 интерфейсу. В его функции входит также хранение информации в собственной БД (базе данных) за различные интервалы времени;

- счетчик цифровой, в данном случае ЦЭ6850М. Предназначен для измерения активной, реактивной, электрической энергии (P,Q и S), энергии потерь, частоты напряжения, угла сдвига фаз, среднеквадратического значения U-я, силы тока, в 3-х фазных четырехпроводных цепях переменного тока и организации многотарифного учета электроэнергии;

- разветвитель интерфейсов позволяет размножить контактную группу приборов АСКУЭ, обеспечивая подключение значительного количества счетчиков и УСПД, а также разделяет выводы интерфейсных подключений счетчика и УСПД с цепями питания выше указанных приборов.

Источником является блок питания постоянного напряжения на 24 В для работы УСПД и подпитки его батарейки на случай отключения основного питания. Встроенный элемент питания в УСПД позволяет поддерживать время, синхронизированное с ЭВМ и счетчиком для сохранения информации в БД с заданным интервалом. В случае отключения автономного источника не удастся извлечь данные с БД за необходимый интервал времени и придется снова производить переналадку УСПД, чтобы синхронизировать время, так как при этом все время будут получать нули вместо показаний. Для защиты УСПД, блока питания, используются также УЗО и автоматический выключатель.

В состав моделируемой нагрузки данного стенда входят АД. Состав которых изменяется посредством переключателей SAN1-SAN3. Счетчики обычно устанавливаются в счетках ВРУ сетей до 1кВ и в релейной части отсеков КРУ или КСО 6-10 кВ, также могут комплектоваться в отдельных щитах учета. Счетчики могут быть как непосредственного подключения, так и трансформаторного. При этом на входе счетчик должен комплектоваться аппаратом защиты.

Схема электрическая принципиальная учета электроэнергии изображена на рис. 7.4.

Правильность сборки схемы бытового и промышленного учета проверить по монтажным схемам рис. 7.5, 7.6

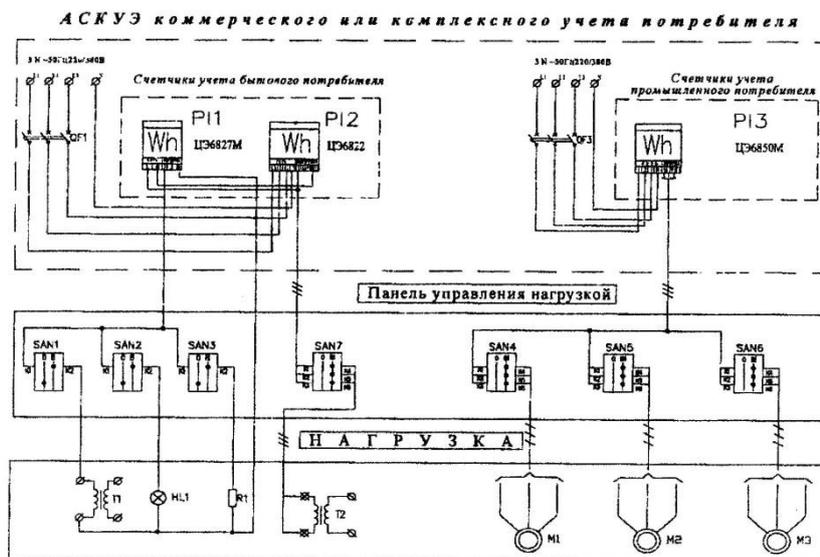


Рис. 7.4. Схема электрическая принципиальная подключения стенда

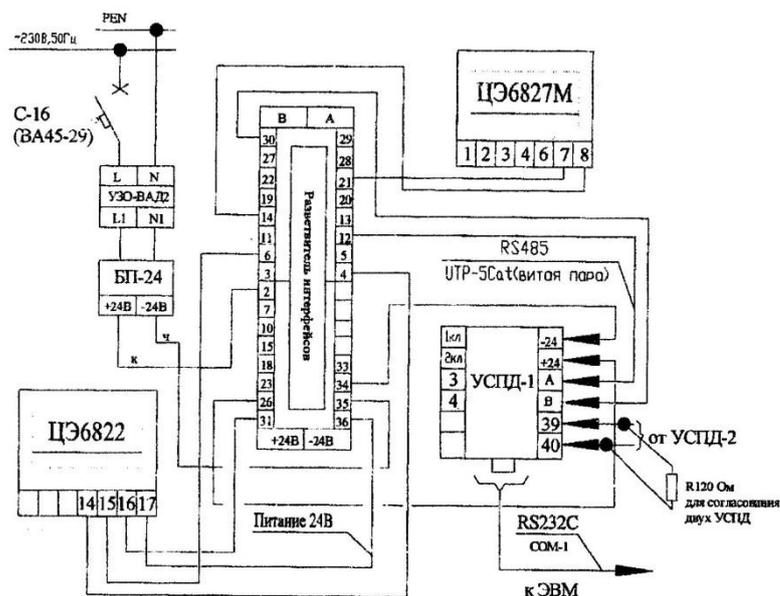


Рис. 7.5. Монтажная схема учета бытового потребителя лабораторного стенда

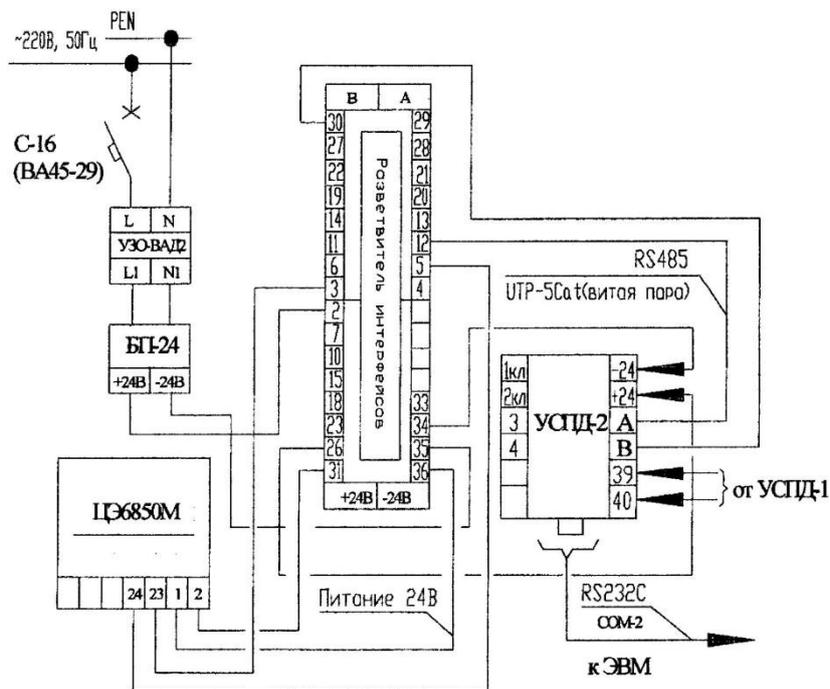


Рис. 7.6. Монтажная схема учета промышленного потребителя лабораторного стенда

Контрольные вопросы

1. Что понимается под техническим и коммерческим учетом?
2. Счетчики какого класса точности следует использовать при организации коммерческого учета?
3. Требуется ли установка отдельного счетчика у потребителя имеющего нагревательную нагрузку?

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

Цель работы: получить навыки в определении мест и видов повреждений кабельных линий.

Приборы и инструмент: тестер, комплект штеккеров, датчик для поиска обрывов в кабелях.

Краткие теоретические требования

Выбору метода определения зоны повреждения кабелей предшествует выяснение характера повреждений, определяемых путем измерений мегаомметром на 1000-2500 В. При этом измеряют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы относительно земли, сопротивление изоляции между каждой парой токоведущих жил, проверяют целостность токоведущих жил. Для обнаружения обрыва жил испытание следует проводить с обоих концов, закорачивая все три фазы на конце, противоположном подключению мегаомметра, [10]. При наличии короткого замыкания определяют переходное сопротивление. Если оно в месте повреждения велико (более 5 МОм), а кабель не выдержал испытания, то для более точного определения места неисправности производят прожигание кабеля. Прожигание кабелей производят как на постоянном токе от специальных установок, так и на переменном токе от трехфазных повышающих трансформаторов. Целью прожигания кабелей является создание переходного сопротивления определенного значения в месте повреждения кабеля.

Выбор метода отыскания мест повреждения кабелей зависит от вида повреждения, пробивного напряжения в месте повреждения и переходного сопротивления. Поиск места повреждения производят обычно в два этапа. На первом этапе отыскивают зону повреждения, для чего применяют импульсный метод, метод колебательного разряда, емкостный метод и метод петли. На втором этапе определяют точное место повреждения, для чего применяют метод накладной рамы, акустический и индукционные методы [11]. Метод импульсной рефлектометрии - называемый также методом отраженных импульсов или локационным методом, базируется на распространении импульсных сигналов в 2- и многопроводных системах линиях и кабелях.

Приборы, реализующие указанный метод, называются импульсными рефлектометрами.

Сущность метода импульсной рефлектометрии заключается в выполнении следующих операций:

1. Зондировании кабеля (двухпроводной линии) импульсами напряжения.
2. Приеме импульсов, отраженных от места повреждения и неоднородностей волнового сопротивления.
3. Выделении отражений от места повреждений на фоне помех (случайных и отражений от неоднородностей линий).
4. Определении расстояния до повреждения по временной задержке отраженного импульса относительно зондирующего.

Упрощенная структурная схема импульсного рефлектометра приведена на рис. 8.2.

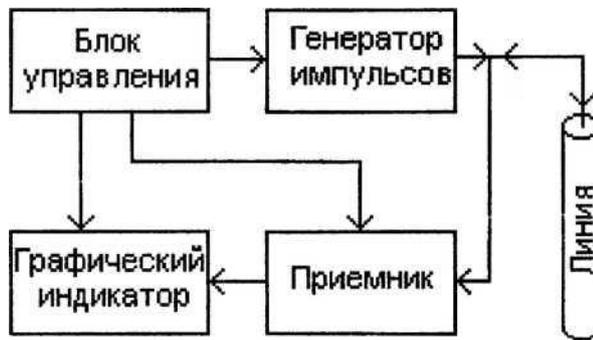


Рис. 8.1. Структурная схема импульсного рефлектометра

С генератора импульсов зондирующие импульсы подаются в линию. Отраженные импульсы поступают с линии в приемник, в котором производятся необходимые преобразования над ними. С выхода приемника преобразованные сигналы поступают на графический индикатор. Все блоки импульсного рефлектометра функционируют по сигналам блока управления. На графическом индикаторе рефлектометра воспроизводится рефлектограмма линии - реакция линии на зондирующий импульс. Образование рефлектограммы линии легко проследить по диаграмме, приведенной на рис. 8.3 ниже. Здесь осью ординат является ось расстояния, а осью абсцисс - ось времени.

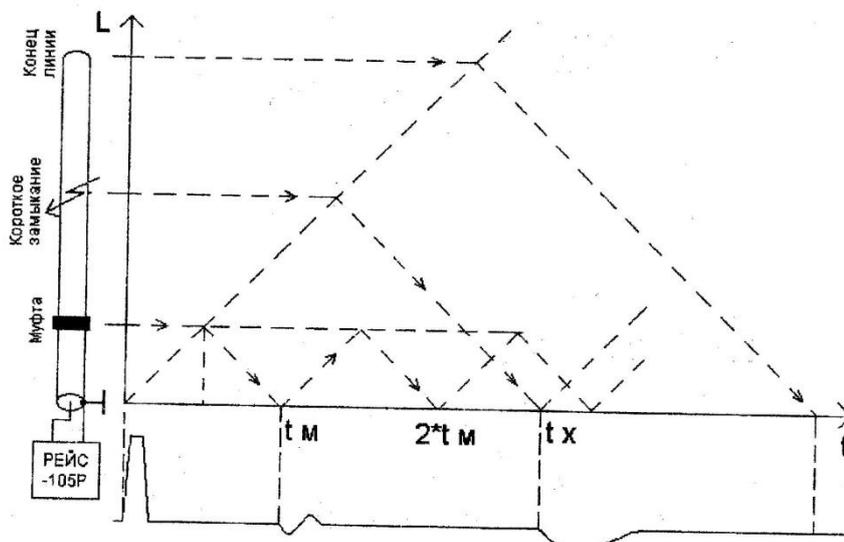


Рис. 8.2. Рефлектограмма кабельной линии

В левой части рисунка показана кабельная линия с муфтой и коротким замыканием, а в нижней части - рефлектограмма этой кабельной линии. Анализируя рефлектограмму линии, оператор получает информацию о наличии или отсутствии в ней повреждений и неоднородностей. Например, по приведенной выше рефлектограмме можно сделать несколько выводов:

1. На рефлектограмме кроме зондирующего импульса есть только два отражения: отражение от муфты и отражение от короткого замыкания. Это свидетельствует о хорошей однородности линии от начала до муфты и от муфты до короткого замыкания.
2. Выходное сопротивление рефлектометра согласовано с волновым сопротивлением линии, так как переотраженные сигналы, которые при отсутствии согласования располагаются на двойном расстоянии, отсутствуют.
3. Повреждение имеет вид короткого замыкания, так как отраженный от него сигнал изменил полярность.

4. Короткое замыкание полное, так как после отражения от него других отражений нет.

5. Линия имеет большое затухание, так как амплитуда отражения от короткого замыкания много меньше, чем амплитуда зондирующего сигнала.

Если выходное сопротивление рефлектометра не согласовано с волновым сопротивлением линии, то в моменты времени $2t_M$, $4t_M$ и т. д. будут наблюдаться переотраженные сигналы от муфты, убывающие по амплитуде, а в моменты времени $2t_x$, $4t_x$ и т. д. - переотражения от места короткого замыкания.

Основную сложность и трудоемкость при методе отраженных импульсов представляет выделение отражения от места повреждения на фоне помех.

Метод импульсной рефлектометрии базируется на физическом свойстве бесконечно длинной однородной линии, согласно которому отношение между напряжением и током введенной в линию электромагнитной волны одинаково в любой точке линии. Это соотношение имеет размерность сопротивления и называется волновым сопротивлением линии:

$$R_B = U/I.$$

При использовании метода импульсной рефлектометрии в линию посылают зондирующий импульс и измеряют интервал t_x - время двойного пробега этого импульса до места повреждения (неоднородности волнового сопротивления). Расстояние до места повреждения рассчитывают по выражению:

$$L_x = \frac{t_x \times V}{2},$$

где V - скорость распространения импульса в линии.

Отношение амплитуды отраженного импульса U_0 к амплитуде зондирующего импульса U_3 обозначают коэффициентом отражения $K_{отр}$:

$$K_{отр} = \frac{U_0}{U_3} = \frac{R_{B2} - R_{B1}}{R_{B2} + R_{B1}},$$

где R_{B1} - волновое сопротивление линии до места повреждения (неоднородности);

R_{B2} - волновое сопротивление линии в месте повреждения (неоднородности).

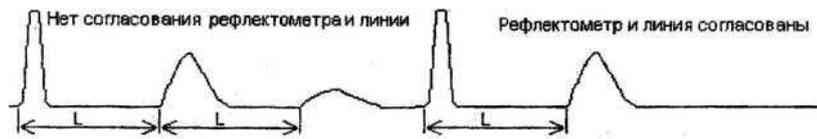
Отраженный сигнал появляется в тех местах линии, где волновое сопротивление отклоняется от своего среднего значения: у муфт, у мест изменения сечения жилы, у мест сжатия кабеля, у места обрыва, короткого замыкания и т. д.

Если выходное сопротивление импульсного рефлектометра отличается от волнового сопротивления измеряемой линии, то в месте подключения рефлектометра к линии возникают пере- отражения.

Переотражения - это отражения от входного сопротивления рефлектометра отраженных сигналов, которые пришли к месту подключения рефлектометра из линии. Выходное и входное сопротивления рефлектометра, как правило, равны между собой.

В зависимости от соотношения входного сопротивления рефлектометра и волнового сопротивления линии изменяется полярность и амплитуда переотражений, которая может оказаться соизмеримой с амплитудой отражений. Поэтому перед измерением рефлектометром обязательно нужно выполнить операцию согласования выходного сопротивления рефлектометра с волновым сопротивлением линии.

Примеры рефлектограммы линии без согласования выходного сопротивления с линией и с согласованием приведены на рис. 8.3.



L - расстояние до места повреждения L - расстояние до места повреждения

Рис. 8.3. Рефлектограммы кабельной линии без согласования и с согласованием выходного сопротивления

Импульсный метод - применяют для определения зоны таких неисправностей, как одно-, двух-, или трехфазное короткое замыкание, замыкание жил на землю, обрыва жил [12].

План выполнения работы

Изучить методы определения повреждений в кабельных линиях;

На модели кабельной линии определить характер повреждения с помощью цифрового рефлектометра «Рейс-205» приведенного на рис. 8.4.

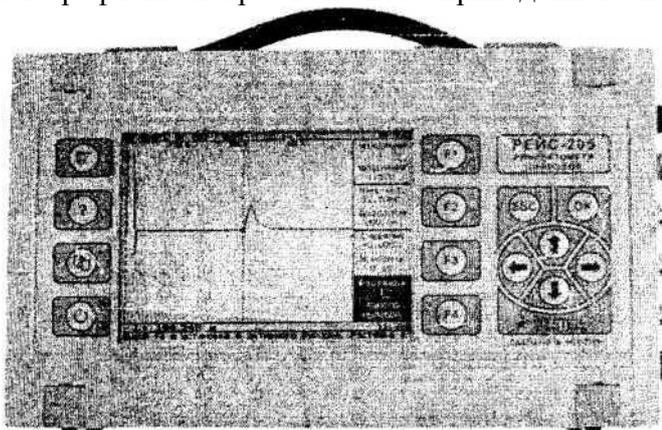


Рис. 8.4. Цифровой рефлектометр

Изучить паспорт цифрового рефлектометра «Рейс-205» и по заданию преподавателя определить место повреждения кабельной линии.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы поиска обрывов кабелей?
2. На каком принципе основан индукционный метод поиска обрыва кабеля?
3. В чем суть «заплывающего пробоя»?
4. Что понимается под фазировкой кабеля и какую цель она преследует?
5. Как выявляется место повреждения на кабеле при раскопке?

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Электроснабжение»

НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ

Лабораторные работы (практикум)

Составители:
КОНСТАНТИНОВА Светлана Валерьевна
АРТИШЕВСКИЙ Валерий Александрович

Минск 2005

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 Практическое освоение измерительных приборов и комплексов лаборатории

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 Наладка и испытание схем учета электрической энергии.....

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 Наладка и испытание низковольтной аппаратуры и контрольно-измерительных приборов (НВА и КИП)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 Опытно-аналитический метод определения параметров асинхронных машин (опытная часть)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 Опытно-аналитический метод определения параметров асинхронных машин (расчетная часть)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 Исследование работы асинхронного генератора (АГ) в автономном режиме (расчетная часть)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 Исследование работы асинхронного генератора в автономном режиме (опытная часть)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8 Наладка и испытание асинхронных электроприводов

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9 Параллельная работа трансформаторов

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10 Определение вида и места повреждения в кабельных линиях.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11 Ремонт и испытания электрических машин

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12 Измерение сопротивления заземлителей

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Общие положения

1.1 Помещение лаборатории относится к классу повышенной опасности.

1.2. Опасность создают токопроводящие части клемм и выводов лабораторного оборудования, которые будут находиться под напряжением 220 или 380 В переменного тока. В лаборатории имеется в наличии выпрямленное напряжение постоянного тока.

1.3. Студенты допускаются к выполнению лабораторных работ после прохождения инструктажа на рабочем месте и личной подписи в журнале регистрации инструктажа. Допуск студентов к выполнению лабораторных работ возлагается на преподавателя, ведущего данные работы.

1.4. Преподаватели, учебно-вспомогательный персонал и студенты должны уметь оказывать первую помощь при поражении электрическим током.

1.5. За нарушение правил техники безопасности и настоящей инструкции виновные привлекаются к ответственности в соответствии с действующим законодательством Республики Беларусь.

2. Правила техники безопасности (ТБ) перед началом работы

2.1. Ознакомиться с заданием и всеми элементами схемы, инструкцией по ТБ при выполнении данной работы и получить устный инструктаж.

2.2. Проверить состояние проводов, кабелей, оборудования, зануления и средств защиты.

2.3. Собрать электрическую схему. Производить в ней различные переключения только при снятом напряжении, обращая особое внимание на то, чтобы провода (кабели) не перекрещивались, не натягивались. Собираются сначала токовые цепи, а затем цепи напряжения.

2.4. Приборы управления и измерительные приборы нужно расставлять так, чтобы удобно было передвигать их ползунки и рукоятки, наблюдать за приборами, не перегибаясь через провода. Не следует загромождать свое рабочее место элементами, не относящимися к выполняемой работе.

2.5. Все включаемые в схему нагрузочные реостаты нужно ввести полностью, т.е. поставить их ползунки в такое положение, которое соответствует максимальному сопротивлению.

2.6. По окончании сборки схемы необходимо доложить руководителю и после его проверки получить разрешение на ее включение под напряжение.

3. Правила ТБ во время работы

3.1. Выполнять только ту работу, к которой допущены руководителем.

3.2. При подаче напряжения на собранную схему необходимо предупреждать об этом работающих, которые, должны следить за включенным в цепь амперметром. Если он покажет чрезмерную

величину тока, нужно тут же разомкнуть цепь. Если в это время перегорят предохранители или сработает защита, повторное включение схемы нельзя производить до тех пор, пока не найдены и не устранены повреждения цепи или ошибка при сборке. На повторное включение такой схемы нужно снова получить разрешение преподавателя.

3.3. Быть предельно внимательным, осторожным, не оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением, и не отвлекаться.

3.4. Если при проведении работы возникает какое-либо повреждение в схеме (появится специфический запах, дым, накаляются проводники реостата) или кто-нибудь попадет под напряжение, немедленно снять напряжение со схемы. Растерянность и промедление в этих условиях недопустимы.

3.5. При возникновении неясностей необходимо прекратить работу, снять напряжение со схемы и обратиться за разъяснением к преподавателю.

4. Правила ТБ после работы

- 4.1. Отключить схему от питающей сети.
- 4.2. Получить разрешение от преподавателя на разборку схемы.
- 4.3. При разборке схемы аккуратно сложить все переносные элементы и привести в порядок рабочее место.

5. Запрещается

- 5.1. Работать одному с включенными токоприемниками.
- 5.2. Касаться оголенных токоведущих частей схемы, находящихся под напряжением.
- 5.3. Закорачивать блокировочные устройства.
- 5.4. Снимать и перевешивать предупреждающие и запрещающие плакаты.
- 5.5. Выполнять другие работы, не связанные с заданием.
- 5.6. Курить.
- 5.7. Находиться в верхней одежде.

Лабораторная работа № 1

ПРАКТИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И КОМПЛЕКСОВ ЛАБОРАТОРИИ

Цель работы - приобретение навыков безопасной и уверенной работы с измерительными приборами и комплексами.

Задачи:

1. Изучить паспорта приборов.
2. Проверить работоспособность прибора в реальных условиях.
3. Освоить практическое использование приборов.

1.1. Содержание работы

Научиться практической работе со следующими приборами:

- 1) мегомметр М4100/1-5;
- 2) мегомметр Ф4102/1-1М;
- 3) вольтметр (В 7 - 5 8/1);
- 4) прибор У4354-М1;
- 5) частотомер электронно-счетный;
- 6) осциллограф двухлучевой С8-17;
- 7) комплекты измерительные К-50, К-506;
- 8) клещи измерительные У4505М;
- 9) микрометр модели МК25;
- 10) вольтметр универсальный цифровой В7-40;
- 11) компьютер (овладеть на уровне пользователя).

1.2. Методические рекомендации

Рассматривается реальный прибор. Изучается его заводская инструкция (паспорт). Детально изучаются пределы измерения прибора, его технические характеристики, расположение элементов переключения диапазонов измерения. Первое подключение прибора к сети проводится максимально осторожно, чтобы исключить повреждение прибора и получение травмы. Провести несколько измерений под наблюдением преподавателя.

1.3. Порядок выполнения работы

Рабочие подгруппы студентов поочередно осваивают 10 измерительных приборов и демонстрируют преподавателю своё умение уверенно с ними обращаться.

1.4. Содержание отчета

1. Оценка качества измерительных приборов, их сравнительный анализ.
2. Выводы.

Литература

1. Паспорта приборов.
2. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / Под ред. М.Г. Зименкова. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 480с.

Лабораторная работа № 2
НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ
СХЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Цель работы - приобретение практических навыков работы с приборами учета электрической энергии различных типов и конструкций.

Задачи:

1. Детально изучить электрическую схему экспериментальной установки.
2. Проверить работоспособность установки прозвонкой отдельных узлов и визуальным осмотром схемы.
3. Запустить установку, проверить все режимы работы.
4. Снять необходимые характеристики для определения пересчетных коэффициентов счетчиков, задействованных в эксперименте.
5. Провести анализ проделанной работы и дать рекомендации по усовершенствованию лабораторной работы.

2.1. **Методические рекомендации**

2.1.1. **Организация учета расхода энергии на
промышленных предприятиях**

Учет энергии на промышленном предприятии позволяет получить информацию о количественных и качественных показателях энергохозяйства предприятия, необходимую для решения следующих задач:

- определение, анализ и планирование себестоимости различных видов выпускаемой продукции;
- внедрение хозрасчета на промышленном предприятии (в цехах, производственных участках и т.д.) и расчетов с внешними организациями за энергию, полученную со стороны;
- составление и анализ отчетных энергобалансов предприятия, отдельных цехов, участков и установок, определение фактического уровня энергоиспользования и выявление путей его повышения.

При учете энергии предусматривается выполнение следующих функций:

- регистрация первичных показателей количества и других параметров различных видов энергии, вырабатываемой на предприятии или получаемой со стороны и расходуемой предприятием;
- оперативный учет расходуемой энергии по объектам, где установлены приборы учета энергии и разработаны технически обоснованные нормы ее расхода;
- определение расхода энергии расчетным способом по тем общезаводским подразделениям и цехам, где нет приборов учета энергии.

Объектом учета является количество выработанной, поступившей со стороны, а также потребленной энергии отдельными цехами, производственными участками и установками.

Поставщики и потребители электроэнергии производят взаиморасчеты на основании показаний счетчиков.

Различают два вида учета электроэнергии: расчетный и технический (контрольный). Расчетным называют учет выработанной и отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее. Техническим называют учет электроэнергии, расходуемой внутри электростанций, предприятий и т.д. Счетчики называют соответственно расчетными и техническими.

Расчетный учет электроэнергии не только служит для денежных расчетов потребителей с электроснабжающими организациями за отпущенную электроэнергию, но и обеспечивает контроль соблюдения лимитов потребления.

На промышленных предприятиях благодаря техническому учету определяют расход электроэнергии по цехам и отдельным энергоемким агрегатам. Этот учет позволяет также

определять расход электроэнергии на единицу полуфабриката или готовой продукции, выпускаемой цехом или агрегатом.

Показания счетчиков обычно записывают в 0 часов 1-го числа каждого месяца. При снятии показаний со счетчиков электроэнергии необходимо помнить, что они имеют различные коэффициенты.

Коэффициентом счетчика называется число, на которое нужно умножить разность между последующим и предыдущим показаниями для получения фактического расхода электроэнергии, учтенной данным счетчиком.

Определяя расход электроэнергии по счетчикам, необходимо обращать внимание на их циферблат. У некоторых счетчиков на циферблате один или два последних знака справа отделены запятой или окрашены в красный цвет - это десятые или сотые доли киловатт-часов.

Коэффициенты счетчиков, установленных на промышленных предприятиях, рассчитывают так, чтобы получать расход электроэнергии в киловатт-часах. Коэффициенты бывают постоянные и дополнительные (поправочные). Постоянный коэффициент счетчика (множитель) пишут на его табличке.

Счетчик может быть заранее предназначен для работы через определенные измерительные трансформаторы. На табличке или кожухе такого счетчика указывают, для работы с какими измерительными трансформаторами (по коэффициентам трансформации) он отградуирован. В этом случае написанный на счетчике постоянный множитель является для него единственным.

При включении счетчика через измерительные трансформаторы его показания надо умножить на общий расчетный коэффициент для определения действительного расхода электроэнергии, прошедшей через счетчик.

Отделы режимов и электроконтроля, подчиняющиеся главному энергетiku или главному инженеру предприятия, на основании показаний счетчиков, записанных на 0 часов 1-го числа нового месяца, заполняют учетную карточку расхода электроэнергии. По учетной карточке составляют баланс электропотребления предприятия за отчетный месяц.

По балансу электропотребления подсчитывают коэффициент мощности $\cos\varphi = P/S$ за месяц и производят расчеты за отпущенную электроэнергию.

2.1.2. Классификация и технические характеристики счетчиков

Различают однофазные и трехфазные счетчики. Первые применяются для учета электроэнергии однофазного тока (в основном бытовые); вторые - трехфазного тока.

Трехфазные счетчики можно классифицировать следующим образом:

- 1) по роду измеряемой энергии - на счетчики активной и реактивной энергии;
- 2) в зависимости от схемы электроснабжения, для которой они предназначены, - на трехпроводные счетчики, работающие в сети без нулевого провода, и четырехпроводные, работающие в сети с нулевым проводом;
- 3) по способу включения счетчики можно разделить на 3 группы:
 - а) счетчики непосредственного включения (включаются в сеть без измерительных трансформаторов). Такие счетчики выпускаются на 0,4/0,23 кВ на токи до 100 А;
 - б) счетчики полукосвенного включения (своими токовыми обмотками включаются через трансформаторы тока). Обмотки напряжения включаются непосредственно в сеть. Применяются в сетях до 1 кВ;
 - в) счетчики косвенного включения (включаются в сеть через трансформаторы тока и трансформаторы напряжения). Область применения - сети выше 1 кВ.

2.1.3. Типы счетчиков переменного тока

СО - счетчики активной энергии, однофазные, непосредственного включения или включаемые через измерительные трансформаторы;

СОУ - счетчики активной энергии, однофазные, универсальные;

СА3-счетчики активной энергии, трехфазные, непосредственного включения или включенные через измерительные трансформаторы;

СА4 - то же, четырехпроводные;

СР3 - счетчики реактивной энергии, трехфазные, непосредственного включения или включенные через измерительные трансформаторы;

СР4 - то же, четырехпроводные;

СР3У - счетчики реактивной энергии, трехфазные, трансформаторные, универсальные, трехпроводные;

СР4У - то же, четырехпроводные.

2.1.1. Обозначения

С - счетчик;

А - активной энергии;

Р - реактивной энергии;

О - однофазный;

3 или 4 - для 3- или 4- проводной сети;

У - универсальный;

И - индукционный;

Д - с преобразователем (датчиком) импульсов.

2.1.2. Типы счетчиков постоянного тока

СА - счетчики ампер-часов непосредственного включения или для включения со вспомогательными частями;

СВ - счетчики вольт-часов непосредственного включения или для включения со вспомогательными частями;

СКВТ – счетчик киловатт-часов непосредственного включения или для включения со вспомогательными частями.

Счетчики СА применяются в электронной промышленности и связи, СВ - в электролизной промышленности, СКВТ - в электролизной промышленности и на электрифицированном транспорте.

Счетчики активной и реактивной энергии, снабженные дополнительными устройствами, относятся к счетчикам специального назначения:

- 1) тарифные счетчики, применяемые для учета электроэнергии, тариф на которую изменяется в зависимости от времени суток;
- 2) счетчики с предварительной оплатой, используемые для учета электроэнергии бытовых потребителей, живущих в отдаленных и труднодоступных населенных пунктах;
- 3) счетчики с указателем максимальной нагрузки, применяемые для расчетов с потребителями по двухставочному тарифу (за израсходованную электроэнергию и максимальную нагрузку);
- 4) телеизмерительные счетчики, служащие для учета электроэнергии и дистанционной передачи показаний;
- 5) образцовые счетчики, служащие для поверки счетчиков общего назначения.

Техническая характеристика счетчика определяется его основными параметрами. Номинальное напряжение и номинальный ток 3-фазных счетчиков указываются в виде произведения числа фаз на номинальные значения тока и напряжения; у четырехпроводных счетчиков указываются линейные и фазные напряжения. Например, 3х5А; 3х380/220В. У трансформаторных счетчиков вместо номинального тока и напря-

жения указываются номинальные коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов, для работы с которыми счетчик предназначен (3х150/5А; 3х6000/100В).

На счетчиках, называемых перегрузочными, указывается значение максимального тока непосредственно после номинального (5-20 А).

Класс точности счетчика - это его наибольшая допустимая относительная погрешность, выраженная в %. В соответствии с ГОСТ 6570-75 счетчики активной энергии должны изготавливаться классов точности 0,5; 1,0; 2,0; 2,5; реактивной энергии - 1,5; 2,0; 3,0.

Класс точности устанавливается для условий работы, называемых нормальными. К ним относятся:

- прямое чередование фаз;
- равномерность и симметричность нагрузок по фазам;
- номинальная частота (50 Гц \pm 5%);
- номинальное напряжение \pm 1%;
- температура окружающей среды 20° \pm 3° (для счетчиков внутренней установки) и т. д.

Передаточное число счетчика - это число оборотов его диска, соответствующее единице измеряемой энергии (например, 1 кВт ч = 450 об). Передаточное число указывается на табличке счетчика.

Постоянная счетчика - это значение энергии, которое он измеряет за один оборот диска. Если передаточное число "обороты на киловатт-час", то его постоянная $C = 3600 \cdot 1000$ Вт-с/об.

Чувствительность счетчика определяется наименьшим значением тока в % к номинальному при номинальном напряжении и $\cos\varphi = 1$, вызывающим вращение диска без остановки.

Емкость счетного механизма определяется числом часов работы счетчика при номинальных токе I и напряжении U , по истечении которых счетчик дает первоначальные показания. Согласно ГОСТ 6570-75 емкость составляет не менее 1500 ч.

Собственное потребление мощности (активной и реактивной) обмотками счетчиков ограничено стандартом. Мощность, потребляемая одной обмоткой напряжения счетчиков до 250 В, составляет для классов точности:

0,5; 1; 1,5- активная мощность 3 Вт, полная 12 В·А;
-2,0; 2,5; 3,0 -2 Вт и 8 В·А.

2.2. Схемы включения счетчиков

Счетчик электроэнергии является прибором, реагирующим не только на значение энергии, но и на направление ее передачи.

Как известно, в электрической цепи активная энергия передается от ее источника (генератора) к приемнику (нагрузке). Конец провода, обращенный к источнику питания, можно назвать генераторным, а другой конец, обращенный к нагрузке, - нагрузочным.

В четырехпроводной трехфазной симметричной сети напряжением до 1 кВ применяется схема (рис. 2.1). Общая мощность трехфазной симметричной системы равна:

$$P = 3 \cdot P_{\phi} = 3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos\varphi$$

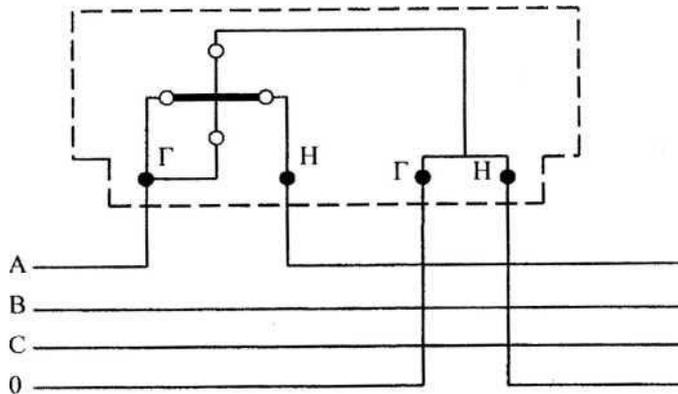


Рис. 2.1. Схема включения однофазного счетчика типа СО

В четырехпроводной трехфазной симметричной сети напряжением до 1 кВ применяется схема (рис.2.2), в которой для токовой обмотки используется трансформатор тока.

В трехпроводной трехфазной сети напряжением до 1 кВ находит применение схема включения счетчика на разность токов двух фаз и междуфазное напряжение (рис. 2.3). Показания счетчика пропорциональны общей мощности трехфазной симметричной нагрузки:

$$P = U_{bc} \cdot I_{ac} = 3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos\varphi$$

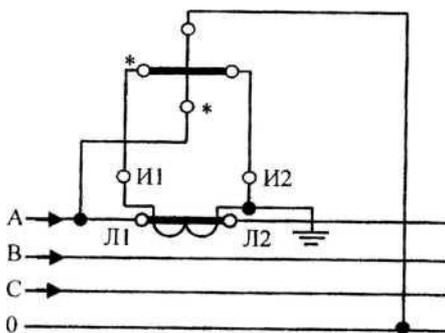


Рис. 2.2. Схема включения однофазного счетчика типа СОУ

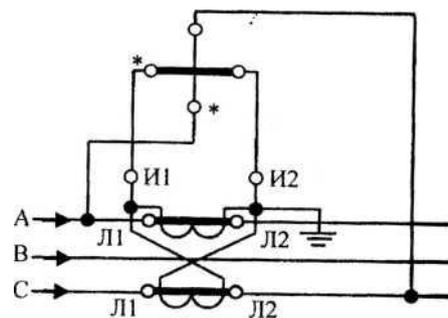


Рис. 2.3. Схема включения счетчика типа счетчика СОУ на разность токов двух фаз

Для измерения реактивной энергии изготавливают специальные счетчики с дополнительными катушками. Схема соединений реактивного двухсистемного счетчика изображена на рис. 2.4.

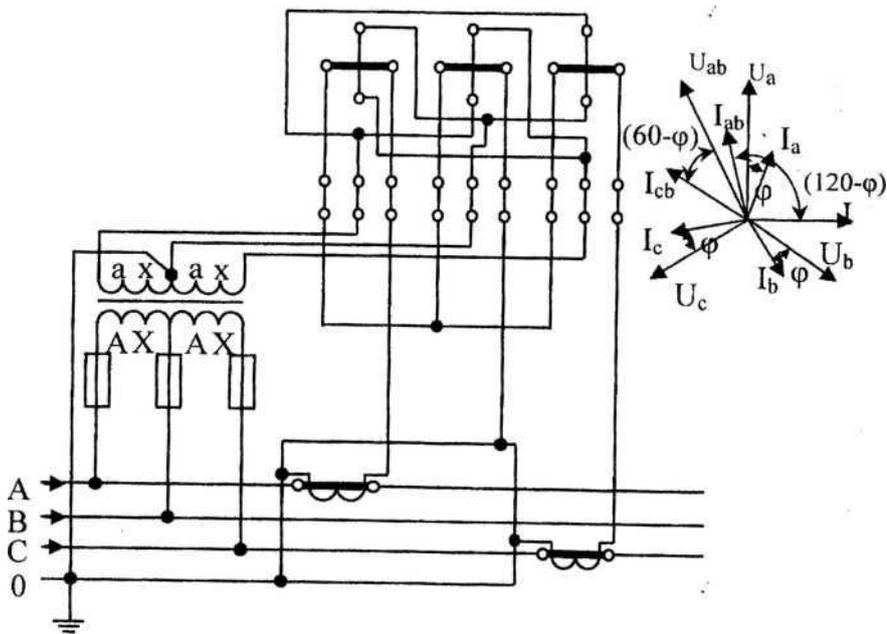


Рис 2.4. Схема включения реактивного двухсистемного счетчика

Ток прямого направления подводится в основные последовательные катушки от двух фаз (А и С), а ток обратного направления - в дополнительную катушку фазы В.

К началу параллельной катушки подводится напряжение, отстающее от фазы тока, а к концу - напряжение, опережающее фазу тока.

Например, при питании катушки первой системы счетчика током I_A К параллельной катушке от трансформатора напряжения подводится напряжение U_{BC} . Ко второй системе счетчика подводится соответственно ток I_C и напряжение U_{AB} . Следовательно, электроэнергия первой системы счетчика $W_1 = I_A \cdot U_{BC} \cdot \sin\varphi \cdot t$, а второй системы - $W_2 = I_C \cdot U_{AB} \cdot \sin\varphi \cdot t$. Потребляемая реактивная энергия:

$$W = \frac{\sqrt{3}}{2} (W_1 + W_2).$$

Для расчетного и контрольного учета активной энергии в трехфазной трехпроводной сети при любой нагрузке фаз временно разрешается при отсутствии трехфазного счетчика применение двух однофазных счетчиков, так называемых "парников", соединенных по схеме двух ваттметров. Расход энергии определяется как сумма значений энергии, учтенной каждым из счетчиков (рис. 2.5 и 2.6):

$$W = W_1 + W_2 (\cos\varphi > 0,5).$$

При $\cos\varphi = 0,5$ диск одного из счетчиков (включенного в отстающую фазу) вращается в сторону, обратную нормальной, поэтому показания счетного механизма этого счетчика не увеличиваются, а уменьшаются и их нужно считать отрицательными.

Для расчетного и контрольного учета активной энергии с любой неравномерностью нагрузки фаз в четырехпроводных сетях временно разрешается применение трех однофазных счетчиков - "тройников" (рис. 2.7).

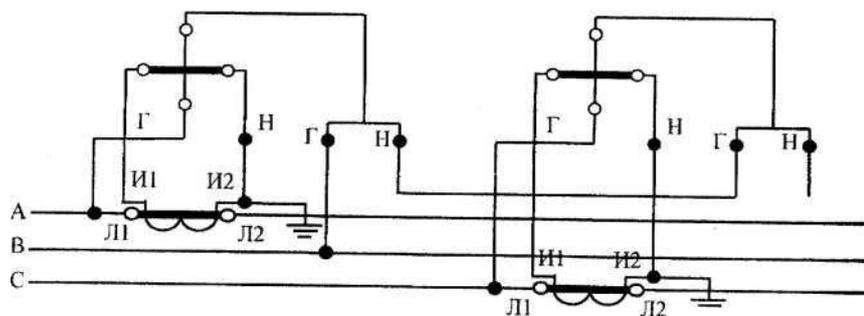


Рис. 2.5. Схема включения двух однофазных счетчиков типа СОУ

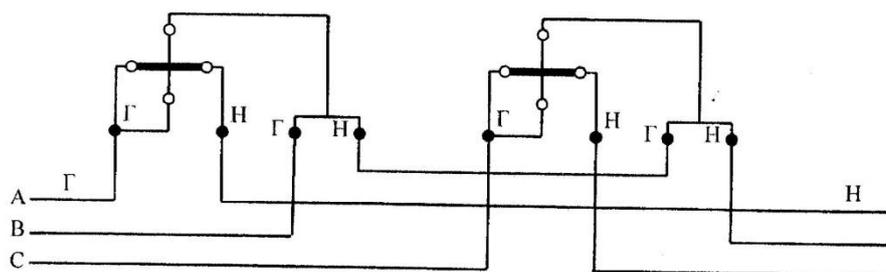


Рис. 2.6. Схема включения двух однофазных счетчиков типа СО

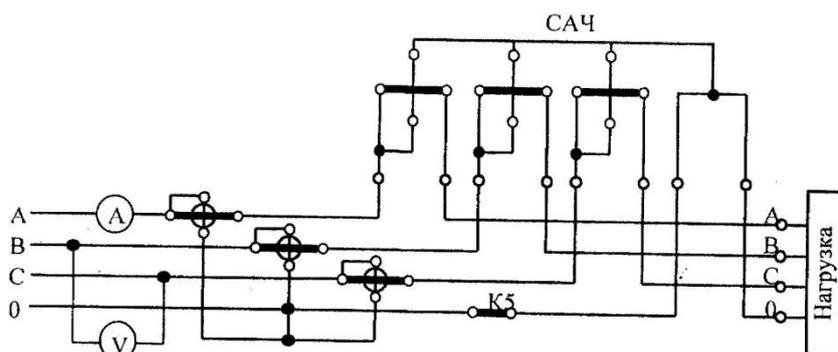


Рис 2.7. Схема включения трех однофазных счетчиков типа СО

Номинальное напряжение применяемых для этого счетчиков должно соответствовать фазному напряжению сети. Расход энергии подсчитывается как сумма разностей показаний каждого из трех счетчиков за определенный период:

$$W = 3 \cdot W_{сч},$$

где W - энергия расхода;
 $W_{сч}$ - показание счетчика.

Схема (см. рис 2.7) применяется для учета потребления электроэнергии отдельными трехфазными двигателями или группами двигателей при отсутствии однофазных нагрузок.

Правильное включение счетчика проверяется по построению векторной диаграммы с помощью вольтамперфазоиндикатора ВАФ-85.

2.3. Порядок выполнения работы

До выполнения практической части нужно ознакомиться с конструкцией, назначением и схемами включения счетчиков (см. рис. 2.1-2.7).

Затем:

- 1) собрать указанную преподавателем схему учета электрической энергии;
- 2) проверить работоспособность схемы;
- 3) записать показания приборов в табл. 2.1 и, изменяя ее в соответствии с заданной схемой, определить по секундомеру время 10 оборотов диска счетчика.

Примечание. Нагрузка задается преподавателем.

Таблица 2.1

| Нагрузка | Измерено | | | | | | | Вычислено | | |
|----------|---------------|---------|---------------|---------------|----------|---------|----------|-----------|------------|--------------|
| | \dot{U} , В | I , А | P_{w1} , Вт | P_{w2} , Вт | n , об | t , с | P , Вт | W , Дж | W_0 , Дж | δ , % |
| | | | | | 10 | | | | | |
| | | | | | 10 | | | | | |
| | | | | | 10 | | | | | |
| | | | | | 10 | | | | | |

2.4. Расчетные формулы

Мощность трехфазной системы:

$$P = P_{w1} + P_{w2} + P_{w3}.$$

Энергия, зарегистрированная счетчиком:

$$W = C n,$$

где $C = (3600 \cdot 1000) / N_0$ - постоянная счетчика;

N_0 - передаточное число.

2.5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Рабочие схемы (схема электроустановки представлена на рис. 2.8).
3. Таблица с результатами измерений и вычислений.
4. Векторная диаграмма токов и напряжений 3-фазной цепи для симметричных режимов.

Литература

1. *Вострокнутов, Н.Г.* Электрические счетчики и их эксплуатация. 6-е изд., доп. и перераб. - М. - Л.: Госэнергоиздат, 1959.-278 с.
2. Электрические измерения / Под ред. В. Н. Малиновского. - М.: Энергоатомиздат, 1985. -416 с.
3. *Вострокнутов, Н. Г.* Электрические измерения. - М.: Высшая школа, 1966. - 271 с.
4. *Шульц, Ю.* Электроизмерительная техника. 100 понятий для практиков. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 287 с

3~380

В

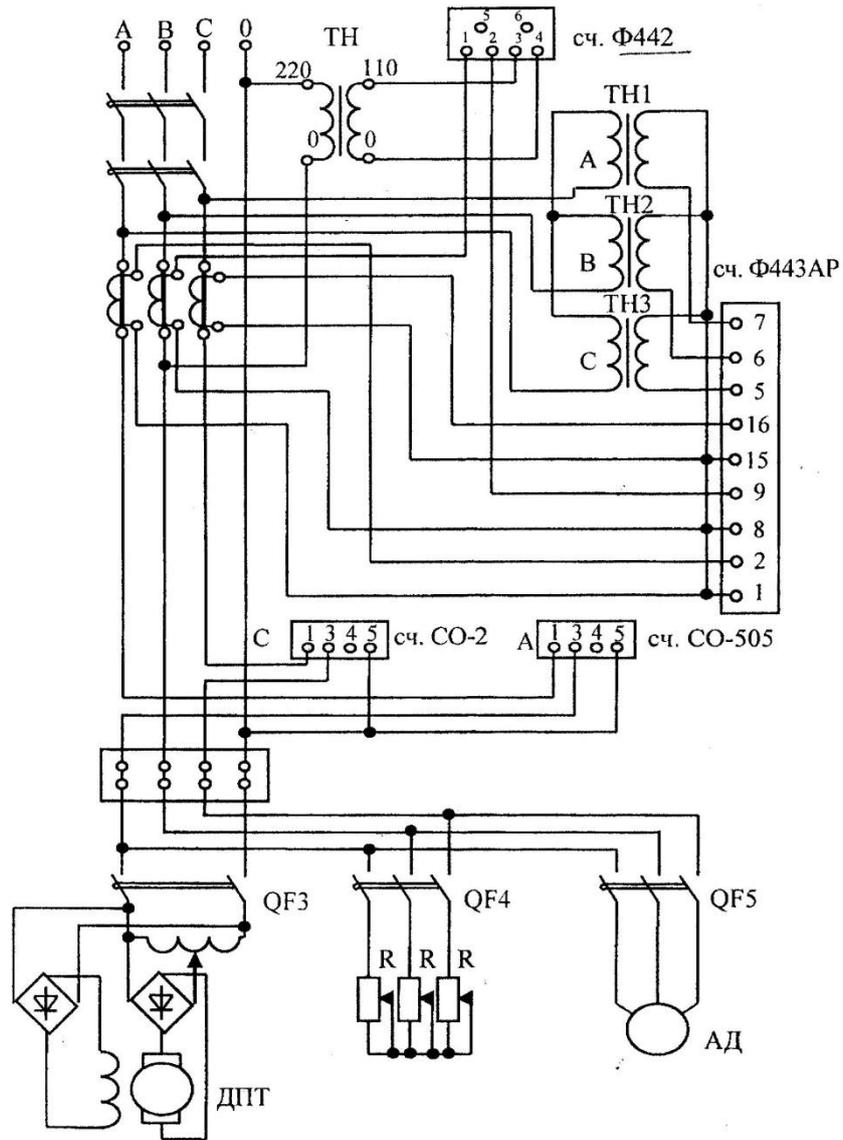


Рис. 2.8. Электрическая схема лабораторной установки

**НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ
НИЗКОВОЛЬТНОЙ АППАРАТУРЫ
И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
(НВА И КИП)**

Цель работы - приобретение умений и навыков общих испытаний НВА и КИП.

Задачи:

1. Детально изучить методические указания и схемы экспериментальных установок.
2. Провести внешний и технический осмотр аппаратов.
3. Определить провал и раствор контактов.
4. Проверить одновременность замыкания контактов.
5. Измерить силу нажатия контактов.
6. Измерить электрическое сопротивление контактов.
7. Измерить временные параметры.
8. Проверить срабатывание аппаратов.
9. Практически ознакомиться с контрольно-измерительным прибором по указанию преподавателя.

3.1. Методические рекомендации

3.1.1. Внешний осмотр аппаратов

Внешний осмотр каждого аппарата производится на специальном столе-стенде, снабженном упорами, кронштейнами или другими устройствами для фиксации аппаратов в рабочем положении. Стенд может иметь местное освещение.

При техническом осмотре проверяют:

- внешний вид, наличие операционных клейм и пломб;
- комплектность;
- наличие и состояние антикоррозионных покрытий, отделки, отсутствие повреждений защитных, защитно-декоративных и специальных покрытий, тщательность отделки;
- габаритные, монтажные размеры, массу;
- четкость и правильность маркировки;
- качество контактных соединений;
- зазоры и люфты;
- усилия нажатия контактов;
- наличие заземления;
- удобство и безопасность обслуживания;
- монтаж электрической схемы.

Проверяют также плавность и четкость перемещения подвижных частей аппаратов, отсутствие затираний в промежуточных положениях.

3.1.2. Определение провала и раствора контактов аппаратов

Провал - расстояние, на которое переместился бы подвижный контакт после первого соприкосновения, если бы условно не было неподвижного контакта. Провал необходим для нормального функционирования аппарата при коммутации. При исчезновении предусмотренного провала может произойти приваривание контактов, чрезмерный их нагрев, приводящий к разрушению рядом расположенных деталей из изоляционных материалов, выгорание контактов. С уменьшением провала уменьшается контактное нажатие, увеличивается переходное сопротивление контактов, возрастает температура.

Провал контактов можно определить в их включенном положении одним из

следующих методов:

- измерением расстояния, на которое смещается место соприкосновения подвижного контакта при удалении неподвижного после их соприкосновения;
- измерением зазора между подвижным контактом и его упором с последующим пересчетом по размерам, указанным в чертежах;
- разностью полного хода контактной траверсы и ее хода до соприкосновения контактов, которая фиксируется по срабатыванию электрического индикатора.

В качестве индикатора могут применяться: неоновая лампа, миллисекундомер, иной регистрирующий прибор, обеспечивающий необходимую точность.

Причины исчезновения провала: коммутационный износ контактов; наклеп при отключении обесточенной цепи; износ шарнирных соединений; деформация или поломка деталей аппарата; изменение жесткости пружин.

Необходимый раствор контактов определяется испытательным напряжением, принятым для данного аппарата, электрическими свойствами среды, в которой находятся контакты, выбранной системой дугогашения.

Раствор контактов определяют:

- путем непосредственного измерения кратчайшего расстояния между контактами в их отключенном положении;
- по ходу контактной траверсы до соприкосновения контактов, которое фиксируется по срабатыванию электрического индикатора.

Методы определения значений провала и раствора контактов должны быть изложены в стандартах или ТУ на отдельные виды, серии, типы аппаратов.

3.1.3. Проверка взаимозаменяемости сборочных единиц аппаратов

Взаимозаменяемость стандартных единиц и деталей аппаратов, изготавливаемых в качестве запасных, следует проверять в соответствии с инструкцией по эксплуатации путем замены их без применения специального инструмента (если он не входит в комплект аппарата).

3.1.4. Проверка пробного монтажа аппаратов

Для проверки пробного монтажа аппарат устанавливают в рабочем положении и крепят всеми предусмотренными крепежными деталями. К аппарату подводят провода, кабели и шины, имеющие сечения, необходимые для нормальной эксплуатации. При этом проверяют удобство монтажа, возможность монтажа изделия без применения специального инструмента (если последний не поставляется комплектно с аппаратом), отсутствие нарушений работы аппарата от подводящих проводов и от затягивания болтовых соединений.

3.1.5. Проверка зацеплений аппаратов

Конструкции различных аппаратов предусматривают осуществление зацепления и расцепления в процессе их работы. Величина зацепления влияет на четкость функционирования, на устойчивость к механическим воздействиям, на время срабатывания аппарата. Измерение зацеплений удобнее производить специальными приспособлениями, но можно и стандартным мерительным инструментом.

3.1.6. Проверка неодновременности замыкания контактов аппаратов

Неодновременность замыкания контактов приводит к неравномерному и более форсированному износу контактов, как при отключении, так и при включении электрического аппарата, а следовательно, к преждевременному выходу его из строя.

Для проверки неодновременности замыкания контактов систему подвижных контактов принудительным образом опускают до такого положения, при котором один из

подвижных контактов коснется неподвижного. В таком положении шунтами или предельным калибром измеряют расстояние между контактами остальных полюсов. Неодновременность замыкания контактов условно определяется как линейная величина, соответствующая измеренным расстояниям. Проверка неодновременности замыкания контактов осуществляется с применением электрического индикатора (рис.3.1) или с помощью электрических, электронных секундомеров (рис. 3.2, 3.3) в соответствии со схемами, изображенными на рис. 3.4 и 3.5.

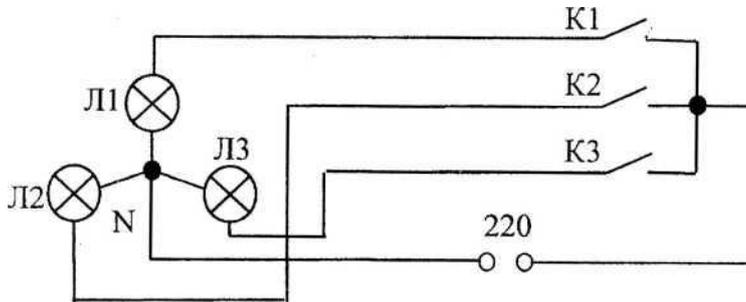


Рис. 3.1. Схема определения одновременности замыкания контактов аппарата с помощью электрического индикатора

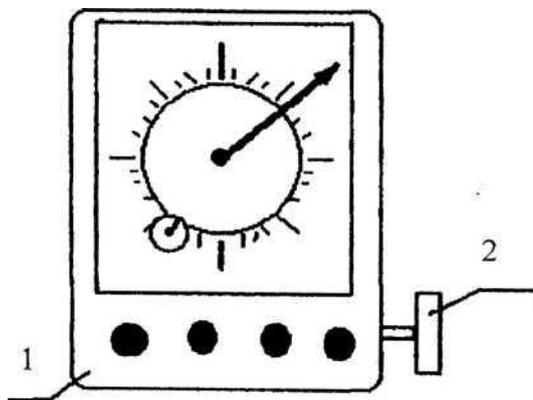


Рис. 3.2. Внешний вид секундомера ПВ-53Л: 1 - зажимы для подключения; 2 - кнопка возврата стрелок на нуль

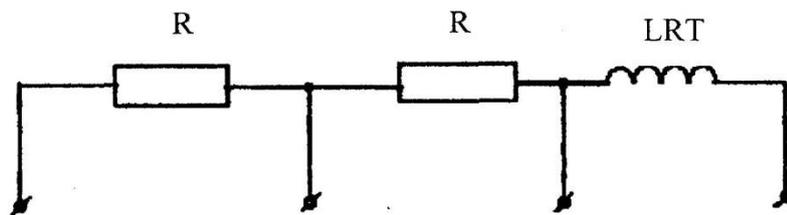


Рис. 3.3. Принципиальная схема секундомера ПВ-53Л: R- встречные резисторы; LRT- обмотка секундомера

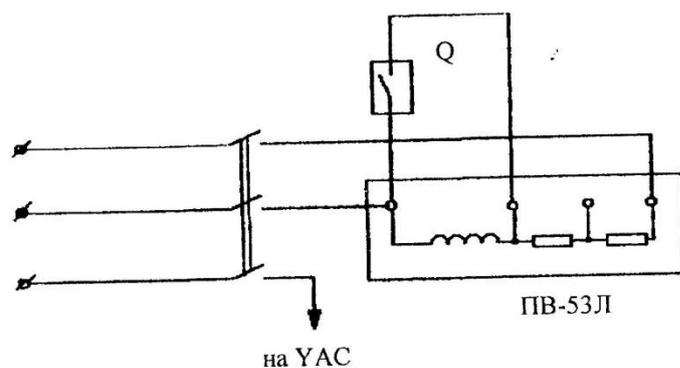


Рис. 3.4. Схемы измерения времени включения коммутационного аппарата: Q- коммутационный аппарат; УАС- электромагнит включения

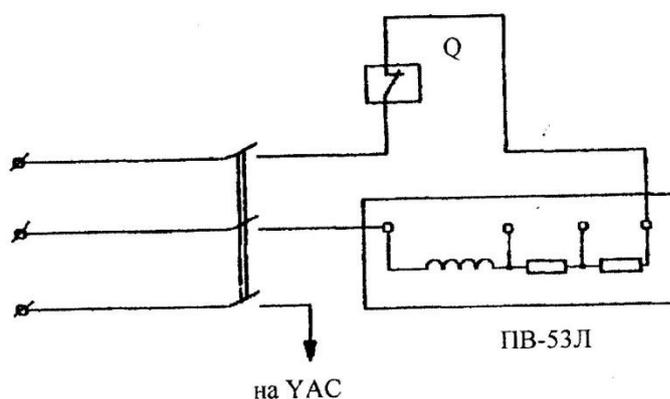


Рис. 3.5. Схемы измерения времени отключения коммутационного аппарата: Q- коммутационный аппарат; УАС- электромагнит отключения

3.1.7 Измерение силы нажатия контактов аппаратов

Контактное нажатие необходимо для обеспечения минимального переходного сопротивления. Кроме того, контактное нажатие исключает вибрацию контактов при включении. Обычно контактная пружина имеет предварительный натяг (деформацию) при разомкнутых контактах. Поэтому сразу же с момента касания сила нажатия возрастает не с нуля, а с величины предварительного контактного нажатия и определяется по теоретическим зависимостям, эмпирическим формулам или графически. Величина начального нажатия принимается равной 0,4;...;0,75 величины конечного нажатия.

Сила нажатия контактов измеряется динамометром (рис. 3.6). Направление усилия, прикладываемого к приспособлению и оттягивающего подвижный контакт 3 от неподвижного 1, должно быть перпендикулярно плоскости неподвижного контакта. Величина нажатия определяется показанием динамометра 2 в момент отхода подвижного контакта от неподвижного. Отход фиксируется при помощи электрической лампочки, включенной в цепь полюса. Вместо электрического индикатора можно использовать бумажную полоску толщиной не более 0,1 мм, зажатую между контактами. Она должна полностью перекрывать поверхность соприкосновения контактов. Воздействуя на динамометр, испытатель пытается извлечь полоску. В момент ее освобождения производится отсчет показания прибора. Предпочтительным является определение момента размыкания с помощью электрического индикатора.

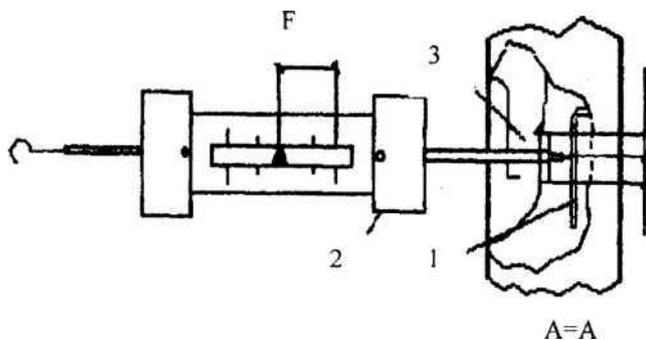


Рис. 3.6. Измерение силы нажатия контактов с помощью динамометра

Определение силы конечного нажатия осуществляется во включенном состоянии. Величину нажатия определяют как среднее арифметическое трех (минимум) измерений.

Если невозможно измерить силу нажатия контакта указанным способом, то допускается определять ее по деформации пружин, измеренной штангенциркулем. При этом надо знать зависимость деформации от силы нажатия пружины. Причиной расхождения измеренного контактного нажатия от указанного в документации может быть неправильная регулировка при сборке, нарушение фиксации пружины или утрата ею жесткости.

3.1.8. Проверка электрического сопротивления контактов аппаратов

Проверка электрического сопротивления производится специальными измерительными приборами по методам, изложенным в инструкциях на эти приборы.

Наиболее часто применяется метод амперметра-вольтметра (рис. 3.7). Для измерения сопротивления через аппарат пропускают постоянный ток. Сила тока и напряжение источника подбираются так, чтобы они были не более номинальных.

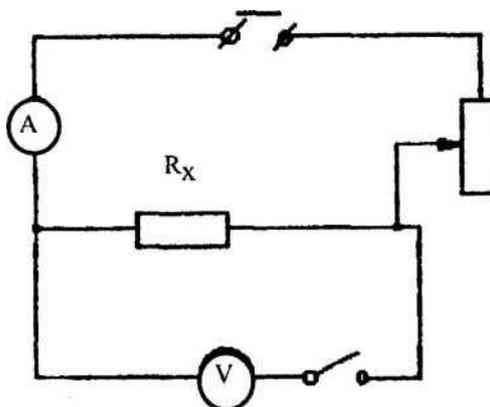


Рис. 3.7. Схема метода амперметра-вольтметра

При измерении сопротивления следует учитывать погрешность, обусловленную подключением приборов.

$$R_x = \frac{U}{I},$$

где U - напряжение, измеренное вольтметром, В;

I - сила тока, измеренная амперметром, А;

R_x - сопротивление контакта, Ом.

3.1.9. Измерение времени и напряжения срабатывания устройств, а также времени и напряжения их возврата

Все элементы электросхемы проходят соответствующие виды проверок и наладки. Важнейшим элементом наладки коммутационных аппаратов является настройка, которая сводится к обеспечению условий надежного переключения (срабатывания) контактов (рис. 3.8). Условием правильной работы является срабатывание устройств при подведении к его обмоткам напряжения или тока определенного значения. Для большинства типовых аппаратов низкого напряжения напряжение срабатывания и возврата не должно превышать $0,8 U_H$. Это обусловлено требованием работы аппаратуры при колебаниях или отклонениях напряжения в цепях оперативного тока в пределах до $0,8 U_H$. Для дистанционного управления различными устройствами, двигателями часто применяются магнитные пускатели (например, типа ПМЕ-221, ПМЕ-071УЗ). Напряжение их срабатывания должно составлять примерно $0,85 U_H$, а напряжение возврата - не ниже $(0,5...0,6) U_H$. Более низкое напряжение срабатывания пускателей или контакторов, установленных в цепях электродвигателей, может поставить в тяжелые условия их пуск, а при снижении напряжения у работающего двигателя последний перегрузится током.

Измерение времени включения и отключения коммутирующих аппаратов производится с помощью секундомеров и миллисекундомеров. Наибольшее распространение получили лабораторные переносные электрические секундомеры типа ПВ-53Л (см. рис. 3.2), позволяющие производить измерения в пределах $0... 10$ с с погрешностью не более $\pm 0,05$ с.

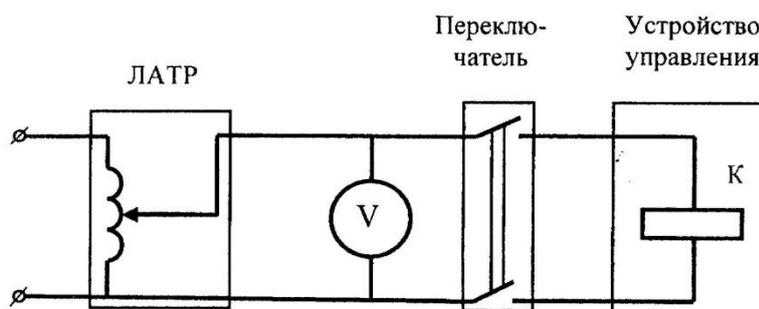


Рис. 3.8. Схема измерения напряжения срабатывания устройств

3.2. Содержание отчета

1. Краткое описание методов проведения комплекса общих испытаний аппаратов.
2. Анализ результатов экспериментов, составление соответствующих таблиц записей результатов измерений.
3. Необходимые записи по изучению предложенного прибора.
4. Анализ результатов проведенных испытаний. Выводы.

Л и т е р а т у р а

1. *Нами́токов, К. К.* Организация и методы испытаний аппаратов низкого напряжения. - М.: Информэлектро, 1977. - 96 с.
2. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий /Под ред. М. Г. Зименкова. - М: Энергоатомиздат, 1983. - 480 с.

Лабораторная работа № 4
ОПЫТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
АСИНХРОННЫХ МАШИН (ОПЫТНАЯ ЧАСТЬ)

Цель работы - приобретение навыков по овладению новыми методиками испытания электрооборудования.

Задачи:

1. Научиться по принципиальной электрической схеме находить реальное электрооборудование исследуемой установки и уверенно запускать установку в работу.
2. Научиться измерять активное сопротивление обмотки статора по выбранному самим студентом методу. Определить активное сопротивление реального асинхронного двигателя (АД).
3. Провести эксперимент по определению параметров идеального холостого хода реальной асинхронной машины.
4. Подготовить необходимые исходные данные для определения параметров схемы замещения асинхронной машины.
5. Овладеть опытно-аналитическим методом определения параметров асинхронной машины.
6. Дать критическую оценку проделанной работе.

4.1. Методические рекомендации

4.1.1. Введение

Существует большое количество методов определения параметров асинхронных машин. Самый распространенный основывается на проведении опытов короткого замыкания (КЗ) и холостого хода (ХХ). Он требует наличия источника с регулированием напряжения, проведения в полном объеме опытов КЗ и ХХ и не отличается большой точностью. Использование метода в производственных условиях крайне затруднительно, особенно если $P \geq 10$ кВт.

Метод электромагнитного расчета громоздкий, и его использование для определения параметров готовых машин неэффективно. Разработаны также методы определения параметров трехфазного АД на основе несимметричного питания, а также метод определения параметров АД, базирующийся на результатах опыта холостого хода и нагрузки с использованием Т-образной схемы замещения.

Ни один из этих способов не может быть использован для определения параметров АД в производственных условиях по причине их сложности. Производственные условия диктуют необходимость максимальной простоты опытов, минимального количества измерительных приборов и дополнительных устройств, отсутствие любых изменений электрической схемы объекта. Поэтому метод должен максимально использовать взаимосвязь параметров и реализовать их зависимости в аналитической форме.

4.1.2. Метод опытно-аналитического определения электрических параметров асинхронных машин

Метод позволяет получить варианты параметров АД, провести их аналитическое и графическое исследование, выбрать наиболее целесообразные варианты и уточненные параметры. Исходными данными для определения электрических параметров АД являются: каталожные данные, опытные данные идеального холостого хода АД (при $n = n_1$), а также знание проектирования асинхронных машин. Знание каталожных данных ограничивается знанием данных заводского щитка двигателя $U_n, I_n, n_n, \cos\varphi_n$. Опыт идеального холостого хода (для определения U, I_0, P, Q) реализуется с помощью вспомогательной машины в виде двигателя постоянного тока.

Одновременно с проведением опыта идеального холостого хода осуществляется измерение омического сопротивления фазы обмотки статора в холодном или в горячем состоянии. Это сопротивление, приведенное к стандартной температуре 75 °С или 115 °С, является активным сопротивлением фазы обмотки статора (эффект вытеснения тока принимается равным единице). Используя полученные данные, Г-образную и Т-образную схемы замещения АД, опыт проектирования асинхронных машин, предложен алгоритм определения параметров схемы замещения.

Алгоритм реализации метода базируется на анализе Г-образной схемы замещения (рис. 4.1) при частоте вращения ротора $s = 0$ (идеальный холостой ход, реализуемый с помощью первичного двигателя). При нагретом двигателе производим замеры полной и активной мощности, тока идеального холостого хода I_{00} .

Тогда на основании Г-образной схемы замещения при $s = 0$ имеем:

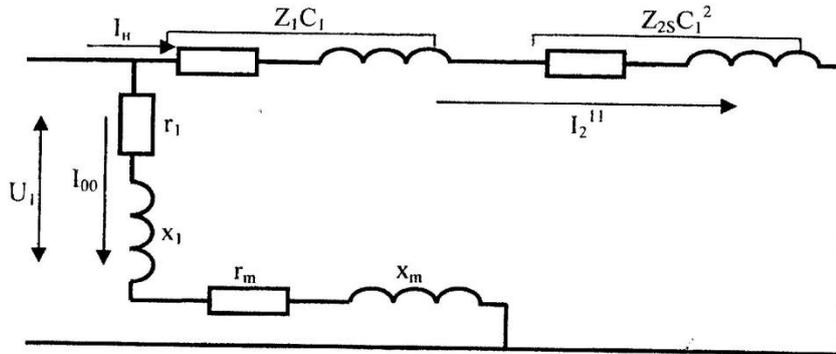


Рис. 4.1. Г-образная схема замещения асинхронной машины

Тогда на основании Г-образной схемы замещения при $s = 0$ имеем:

$$z_1 + z_m = \frac{U_1}{I_{00}}, \text{ так как } \frac{r_2}{s} = \frac{r_2}{0} = \infty.$$

Если замеренное реальное напряжение сети отличается от U_H , т.е. $U_1 \neq U_H$, то ток I_{00} пересчитывается для U_H :

$$I_{00} = \frac{U_H}{z_1 + z_m}; \operatorname{tg} \varphi_{00} = \frac{Q}{P}; \cos \varphi_{00} = \frac{P}{S}, \sin \varphi_{00} = \frac{Q}{S}.$$

На основании данных заводского щитка представляем ток в виде комплекса:

$$\underline{I}_H = I_H e^{-j\varphi_H}, \text{ где } \varphi_H = \arccos \varphi_H.$$

На основании опыта холостого хода имеем:

$$\left. \begin{aligned} x_1 + x_m &= (z_1 + z_m) \cdot \sin \varphi_{00}, \\ r_1 + r_m &= (z_1 + z_m) \cdot \cos \varphi_{00}. \end{aligned} \right\}$$

Измеряем омическое сопротивление r_1 и, считаем его активным (измерения проводим при нагретой машине, что позволяет точнее осуществить опыт холостого хода и получить более точное значение r_1 и I_{00}).

Тогда

$$r_m = (z_1 + z_m) \cos \varphi_{00} - r_1.$$

Для разделения $x_1 + x_m$ на x_1 и x_m воспользуемся опытом проектирования асинхронных машин:

$$\underline{z}_1 + \underline{z}_m = \underline{z}_m \cdot \left(1 + \frac{\underline{z}_1}{\underline{z}_m}\right) = \underline{z}_m \cdot \underline{C}_1,$$

где $\underline{C}_1 = 1 + \frac{\underline{z}_1}{\underline{z}_m}$ представляет собой комплексное выражение.

Проанализируем комплекс \underline{C}_1 :

$$\begin{aligned} \underline{C}_1 &= 1 + \frac{\underline{z}_1}{\underline{z}_m} = 1 + \frac{r_1 + jx_1}{r_m + jx_m} \approx 1 + \frac{r_1 + jx_1}{jx_m} = 1 + \frac{r_1}{jx_m} + \frac{jx_1}{jx_m} = \\ &= 1 + \frac{x_1}{x_m} + \frac{r_1}{jx_m} \approx 1 + \frac{x_1}{x_m}, \end{aligned}$$

так как r_m и $r_1 \ll x_m$.

По данным [2, с.500] модуль C_1 изменяется в зависимости от мощности АД в диапазоне 1,02 - 1,08. Тогда отношение $x_1 / x_m = 0,02 \dots 0,08$.

А. И. Вольдек приводит данные [2, с. 496], согласно которым

$$x_{m*} = 2 \dots 4 ; x_{\sigma 1} = 0,08 \dots 0,13 .$$

Указывается также, что x_{m*} изменяется с увеличением числа пар полюсов машины [2, с. 496]. При $x_{m*} = 2$ или 4 имеем:

$$|\underline{C}_1| = 1 + \frac{0,08 \dots 0,13}{2} = 1 + (0,04 \dots 0,07)$$

или
$$\underline{C}_1 = 1 + \frac{0,08 \dots 0,13}{4} = 1 + (0,02 \dots 0,03).$$

Для наиболее распространенных в промышленности АД мощностью от 3 до 1000 кВт параметры в относительных единицах имеют следующие значения:

$$x_{*m} = 2,5 \dots 3,5 ; x_{*1} = 0,07 \dots 0,15 [3, с.403].$$

$$\text{Тогда } (x_{*1} / x_{*m}) = 0,02 \dots 0,06 .$$

Таким образом, задаваясь отношением $(x_1 / x_m) = K$, можно определить x_1 и x_m из системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} x_1 + x_m &= (z_1 + z_m) \cdot \sin \varphi_{00} , \\ \frac{x_1}{x_m} &= K . \end{aligned} \right\}$$

Тогда

$$x_m = \frac{(z_1 + z_m) \cdot \sin \varphi_{00}}{1 + K}, \quad x_1 = K \cdot x_m.$$

Зная составляющие сопротивлений Z_1 и Z_m определяем комплекс \underline{C}_1 . Уравнение МДС для Г-образной схемы замещения имеет вид

$$\underline{I}_1 + \underline{I}''_2 = \underline{I}_{00}, \quad \text{откуда } -\underline{I}''_2 = \underline{I}_1 - \underline{I}_{00}.$$

По комплексу тока и номинальному напряжению на основании Г-образной схемы замещения определяется выражение:

$$\underline{z}_1 \cdot \underline{C}_1 + \underline{z}_{2s} \cdot \underline{C}_1^2 = \frac{U_1}{-I''_2}.$$

Преобразовав полученное выражение, запишем:

$$\underline{z}_{2s} = \left(\frac{U_1}{-I''_2 \cdot \underline{C}_1} - \underline{z}_1 \right) \cdot \frac{1}{\underline{C}_1}.$$

Для номинального режима полученное выражение имеет вид

$$\underline{z}_{2s_n} = \left(\frac{U_1}{-I''_{2n} \cdot \underline{C}_1} - \underline{z}_1 \right) \cdot \frac{1}{\underline{C}_1}$$

или $\underline{z}_{2s_n} = \frac{r'_2}{s_n} + jx'_2$, откуда

$$r'_2 = R_e \cdot (\underline{z}_{2s_n}) \cdot s_n,$$

где $s_n = \frac{n_1 - n}{n_1}$ – номинальное скольжение АД.

Таким образом, задаваясь рядом значений (X_1/X_m) от 0,02 до 0,1, можно рассчитать ряд вариантов значений параметров схемы замещения асинхронного двигателя. Проверку полученных параметров можно осуществить расчётом тока и $\cos\varphi$ для номинального режима. Условием, определяющим правильный выбор параметров, является совпадение расчётных $I_{1нн}$ и $\cos\varphi_n$ с каталожными данными.

Другим критерием, подтверждающим правильность выбранных параметров схемы замещения, является соблюдение соотношений

$$\frac{I_\mu \cdot x_m}{U_n} \geq 0,97,$$

где I_μ – намагничивающий ток,

$$1 - \frac{I_\mu \cdot x_1}{U_n} \geq 0,98 \dots 0,9.$$

Этот критерий также учитывается при определении параметров схемы замещения АД.

4.1.3. Порядок работы с радиоволновым тахометром

1. При проведении измерений в режиме автоматической настройки повернуть ручку «Настройка» в крайнее левое положение.

2. Включить тахометр и установить необходимый диапазон измерений (об/мин).

3. Направить антенну первичного преобразователя на вращающийся объект под углом от 10° до 90° к оси вращения объекта. Плавно двигая первичный преобразователь в сторону вращения объекта или от него, добиться загорания максимального количества элементов индикатора.

4. Не более чем через 3 секунды после установки первичного преобразователя относительно объекта измерений должен загореться индикатор «Автосопровождение», который сигнализирует о захвате системой ФАП измеряемой частоты на автосопровождение и о возможности считывания показаний цифрового табло.

5. Если измеряемая частота превышает значение, которое может быть отображено на

цифровом табло, то необходимо перейти на высший диапазон измерений.

6. При наличии мешающих низкочастотных вибраций объекта измерения их можно ослабить поворотом вправо ручки фронта высокой частоты (ФВЧ).

4.1.4. Методы определения омического сопротивления обмотки статора

Метод амперметра и вольтметра. Этот метод основан на раздельном измерении тока в цепи измеряемого сопротивления R_x и напряжения на зажимах с последующим вычислением значения R_x по показаниям измерительных приборов^

$$R_x = \frac{U}{I}$$

Достоинство метода заключается в простоте его реализации. Недостаток - в сравнительно невысокой точности результата измерений, которая ограничена классом точности применяемых измерительных приборов и методической погрешностью. Последняя обусловлена влиянием мощности, потребляемой измерительными приборами в процессе измерения, т.е. конечным значением собственных сопротивлений амперметра и вольтметра.

Выразим методическую погрешность через параметры схемы. На схеме (рис. 4.2,а) вольтметр показывает напряжение на зажимах R_x , а амперметр - сумму токов ($I + I_v$).

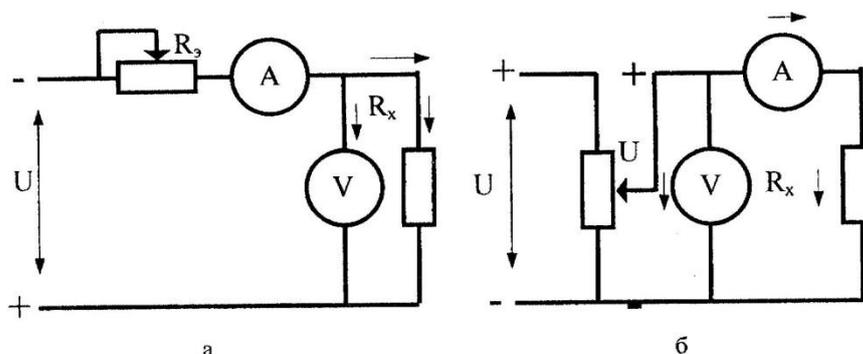


Рис. 4.2. Схема для измерений малых (а) и больших (б) сопротивлений методом амперметра и вольтметра

Следовательно, результат измерения R , вычисленный по показаниям приборов, будет отличаться от R_x :

$$R = \frac{U}{I + I_v} = \frac{U}{\frac{U}{R_x} + \frac{U}{R_v}} = \frac{R_x}{1 + \frac{R_x}{R_v}}$$

В схеме (рис. 4.2,б) амперметр показывает значение тока в цепи с R_x , а вольтметр - сумму падений апряжений на резисторе R_x и амперметра U_a . Учитывая это, можно по показаниям приборов вычислить результат измерения:

$$R = \frac{U + U_a}{I_a} = \frac{I_a \cdot R_x + I_a \cdot R_a}{I_a} = R_x + R_a$$

Следовательно, при определении сопротивления по схеме (рис. 4.2,а) запишем:

$$R_x = \frac{R}{1 - \frac{R}{R_v}}$$

а по схеме (рис. 4.2,б) –

$$R_x = R - R_a.$$

Косвенный метод определения омического сопротивления с помощью источника постоянного тока и вольтметра. Схема данного метода представлена на рис 4.3.

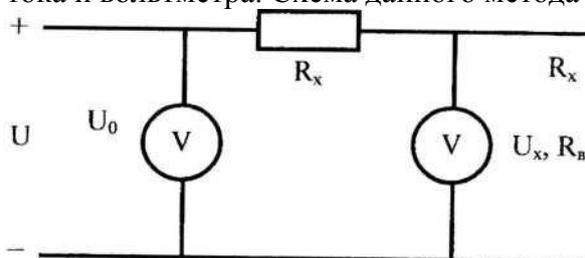


Рис. 4.3. Схема определения сопротивления с использованием вольтметра

Сопротивление определяется по формуле

$$\frac{U_0 - U_x}{R_x} = \frac{U_x}{R_v} \rightarrow R_x = \frac{U_0 - U_x}{U_x} \cdot R_v = \left(\frac{U_0}{U_x} - 1 \right) \cdot R_v,$$

где R_v – сопротивление вольтметра.

Измерение сопротивлений двойным мостом. Двойной мост, схема которого изображена на рис. 4.4, предназначен для измерения малых сопротивлений. Контроль равновесия производится сравнивающим устройством (СУ).

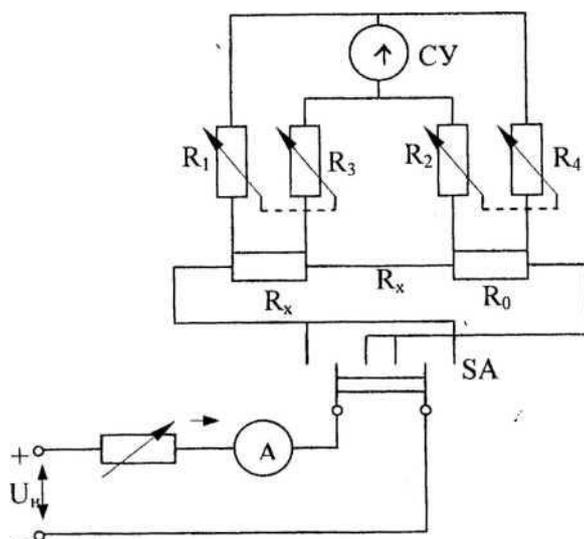


Рис. 4.4. Принципиальная схема двойного моста

Измеряемое сопротивление R_x включено последовательно с образцовым R_0 , значение которого выбирается одного порядка с измеряемым. При помощи переключателя SA цепь подключается к источнику питания с напряжением U_H . Поскольку R_x и R_0 малы, то удобно контролировать не напряжение на зажимах R_x и R_0 , а ток в этой цепи, поэтому в схему введен амперметр. Сопротивление проводника, объединяющего R_x и R_0 с учетом переходных сопротивлений контактов, обозначено R . Уравнение равновесия моста можно найти следующим образом: треугольник сопротивлений R, R_3, R_4 преобразуется в звезду

известными из электротехники методами, при этом схема двойного моста преобразуется в схему одинарного (четырёхплечевого) моста, уравнение равновесия которого уже известно. После указанных преобразований получим:

$$R_x = \frac{R_0 \cdot R_1}{R_2} + \frac{R}{R + R_3 + R_4} \cdot \left(\frac{R_1 \cdot R_4}{R_2} - R_3 \right).$$

Так как результат измерений зависит от неизвестной величины R , что приводит к погрешностям определения R_x , особенно значительным при измерении очень малых сопротивлений, то принимаются меры к тому, чтобы ослабить эту зависимость и исключить второе слагаемое (содержащее R) из уравнения для R_x . Для этого в схеме моста обеспечивают выполнение условий $R_1 = R_3$ и $R_2 = R_4$. Абсолютно точно выдержать эти условия не удастся из-за наличия инструментальных погрешностей (неточности изготовления резисторов). В связи с этим уменьшают значение R путем выбора проводника связи предельно коротким, с большим сечением. В результате во многих случаях можно пренебречь влиянием второго слагаемого в уравнении равновесия и представить его в виде

$$R_x = \frac{R_0 \cdot R_1}{R_2}.$$

Выбор предела измерения производится изменением R_2 , поэтому значение R_2 выбирается равным 10^n Ом ($n = 1, 2, 3, \dots$). Аналогично изменяется R_4 , что обеспечивает выполнение условия $R_2 = R_4$. Уравновешивают мост на выбранном поддиапазоне измерения регулировкой сопротивления резистора R_1 , который обычно выполняется в виде многодекадного магазина сопротивлений. Условие $R_1 = R_3$ обеспечивается так: конструктивно R_3 выполняется аналогично R_1 и содержит одинаковое с R_1 число декад; переключатели в соответствующих декадах R_1 и R_3 имеют одну общую ручку управления, поворот которой вызывает одновременно и одинаковое изменение R_1 и R_3 .

Переключатель SA в схеме моста предназначен для измерения значения R_x при разных направлениях тока I_n . Этим приемом пользуются для исключения влияния термоЭДС, возникающих в различных местах моста (прежде всего на потенциальных зажимах R_x и R_0), на результат измерений, так как значение и направление термоЭДС не зависят от направления тока I_n , а полярность падений напряжений на R_x и R_0 зависит от направления тока. При одном направлении I_n термоЭДС вносит в результат измерения положительную погрешность ($R_x = R_x + \Delta$), при другом - отрицательную ($R''_x = R_x - \Delta$), но абсолютное значение этой погрешности $|\Delta|$ остается одним и тем же. Взяв полусумму результатов этих показаний, получим результат измерения, в котором погрешность, вызванная действием термоЭДС, оказывается исключенной:

$$\frac{R'_x + R''_x}{2} = \frac{R_x + \Delta + R_x - \Delta}{2} = R_x.$$

Для приведения активного сопротивления, измеренного одним из способов, к сопротивлению при стандартной температуре, воспользуемся следующей формулой:

$$R_{t=75(115)} = R_{oc} \cdot (1 + \alpha \cdot \Theta),$$

где R_{oc} - измеренное сопротивление;

α - коэффициент активного сопротивления ($\alpha = 0,004$ для меди); Θ - разница между стандартной температурой и температурой окружающей среды.

Метод непосредственной оценки измеряемого сопротивления. Данный метод осуществляется с помощью омметров и электронных вольтметров.

Точность измерений зависит от класса точности прибора.

4.2. Рекомендации по проведению опыта

Для асинхронной машины, не находящейся под напряжением, измеряем омическое сопротивление фаз обмотки статора с использованием следующих методов:

- метод амперметра и вольтметра (для измерения сопротивления фаз обмотки статора воспользуемся схемой, изображенной на рис 4.2,а, и формулами (4.1)-(4.3));
- метод двойного моста (для измерения сопротивления фаз обмотки статора воспользуемся схемой, изображенной на рис.4.4, и формулами (4.4),(4.5));
- метод непосредственной оценки (использовать электронный вольтметр).

1. Результаты замера сопротивления фаз обмотки статора свести в табл. 4.1.

Таблица 4.1

| Метод амперметра и вольтметра | | | Метод двойного моста | | | Метод электронного вольтметра | | |
|-------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| R_{A_1} Ом | R_{B_1} Ом | R_{C_1} Ом | R_{A_2} Ом | R_{B_2} Ом | R_{C_2} Ом | R_{A_3} Ом | R_{B_3} Ом | R_{C_3} Ом |
| | | | | | | | | |

2. Запустить АГ-1 в качестве асинхронного двигателя. Для этого:

- включить автомат А2;
- включить пускатель М1;
- включить автомат А1.

3. Включить радиоволновой тахометр. Переключатель «Делитель» установить в положение «06».

4. Включить автомат А7 (обеспечивается питание двигателя постоянного тока Д-1).

5. При помощи ЛАТРа довести частоту вращения спарки АГ-1 и Д-1 до синхронной (1000 об./мин).

6. Снять данные опыта идеального холостого хода (при помощи измерительного комплекта К 506): линейные напряжения, токи и мощности в каждой фазе.

7. Результаты замера свести в табл. 4.2.

8. Вывести ЛАТР, отключить автомат А7.

9. Снять данные опыта реального холостого хода.

Результаты замера свести в табл. 4.2.

Таблица 4.2

| Идеальный холостой ход | | | | | | | | | Реальный холостой ход | | | | | | | | |
|------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| U_{AB} | U_{BC} | U_{CA} | I_{A_1} | I_{B_1} | I_{C_1} | P_{A_1} | P_{B_1} | P_{C_1} | U_{AB} | U_{BC} | U_{CA} | I_{A_2} | I_{B_2} | I_{C_2} | P_{A_2} | P_{B_2} | P_{C_2} |
| В | В | В | А | А | А | Вт | Вт | Вт | В | В | В | А | А | А | Вт | Вт | Вт |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

12. Отключить автомат А1;

13. Отключить пускатель М1;

14. Отключить автомат А2.

Подготовить исходные данные для работы с расчетной программой на ПЭВМ. Необходимые данные свести в табл. 4.3.

Таблица 4.3

| $P_{1\text{ ном}}$ Вт | $U_{\text{ ном}}$ В | m | p | f_1 Гц | n_1 об/мин | $n_{\text{нб}}$ об/мин | $\cos \varphi_n$ | r_1 Ом | U_1 В | I_{00} А | P_0 Вт | Q_0 ВАр |
|--------------------------|------------------------|-----|-----|-------------|-----------------|---------------------------|------------------|-------------|------------|---------------|-------------|--------------|
| | | | | | | | | | | | | |

Расчетные формулы, используемые при заполнении табл. 4.3:

1. Омическое сопротивление фаз обмотки статора

$$r''_1 = \frac{R_A + R_B + R_C}{3}.$$

Для определения r_1 сопротивление r''_1 пересчитывается .

2. Фазное напряжение:

$$U_1 = \frac{U_{AC} + U_{BC} + U_{CA}}{3 \cdot \sqrt{3}}.$$

3. Ток холостого хода

$$I_{00} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}.$$

4. Активные потери холостого хода на фазу

$$P_0 = \frac{P_A + P_B + P_C}{3}.$$

холостого хода на фазу

5. Реактивные потери

$$Q_0 = \sqrt{S^2 - P_0^2},$$

где полная мощность на фазу

$$S = U_{\phi} \cdot I_{00}.$$

6. $P_{\text{ном}}$, $U_{\text{ном}}$, $I_{\text{ном}}$, $\cos \varphi_{\text{ном}}$ - каталожные данные асинхронной машины.

4.3. Содержание отчета

1. Принципиальная схема исследуемой установки.
2. Данные замера сопротивлений фаз обмотки статора, которые необходимо свести в табл. 4.1.
3. Данные опыта идеального и реального холостого хода, которые необходимо свести в табл. 4.2.
4. Анализ проведенных экспериментов и выводы.
5. Подготовленные исходные данные для работы с расчетной программой на ПЭВМ, которые необходимо свести в табл. 4.3 (сопротивление привести к стандартной температуре).

Литература

1. Гольдберг, О. Д. Испытание электрических машин. - М.: Высшая школа, 1990. - С. 51 - 52.
2. Вольдек, А. И. Электрические машины. - Л.: Энергия, 1978. - 832 с.
3. Иванов-Смоленский, А. В. Электрические машины. - М.: Энергия, 1980. - 927 с.
4. Демидова-Панферова, Р. М., Малиновский, В. Н. Электрические измерения. - М.: Энергоиздат, 1982. - 392 с.
5. Артишевская, С. В. Экспериментально-аналитический метод определения параметров асинхронных машин // Электричество. - 1999. - № 11. - С. 29-31.

Лабораторная работа № 5

ОПЫТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ МАШИН (РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ)

Цель работы - приобретение навыков пользования ПЭВМ в процессе испытания электрооборудования.

Задачи:

1. Детально разобраться с алгоритмом опытно-аналитического метода определения параметров асинхронной машины.
2. По блок-схеме изучить принцип работы программы PARAMETER.
3. На компьютере научиться вводить в программу свои исходные данные, откомпилировать программу и произвести вычисления.
4. Дать оценку опытно-аналитического метода определения параметров асинхронной машины.

5.1. Методические рекомендации

Алгоритм опытно-аналитического метода реализуется на основе анализа Г-образной схемы замещения (рис. 5.1) при постоянном вращении ротора, когда $s = 0$ (идеальный холостой ход, реализуемый с помощью первичного двигателя).

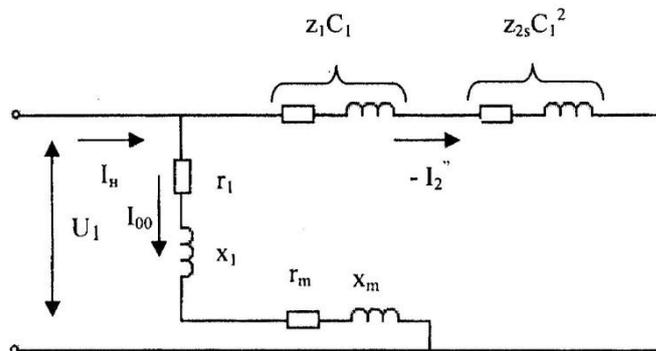


Рис. 5.1. Г-образная схема замещения

Тогда на основании Г-образной схемы замещения при $s = 0$, имеем:

$$z_1 + z_m = U_1 / I_{00}, \text{ так как } r_2/s = r_2/0 = \infty.$$

Если замеренное реальное напряжение сети отличается от U_H , то ток I_{00}

$$I_{00} = U_H / (z_1 + z_m); \text{ tg } \varphi_{00} = Q/P \text{ пересчитывается на } U_H:$$

или

$$\cos \varphi_{00} = P/S, \text{ или } \sin \varphi_{00} = Q/S.$$

На основании данных заводского щитка

$$\underline{I}_H = I_H \cdot e^{-j\varphi_H}$$

где $\varphi_H = \arccos(\cos \varphi_H)$.

На основании опыта холостого хода

$$\begin{cases} x_1 + x_m = (z_1 + z_m) \sin \varphi_{00}, \\ r_1 + r_m = (z_1 + z_m) \cos \varphi_{00}, \\ r_m = (z_1 + z_m) \cos \varphi_{00} - r_1. \end{cases}$$

Для разделения $x_1 + x_m$ на x_1 и x_m воспользуемся опытом проектирования асинхронных двигателей:

$$z_1 + z_m = z_m (1 + z_1/z_m) = z_m C_1,$$

где $C_1 = 1 + z_1/z_m$ представляет собой комплексное выражение.

Проанализируем комплекс C_1 :

$$\begin{aligned} C_1 = 1 + z_1/z_m &= 1 + (r_1 + jx_1/r_m + jx_m) \approx 1 + (r_1 + jx_1/jx_m) = 1 + r_1/jx_m + \\ &+ jx_1/jx_m = 1 + x_1/x_m + r_1/jx_m \approx 1 + x_1/x_m. \end{aligned}$$

Так как r_m и $r_1 \ll x_m$ соотношение x_1/x_m изменяется в пределах от 0,02 до 0,08, т.е.

$$x_1/x_m = 0,02 \dots 0,08.$$

Таким образом, задаваясь отношением $x_1/x_m = K$, можно определить x_1 и x_m из систем уравнения:

$$\begin{cases} x_1 + x_m = (z_1 + z_m) \sin \varphi_{00}, \\ x_1/x_m = K. \end{cases}$$

$$\text{Тогда } x_m = (z_1 + z_m) \sin \varphi_{00} / (1 + K); \quad x_1 = Kx_m.$$

Зная составляющие сопротивлений z_1 и z_m , определяем комплекс C_1 . Уравнение МДС для Г-образной схемы замещения имеет вид:

$$\underline{I}_1 + \underline{I}_2'' = I_{00},$$

откуда

$$-\underline{I}_2'' = \underline{I}_1 - I_{00}.$$

на основании Г-образной схемы замещения определяется выражение:

$$z_1 C_1 + z_2 C_1^2 = \underline{U}_1 / -\underline{I}_2''.$$

Преобразовав его, имеем:

$$z_2 s = ((\underline{U}_1 / -\underline{I}_2'' C_1) - z_1) / C_1.$$

Для номинального режима полученное выражение имеет вид

$$z_{2sn} = ((\underline{U}_1 / -\underline{I}_2'' C_1) - z_1) / C_1$$

или

$$z_{2sn} = r_2' / s_n + jx_2',$$

откуда

$$r_2' = \operatorname{Re}(z_{2sn}) s_n,$$

где $s_n = (n_1 - n) / n_1$ – номинальное скольжение асинхронного двигателя.

Таким образом, задаваясь рядом значений (x_1/x_m) от 0,02 до 0,1, можно рассчитать ряд вариантов значений параметров схемы замещения асинхронного двигателя. Проверку полученных параметров можно осуществить расчетом тока и $\cos \varphi$ для номинального режима. Условием, определяющим выбор параметров, является совпадение расчетных данных I_{1H} и $\cos \varphi$ с каталожными.

Другим критерием, подтверждающим правильность выбранных параметров схемы, является соблюдение соотношений:

$$I_{\mu} x_m / U_n \geq 0,92,$$

где I_{μ} – намагничивающий ток,

$$1 - I_{\mu} x_1 / U_n \geq 0,48 \dots 0,9.$$

Этот критерий также учитывается при определении схемы замещения асинхронного двигателя.

На основании предложенного алгоритма составлены блок-схема алгоритма расчета параметров схемы замещения асинхронного двигателя (рис. 5.2) и программа PARAMETR на языке Турбо-Паскаль, позволяющая определять многочисленные варианты параметров схемы замещения и отбирать оптимальные, производить графическое построение $I, \cos\varphi = f(K)$, где $K = (x_l/x_m)$ измеряется в пределах (0,02...0,1).

На основании анализа полученных данных и графиков при необходимости можно уточнить величину K и повторно рассчитать параметры до получения желаемых результатов. Работоспособность предложенного алгоритма и составленной программы проверялась на натуральных моделях асинхронных генераторов, в качестве которых использовали асинхронные двигатели АОЛ 41-6 ($P = 1$ кВт) и 4АА 63А443 ($P = 0,25$ кВт).

5.1. Инструкция по работе с программой

Алгоритм расчета параметров асинхронной машины реализован в виде программы PARAMETR на языке Паскаль. Программа PARAMETR требует минимального количества исходных данных, часть из которых (P_n , кВт; I_n , А; U_n , В; p - число пар полюсов; $\cos\varphi_n$) непосредственно берется из заводского щитка, а вторая часть (Γ_1 , Ом; P_0 , кВт; I_{00} , А; U_1 , В) - на основе эксперимента. U_1 измеряется непосредственно в процессе эксперимента и может отличаться от U_n , что учитывается программой. Для обеспечения работы программы с комплексными числами составлены процедуры операций над комплексными числами и тригонометрическими функциями.

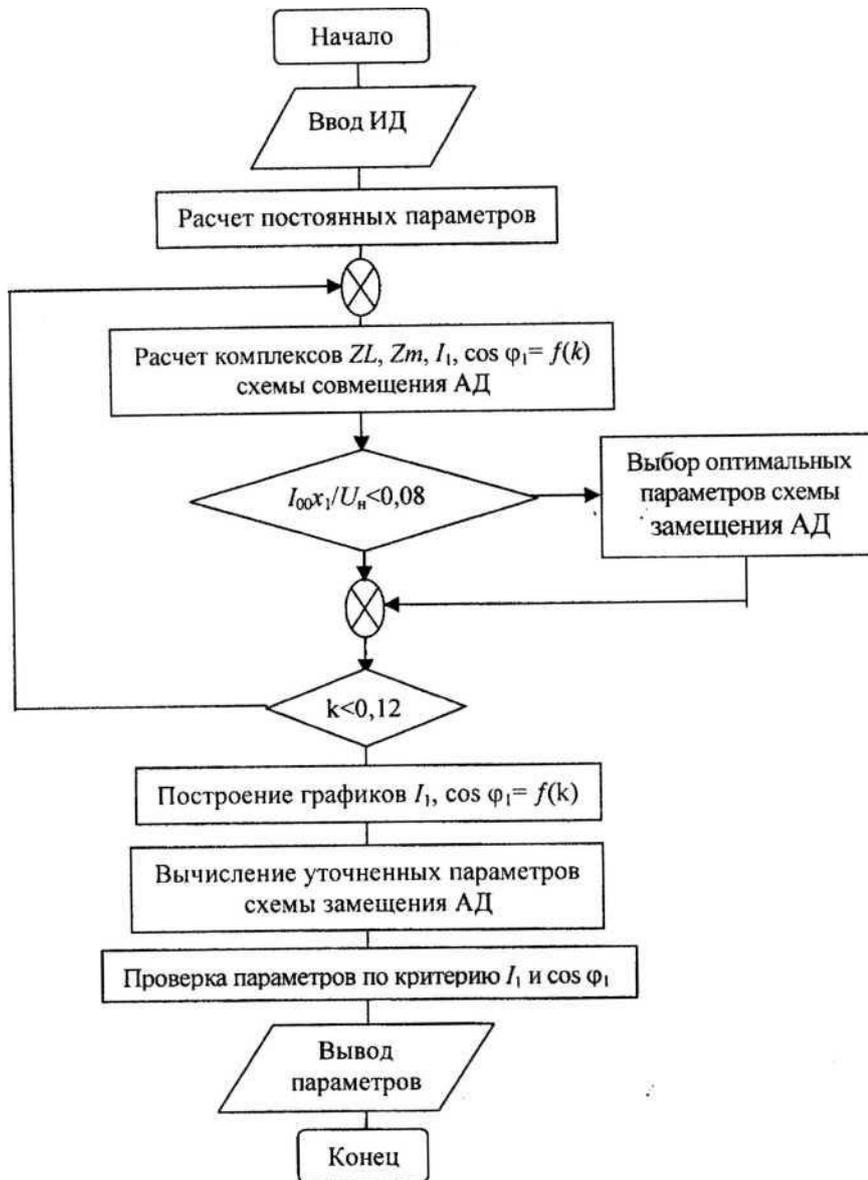


Рис. 5.2. Блок-схема расчета параметров схемы замещения асинхронного двигателя

5.2. Ход работы с программой PARAMETR

1. Загрузить NORTON COMMANDER. Загрузка осуществляется набором в командной строке NC и нажатием клавиши ENTER (J) .
2. Найти директорию NALADKA и войти в нее.
3. Найти директорию TP и открыть ее.
4. Найти директорию BIN и войти в нее.
5. Найти файл PARAMETR.PAS и нажать ENTER (J). После этого произойдет загрузка Турбо-Паскаля и в окне для редактирования появится текст программы PARAMETR.
6. Найти в программе PARAMETR следующие блоки:
 - а) блок ввода исходных данных и констант программы;
 - б) блок расчета параметров асинхронной машины;
 - в) блок графического анализа параметров схемы замещения.
7. Запустите программу PARAMETR с уже введенными исходными данными. Для этого, не внося изменений в программу, нажмите F10, а затем в командной строке нажмите RUN.
8. После этого программа выдаст значения $K, r1, x1, r_m, x_m, r2, x2, I_1, \cos\varphi$ (одну

строку). Для проведения расчета нажать ENTER.

9. После этого появится сообщение «Выход F10, faire 1».
10. Нажмите любую клавишу. Программа построит систему координат и номинальные величины на ней.
11. Нажмите любую клавишу. Появится сообщение «Определение уточненных параметров АД».
12. Введите уточненное значение k и нажмите ENTER.
13. Программа выдаст окончательные значения: $r1, x1, r_m, x_m, r2, x2, I_1, \cos\varphi, L, M$.
14. Вернитесь в окно редактирования и в окне “Ввод исходных данных как констант программы” введите свои значения.
15. Повторите вычисления (пп. 7-13).

5.4. Программа расчета параметров схемы замещения асинхронной машины

```
PROGRAM PARAMETR; { Параметры АГ 1 кВт }

      uses crt,GRAPH, procCOMP, procARC;
{Г-образная схема}

      var

      m1, P1H, p, f1, UH, U1, IOO, I1H, I1, COSH, SINH, COS1,
      r1, r2, r2SH, r1rm, rm, L1, M, L2, X1Xm, X1, Z1Zm, X2, n1,
      nH, SH, K, K1, K2, PO, OO, SINX, RK3, COSX, xm, XX, YY, X3,
      Y3, QO, Zb:
      real;
      AK, AI1, ACOS1, AK2, Ar1,
      AX1, Arm, AXm, Ar2, AX2, AL:ARRAY [1..100] of
      real;

      IOOC, I1HC, I2HC, I1C, Z1Z2CC, Z1, Z1m, C1, Z12SC,
      Z2SC, Z2S, Zm, ZZ, Z, ZP, Z3, ZC, ZC1, ZCm, ZCM1,
      ZCP, ZO, UHC: complex;
      CH:char; st,stk,stk1: string[4];
      L, dr, md, I, J, N, KX, KY, KYI, X10: integer;

      BEGIN
      CLRSCR;

      WRITELN(' ':25, 'Расчетные параметры схемы');
      writeln;

{Ввод исходных данных как констант программы}

P1H:=1.0;UH:=220.0;m1:=3.0;p:=3.0;f1:=50.0;n1:=1000.0;
nH:=930.0;COSH:=0.72;I1H:=2.8;r1:=7.2;
U1:=220.0;IOO:=1.8;PO:=20;QO:=100.0;
```

```

{Расчет параметров АГ}

    Z1Zm:=U1/I00;
    {S:=U1*I00; {Формула используется при неизвестном Q0}
    { COS(OO):=PO/S;}
    I00:=UH/Z1Zm;
    X:=ARCTAN(QO/PO); {Если необходимо, варьировать PO}
    OO:=X;
    X1Xm:=Z1Zm*SIN(OO);
    r1rm:=Z1Zm*COS(OO);
    rm:=r1rm-r1;
    IOOC.RE:=I00*COS(OO);
    IOOC.IM:=I00*(-SIN(OO));
    I1HC.RE:=I1H*COSH;
    SINH:=SQRT(1.0-SQR(COSH));
    I1HC.IM:=I1H*(-SINH);
    subComp(I1HC, IOOC, I2HC);
    UHC.RE:=220.0;
    UHC.IM:=0.0;
    divComp(UHC, I2HC, Z1Z2CC);
    writeln(Z1Z2CC.RE, Z1Z2CC.Im);
    readln;

SH:=(n1-nH)/n1;
    K2:=X1Xm;
    writeln(K2);
    readln;
    L:=0;
    I:=0;
    K1:=0.02;
        K:=K1;
            repeat
                Xm:=K2/(1.0+K);
                X1:=K*Xm;

```

```

        Z1.RE:=r1;
        Z1.IM:=X1;
        Zm.RE:=rm;
        Zm.IM:=Xm;
        addComp(Zm,Z1,Z1m);
{Определение комплекса C1}
        divComp(Z1m,Zm,C1);
        divComp(Z1Z2CC,C1,Z12SC);
        subComp(Z12SC,Z1,Z2SC);
        divComp(Z2SC,C1,Z2S);
{Определение r2/SH+jX2}
        r2SH:=Z2S.RE;
        r2:=r2SH*SH;
        X2:=Z2S.IM;
        multComp(Zm,Z2S,Z);
{Проверка параметров}
        addComp(Zm,Z2S,ZZ);
        divComp(Z,ZZ,ZP);
        addComp(ZP,Z1,ZO);
        divComp(UHC,ZO,I1C);

I1:=SQRT(SQR(I1C.RE)+SQR(I1C.IM));

        COS1:=I1C.RE/I1;

        I:=I+1;
        writeln(' ', K:4:2,' ',r1:5:3,' ',X1:5:3,' ',
rm:5:3,' ',Xm:5:1,' ',r2:5:3,' ',
X2:5:3,' ',I1:5:3,' ',COS1:5:3,
        ' ',I:2);
        readln;
        IF (-IOOC.IM*X1/UH)<0.08 then
        Begin
            L:=L+1;

```

```

        AK[L]:=K; Ar1[L]:=r1; AX1[L]:=X1;
        Arm[L]:=rm;AXm[L]:=Xm;
        Ar2[L]:=r2;AX2[L]:=X2; AI1[L]:=I1;
ACOS1[L]:=COS1;
        AL[L]:=L;N:=L;
        end
        else
        begin
        end;
        K:=K+0.01;

        until K>0.12;

        writeln('                Выборка L ОПТИМАЛЬНЫХ
параметров);
        writeln;

        writeln(' AK[L] ', ' Ar1[L] ', ' AX1[L] ', '
Arm[L] ',
                ' AXm[L] ', ' Ar2 ', ' AX2[L] ', '
AI1[L] ',
                ' ACOS1[L] ', ' AL[L] ');

        writeln;
        readln;
        For L:=1 TO N DO
        begin

                Writeln(' ',AK[L]:4:2, ' ',Ar1[L]:5:3, '
',AX1[L]:5:3,
                        ' ',Arm[L]:5:3, ' ',AXm[L]:5:1, '
',Ar2[L]:5:3,
                        ' ',AX2[L]:5:3, ' ',AI1[L]:5:3, '
',ACOS1[L]:5:3,
                        ' ',L:2);
                readln;
        end;

```

```

        writeln('выход X10,faire 1');

        readln(X10);

        {ГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ
        (раскрыть скобки)}

        window(60,25,75,25);
        TextBackGround(13);TextColor(0+128);
        Normvideo; window(1,1,80,25);
        dr:=detect;{md:=4;}

        InitGraph(dr,md,'c:\naladka\tp\bgi');MoveTo(70,400);
        stk:='--';
        stk1:='(I1)';

        { CLRSCR;}

        { 1.Построение системы координат и
        номинальных величин }

        Line(68,400,635,400);
        OutTextXY(625,410,'k');
        Line(70,400,70,0);
        OutTextXY(15,20,'cos1,I1');
        Line(70,150,613,150);
        OutTextXY(615,150,'IH');
        KY:=400-round(COSH*400);
        Line(70,KY,600,KY);OutTextXY(605,KY,'COSH');

        { 2.Выбор масштабных коэффициентов}

        X3:=4500.0;Y3:=89.5; { масштаб по
        X,Y:X3(600/0.12)=4500;
        Y3=250.0/IH;}

```

```

{ 3.Числовые значения по осям X, Y}

FOR L:=1 TO 10 Do
Begin
  XX:=AK[L];YY:=AI1[L];
  KX:=70+round(XX*X3);
  Line(KX,405,KX,0);str(AK[L]:8:4,st);
  OutTextXY(KX-10,410,st);      {Значение
по оси X}
  KYY:=400-L*40;
  OutTextXY(65,KYY,stk);
  str(L:2,st);OutTextXY(45,KYY,st); {Значе-
ние по оси Y}
end;

{ 4.Построение I1}

MoveTo(70+round(AK[1]*X3),400);
  For L:=1 TO N DO
  begin
  XX:=AK[L];YY:=AI1[L];
  KX:=70+round(XX*X3);
  KY:=400-round(YY*250.0/I1H-(10-2*L));
  LineTO(KX,KY);
  end;

{ 5. Построение COS1 }

MoveTO((70+round(AK[1]*X3)),400);
FOR L:=1 TO N DO
Begin
  XX:=AK[L];YY:=ACOS1[L];
  KX:=70+round(XX*X3);
  KY:=400-round(YY*400-(10-2*L));
  Lineto(KX,KY);
end;

```

```

        CH:=readkey;
        CloseGraph;
        Writeln('          ', 'Определение
уточненных параметров');
        Writeln;
        Write('          K:=' );
        Read(K); {Введите уточненное значение АК[L]}
        { k:=0.06; }          {Ввод 'K:='
как константы}
        Xm:=K2/(1.0+K);
        X1:=K*Xm;
        Z1.RE:=r1;
        Z1.IM:=X1;
        Zm.RE:=rm;
        Zm.IM:=Xm;
        addComp(Zm, Z1, Z1m); {Определение
комплекса C1}
        divComp(Z1m, Zm, C1);
        divComp(Z1Z2CC, C1, Z12SC);
        subComp(Z12SC, Z1, Z2SC);
        divComp(Z2SC, C1, Z2S);
{Определение r2/SH+jX2}
        r2SH:=Z2S.RE;
        r2:=r2SH*SH;
        X2:=Z2S.IM;
        multComp(Zm, Z2S, Z);          {Проверка
параметров}
        addComp(Zm, Z2S, ZZ);
        divComp(Z, ZZ, ZP);
        addComp(ZP, Z1, ZO);
        divComp(UHC, ZO, I1C);

I1:=SQRT(SQR(I1C.RE)+SQR(I1C.IM));
COS1:=I1C.RE/I1;
X1:=Z1.IM;
r1:=Z1.RE;

```

```

rm:=Zm.RE;
Xm:=Zm.IM;
L1:=X1/(6.28*f1);
M:=Xm/(6.28*f1);
L2:=X2/(6.28*f1);
Writeln('                                I1:=',I1:7:3,'
COS1:=',COS1:7:3);
Writeln('                                r1:=',r1:7:3,'
', 'rm:=',rm:7:3,' ', 'r2:=',
                                r2:7:3);
writeln('                                X1:=',X1:7:3,'
', 'Xm:=',Xm:7:3,' ', 'X2:=',
                                X2:7:3);
writeln('                                L1:=',L1:7:3,' M:=',M:7:3,'
L2:=',
                                L2:7:5);
CH:=readkey;
end.

```

5.3. Содержание отчета

1. Описание сущности алгоритма определения Параметров схемы замещения АД (кратко).
2. Краткое описание программы PARAMETR.
3. Выбор параметров АД и их анализ.

Литература

1. Артишевская, С. В. Экспериментально-аналитический метод определения параметров асинхронных машин // Электричество. - 1999. - № 11 С.29-31.
2. Константинова, С. В. Электромеханические системы в миниэнергетике на основе асинхронного генератора: диссертационная работа на соискание ученой степени канд. техн. наук.-Мн.: БИГУ, 1999.

Лабораторная работа №6
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА (АГ)
В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ (рис. 6.1) (РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ)

Цель работы - приобретение навыков опытно-аналитического исследования электрооборудования с использованием современных средств инженерного обеспечения.

Задачи:

1. Изучение методики расчета конденсаторных батарей для работы АГ в режиме ХХ с номинальными величинами напряжения и частоты ЭДС.
2. Детальное изучение алгоритма и блок-схемы расчета конденсаторных батарей.
3. Изучение программы AGroram по её распечатке с разбором реализации алгоритма и блок-схемы.
4. На ПЭВМ научиться находить программу, запускать её, компилировать, делать расчеты по предлагаемому образцу, усвоив необходимые элементы управления ПЭВМ.
5. Ввести в программу свои исходные данные и провести вычисления, необходимые для проведения эксперимента.
6. Провести аналогичную работу по выбору емкости батарей конденсаторов при работе АГ на асинхронную нагрузку на основе программы AGroram.

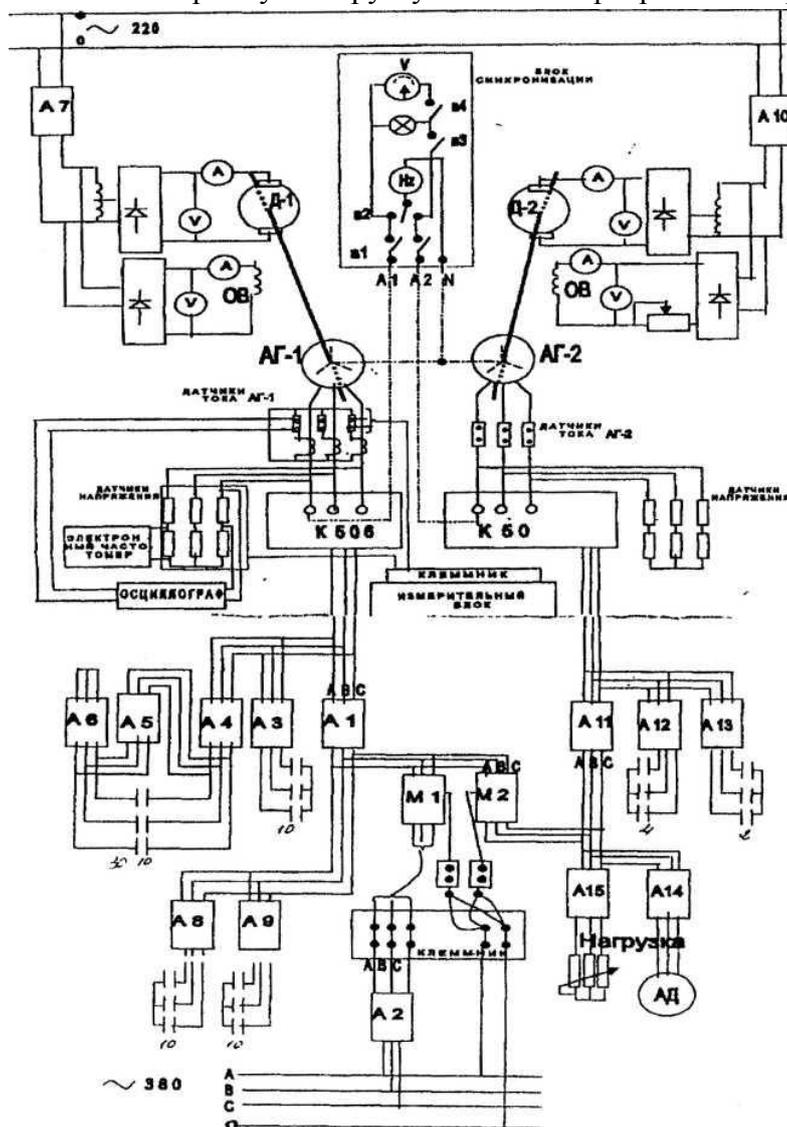


Рис. 6.1. Схема лабораторной установки

6.1. Методические рекомендации

6.1.1. Выбор конденсаторов для работы АГ в автономном режиме

Вопросам самовозбуждения АГ посвящено достаточно большое количество работ. Постепенно шло накопление знаний о физике процесса самовозбуждения АГ. Решались вопросы определения условий начала возбуждения, его срыва, расчета необходимой емкости для процесса самовозбуждения. Метод построения годографа является обобщающим для определения величины емкости конденсаторных батарей, необходимых для работы АГ в автономном режиме.

Предельное условие самовозбуждения АГ - это резонанс токов или напряжений. Используя Т-образную схему замещения АГ (рис. 6.2), можно построить годограф сопротивлений данной схемы как двухполюсника по отношению к зажимам 1 - Г. Зона частот ЭДС, где реактивное сопротивление схемы отрицательно, является зоной устойчивого возбуждения АГ при заданной ёмкости. Это позволяет реализовать алгоритм определения батареи конденсаторов для АГ. Задаваясь значениями ёмкости, определяют результирующее значение сопротивления схемы замещения в зависимости от частоты ЭДС и строят годограф Z схемы в зависимости от частоты.

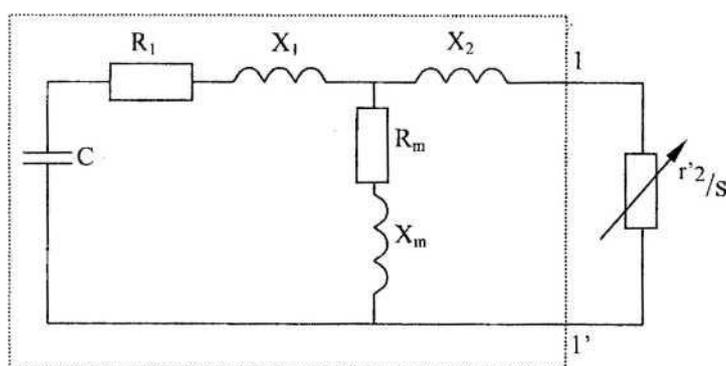


Рис. 6.2. Т-образная схема замещения

Частоты, при которых $\text{Im}[Z(\omega)]$ имеет отрицательное значение, определяют зону самовозбуждения АГ. Предельными точками самовозбуждения являются точки, при которых $\text{Im}[Z(\omega)] = 0$ (резонанс токов и резонанс напряжений).

Алгоритм определения батареи конденсаторов для работы АГ в автономном режиме следующий.

На основании Т-образной схемы замещения (рис. 6.2):

1. Определяется $\underline{ZC} + \underline{Z}_l = \underline{ZC}_1$.

2. Находится $\underline{ZC}_1 // Z_m + Z_{2s} = Z_0$.

3. Задаётся величина C .

4. Организуется цикл определения $\text{RE}(Z_0)$ и $\text{Im}(Z_0)$ для изменяющейся частоты (f).

5. Организуется графическое изображение годографа для заданной величины C .

6. Анализируется результат расчёта и вводится скорректированное значение C до получения необходимого результата.

На основании рассмотренного алгоритма составлена блок- схема алгоритма расчёта параметров схемы замещения АГ и выбора необходимой ёмкости для его работы в режима холостого хода с $U=1,05 U_H$ и $f=f_H$. Блок-схема реализована в виде программы AGparam, которая явилась логическим продолжением программы PARAMETR и выполнена в виде двух блоков (расчёт параметров АГ, расчёт годографа АГ). Это составляет определённое достоинство программы, так как, рассчитав параметры АГ, можно сразу их использовать для расчета и графического построения годографа, т.е. для определения параметров конденсаторной батареи.

6.1.2. Анализ особенностей работы АГ в автономном режиме

Важнейшей особенностью работы АГ в автономном режиме является то, что мощность потребителей или даже одного потребителя практически соизмерима с мощностью генератора. Включение в работу каждого нового потребителя существенным образом изменяет параметры образованной локальной электрической системы, а следовательно, и работу генератора. Поэтому для надёжной работы АГ необходимо чётко знать наличие потребителей и уметь рассчитать изменяющиеся параметры схемы, чтобы не потерять самовозбуждение АГ, так как эта потеря эквивалентна отключению всей нагрузки генератора, что ведёт к резкому увеличению скорости генератора. Поэтому необходимо надёжное устройство отсечки мощности приводного двигателя АГ для безопасности перевода его работы в режим холостого хода без возбуждения АГ.

6.1.2. Самовозбуждение АГ и вывод его на номинальный режим холостого хода

Ёмкость, рассчитанная на основании параметров схемы замещения АГ и обеспечивающая резонанс контура при $f=f_H$, как показали эксперименты, не является оптимальной для получения номинального режима холостого хода АГ ($U=1,05 U_n$, $f=f_H$, $n=1,005 n_1$). Более целесообразной является ёмкость, при которой резонансному контуру соответствует частота $f=47...48$ Гц.

Выбранные ёмкости позволяют возбудить асинхронные генераторы установки и увеличивать их частоту вращения до получения частоты их ЭДС $f \approx 50$ Гц по частотомеру. Автоматически напряжение генераторов устанавливается равным 400 В при частоте вращения генераторов с $n=1,005 n_1$.

6.1.3. Набор асинхронным генератором активной нагрузки

При набросе активной нагрузки, соизмеримой с мощностью АГ, наблюдается резкое снижение напряжения до $0,5 U_n$, снижение частоты вращения первичного двигателя и частоты ЭДС АГ. Развозбуждения АГ не происходит. Увеличивая частоту вращения первичного двигателя АГ, генератор устойчиво приходит к своим номинальным параметрам по напряжению и частоте, набирает активную нагрузку.

6.1.2. Набор АГ активно-реактивной нагрузки

Наиболее характерной активно-реактивной нагрузкой является двигательная нагрузка. Подключение АД на шины АГ резко меняет параметры резонансного контура, так как параметры подключаемого двигателя включаются в этот контур. Полученный контур представлен на рис. 6.3. В контуре переменной величиной является частота ЭДС и параметр r_2/s . Анализ резонансных частот возможен при построении годографа изображённого контура. Для этого необходимо знание параметров как АГ, так и АД.

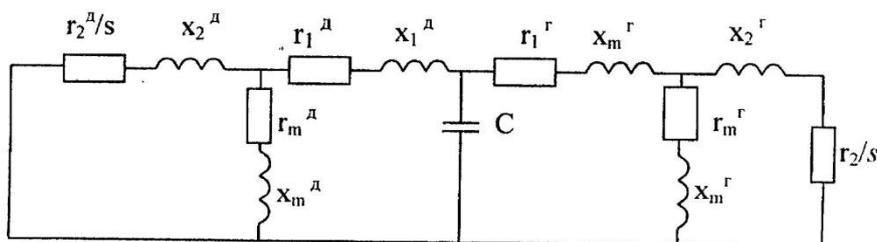


Рис. 6.3. Электрическая схема замещения АГ – АД

Для построения годографа представленного контура составляется алгоритм, блок-схема алгоритма и в системе Турбо-Паскаль выполняется программа ADparam, которая позволяет определять годограф такого контура.

Алгоритм и программа ADparam могут быть базовыми при определении необходимой ёмкости для нормальной работы в автономном режиме МЭК в целом при самой разнообразной его нагрузке.

Удобство системы Турбо-Паскаль для рассматриваемого решения задачи несомненно. Отдельные блоки уже созданных программ могут использоваться как составляющие части программы для определения оптимальной ёмкости при последовательном запуске семейства АД от автономного АГ. Схема замещения получающейся системы представлена на рис. 6.4.

Для реализации пуска АД конкретного МЭК определить параметры всех двигателей.

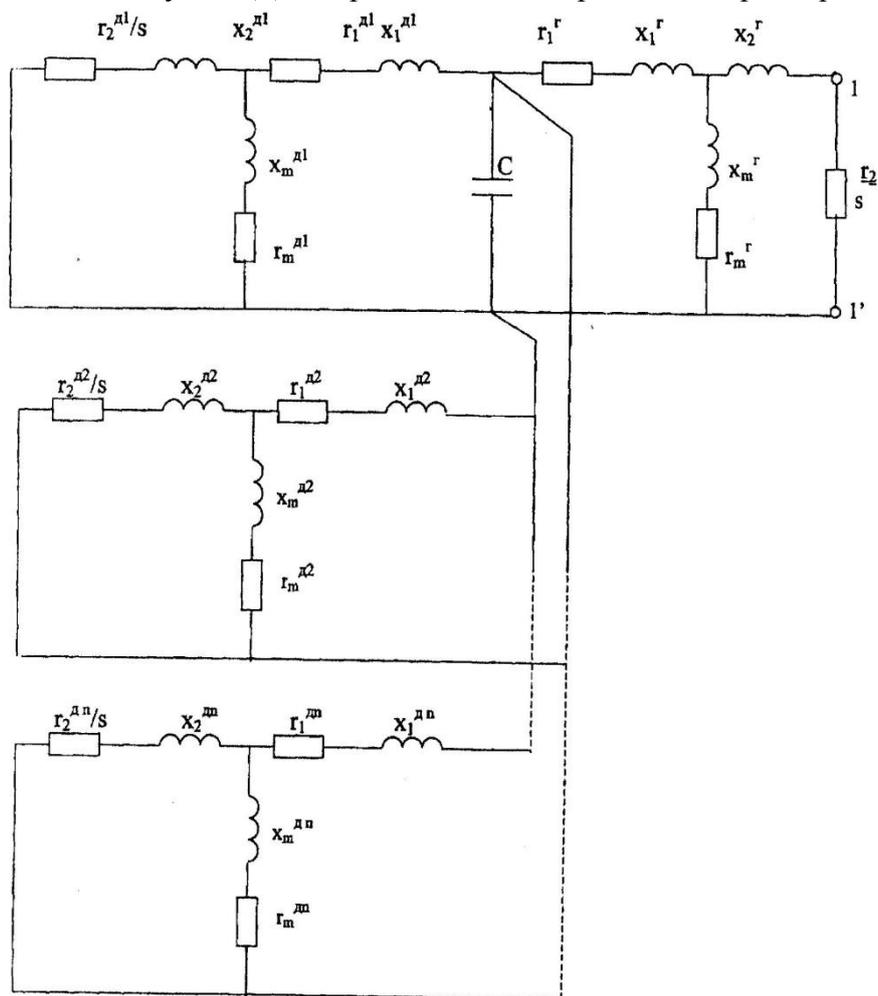


Рис. 6.4. Схема замещения электрической части МЭК с N АД, подключаемыми последовательно, один за другим

Включение в работу любого из N двигателей изменяет параметры результирующего электрического контура. При этом параметры контура изменяются и в процессе разбега АД. Первым двигателем, включаемым в работу, может быть любой из N имеющихся. Схемы каждого из включенных и включаемого двигателя должны быть свернуты до первичных зажимов АГ. Тогда схема, изображенная на рис. 6.4, приобретает вид, как на рис. 6.5.

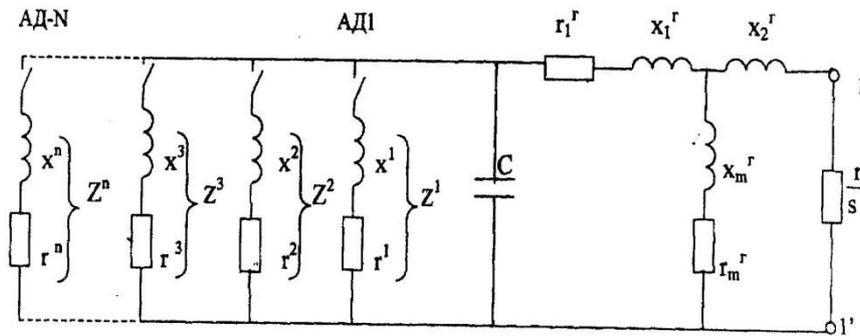


Рис. 6.5. Схема замещения электрической части МЭК, свернутая до первичных зажимов АГ

Схемы замещения АД должны сворачиваться для каждой заданной частоты при построении точки годографа с учетом работающих и каждым последующим запускаемым АД. Последнее условие реализуется с учетом скольжения (s) работающего и запускаемого АД.

Для реализации запуска от автономно работающего АГ семейства АД или другой нагрузки составлены алгоритм и блок-схема, а также реализована программа КОМПЛЕКС.

Программа КОМПЛЕКС позволяет присваивать каждому из N двигателей произвольный номер, начиная со второго. Емкость для запуска двигателя, выбранного первым, должна рассчитываться по процедуре первого двигателя.

6.2. Подготовка к выполнению лабораторной работы

1. Включить компьютер в сеть и загрузить ОС.
2. С помощью комбинации клавиш ALT + F7 вызвать функцию "Поиск файла".
3. В верхней строке окна указать имя искомого файла. (Например, ADparam.PAS).
4. Нажать клавишу Enter и ждать окончания поиска.
5. Перейти в нужный каталог с помощью Enter.
6. Курсором выбрать файл turbo.exe и нажать Enter.
7. С помощью комбинации клавиш ALT + F в окне Турбо-Паскаля выбрать функцию OPEN и нажать Enter.
8. С помощью клавиши Tab выбрать нужное окно, а с помощью клавиш курсора выбрать нужный файл и нажать Enter.
9. С помощью комбинации клавиш ALT + R в окне Турбо-Паскаля выбрать функцию RUN и нажать Enter.
10. Работать с программой в соответствии с инструкцией к лабораторной работе.

6.3. Работа с программами AGparam, ADparam, Komplex

1. В начале программы AGparam или ADparam выбрать параметром B цикл её работы ($B : = 3$ - расчет параметров АД или АГ; $B : = 1$ - расчет годографа). Устанавливаем $B : = 1$.
2. Задать произвольное значение емкости конденсаторной батареи (например, $C_k = 0,000057$).
3. С помощью комбинации клавиш ALT + F в окне Турбо-Паскаля выбрать функцию OPEN и нажать Enter (или Ctrl + F9).
4. Нажатием Enter произвести пошаговый расчет годографа АГ или АД в зависимости от частоты.
5. По полученным данным программа автоматически строит годограф, по которому анализируется значение частоты при данной емкости:
 - а) при $f < 50$ Гц необходимо уменьшить емкость конденсаторов;
 - б) при $f > 50$ Гц необходимо увеличить емкость конденсаторов;
 Задать новое значение емкости конденсаторной батареи. Произвести расчет

аналогично п.п 2 - 4.

6. Расчет производить до тех пор, пока при заданной емкости частота/не будет равной 50 Гц.

7. При работе с программой *Komplex* ввести в нее необходимые исходные данные подключаемой нагрузки и программа выполнит расчет годографа.

6.4. Содержание отчета

1. Суть алгоритмов программ (блочно).
2. Результаты расчетов.
3. Формулировка специфики работы АГ в автономном режиме и возможность его использования на практике.

Литература

1. *Артишевская, С. В.* Экспериментально-аналитический метод определения параметров асинхронных машин // *Электричество*. - 1999. - № 11. - С. 29-31.
2. *Константинова, С. В.* Электромеханические системы в миниэнергетике на основе асинхронного генератора: диссертационная работа на соискание ученой степени канд. техн. наук. - Мн.: БНТУ, 1999.

Лабораторная работа №7
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ
АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА
В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ
(ОПЫТНАЯ ЧАСТЬ)

Цель работы - приобретение практических навыков работы с незнакомым электрооборудованием.

Задачи:

1. Изучить электрическую схему испытываемой установки и детально ознакомиться с реальным электрооборудованием.
2. Научиться запускать электроустановку и овладеть навыками работы с радиотехометром.
3. Возбудить АГ с помощью включения в цепь АГ выбранных батарей конденсаторов и провести измерения U и f в режиме холостого хода.
4. Снять зависимость $U_{AG} = f(n)$ при $C = \text{const}$ в режиме холостого хода.
5. Осуществить режим работы АГ при подключении к нему асинхронной нагрузки, соизмеримой по мощности с АГ.
6. Снять зависимость $U_{AG} = f(I_{AG})$ при $C = \text{const}$.

7.1. Методические рекомендации

7.1.1. Краткие теоретические сведения

Для работы асинхронных генераторов в автономном режиме необходимо обеспечить его возбуждение с помощью конденсаторных батарей. Выбор емкости осуществляется по методу годографа (численный метод решения системы уравнений). Для использования этого метода необходимо знать точные параметры как АГ, так и подключаемой нагрузки.

Исходными данными для определения электрических параметров АД являются: каталожные данные, опытные данные идеального холостого хода АД (при $n = n_1$), а также знание опыта проектирования асинхронных машин. Опыт идеального холостого хода (для определения U , I_{00} , P , Q) реализуется на электрической машине, предполагаемой к использованию в качестве АГ по месту ее установки в процессе наладки ее приводного двигателя.

Предложен алгоритм определения параметров схемы замещения, используя полученные данные, Г-образную (рис. 7.1) и Т-образную (см. рис. 6.3) схемы замещения АД, опыт проектирования асинхронных машин.

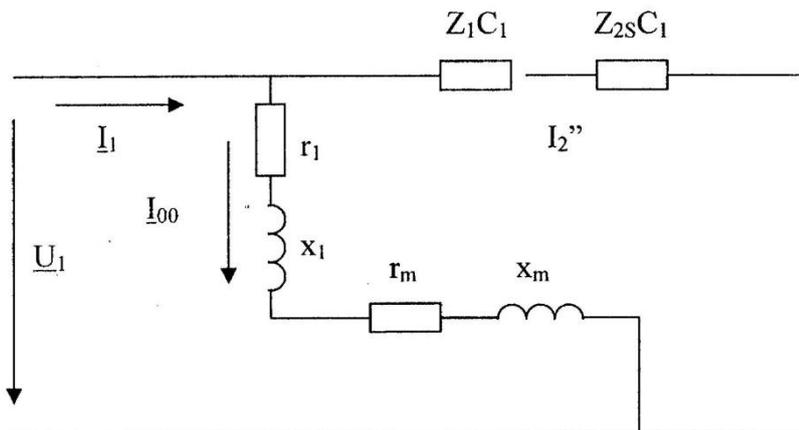


Рис. 7.1. Г-образная схема замещения асинхронного двигателя

7.1.2. Набор асинхронным генератором активной нагрузки

При наборе активной нагрузки, соизмеримой с мощностью АГ, наблюдается резкое снижение напряжения до $0,5 U_n$, снижение частоты вращения первичного двигателя и частоты ЭДС АГ. Увеличивая частоту вращения первичного двигателя, генератор устойчиво приводится к номинальным параметрам по напряжению и частоте, набирает активную нагрузку. Следовательно, наброс нагрузки должен быть точно рассчитан и первичный двигатель АГ должен быть оснащен быстродействующим регулятором напряжения и частоты ЭДС АГ с учетом возможностей генератора по перегрузке.

7.1.1. Набор асинхронным генератором активно-реактивной нагрузки

Наиболее характерной активно-реактивной нагрузкой является двигательная нагрузка. Подключение АД на шины АГ резко изменяет параметры резонансного контура, так как параметры подключаемого двигателя включаются в этот контур. Таким образом, необходим анализ схемы замещения АГ (относительно точек 1-1', считая, что энергия поступает со стороны ротора) с подключенной к ней схемой замещения АД. Полученный контур представлен на рис. 7.2. В данном контуре переменной величиной является частота ЭДС и параметр r_2/s .

Анализ резонансных частот возможен с помощью построения годографа изображенного контура. Для этого необходимо знание параметров как АГ, так и АД.

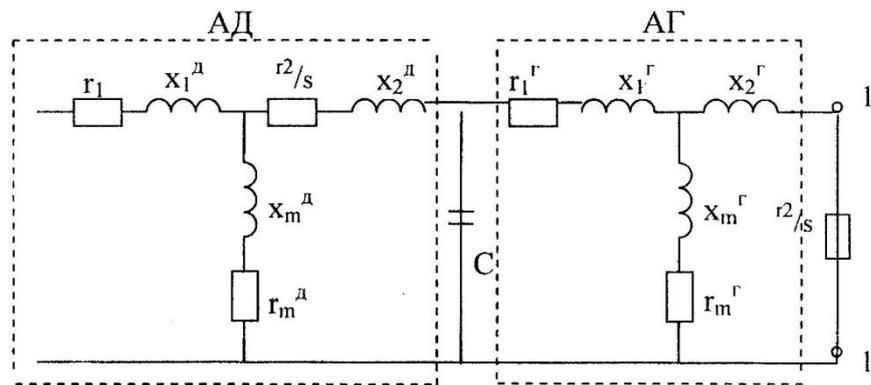


Рис. 7.2. Электрическая схема замещения АГ – АД

Для определения годографа были составлены алгоритм, его блок-схема, а также и в системе Турбо-Паскаль выполнена программа ADparam.

Алгоритм и программа ADparam могут быть базовыми при определении необходимой емкости для нормальной работы АГ в автономном режиме при разнообразной его нагрузке. Рассмотрим запуск семейства АД от автономного АГ. Схема замещения получающейся системы представлена на рис. 7.3.

Параметры АД определяются по указанному выше методу с использованием программы PARAMETR. В результате все параметры схемы на рис. 7.3 приобретают конкретные значения. Включение в работу любого из N двигателей изменяет параметры результирующего электрического контура. При этом параметры контура изменяются и в процессе разбега АД. Первым двигателем, включаемым в работу, может быть любой из N имеющихся. Схема каждого из включенных и включаемого двигателей должна быть свернута до первичных зажимов АГ (1-1'), тогда схема, изображенная на рис. 7.3, преобразуется к виду, как на рис. 7.4.

Схемы замещения АД должны сворачиваться для каждой заданной частоты при построении точки годографа с учетом работающих и каждым последующим запускаемым АД. Последнее условие реализуется с учетом скольжения (s) работающих и запускаемого АД.

7.1.1. Описание лабораторной установки

Исследуемый асинхронный генератор М1 приводится во вращение двигателем

постоянного тока М2, скорость вращения которого регулируется изменением величины напряжения, подводимого к якорю. Регулирование напряжения осуществляется с помощью ЛАТРа. Питание обмоток якоря и возбуждение машины М2 осуществляется через выпрямительные установки VS1 и VS2. Для возбуждения генератора используются наборы параллельно подключаемых емкостей, вводимых в схему при помощи соответствующих автоматических выключателей.

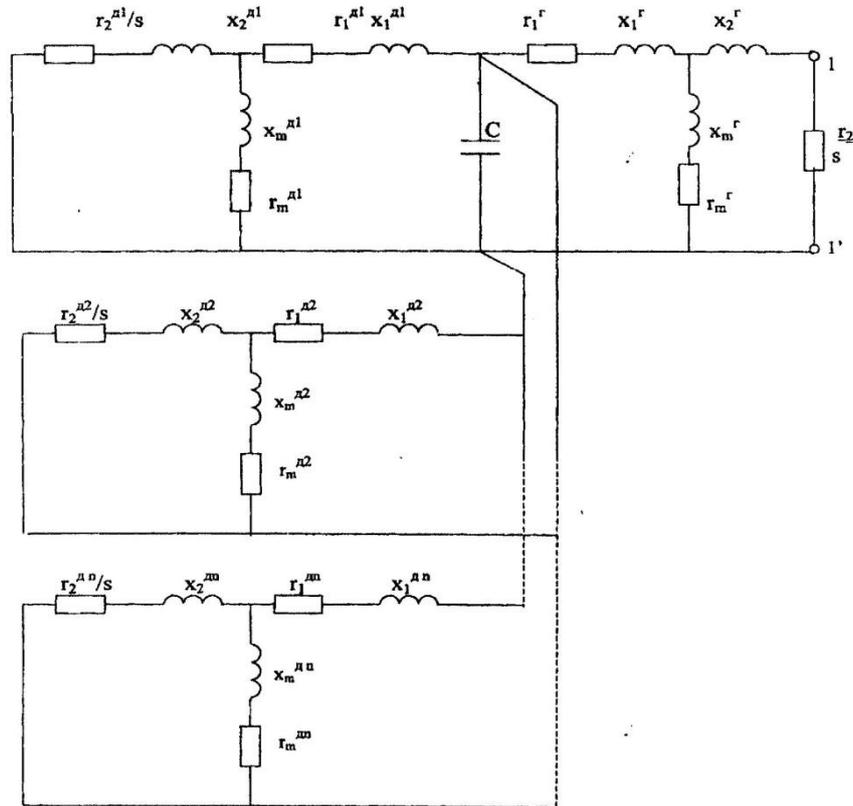


Рис. 7.3. Схема замещения АГ с N асинхронными двигателями, подключаемыми последовательно, один за другим

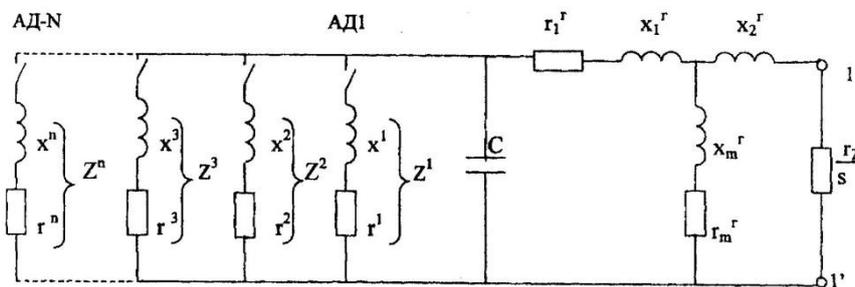


Рис. 7.4. Схема замещения АГ с N АД, свернутая до первичных зажимов АГ

В качестве нагрузки АГ могут использоваться асинхронный двигатель М3 или реостат R , включаемые в схему при помощи соответствующих автоматических выключателей.

Емкость для возбуждения АГ подключается соответствующими автоматическими выключателями А3 - А6, А8, А9. С помощью автоматических выключателей А4 - А6 конденсаторы могут подключаться либо по схеме "звезда", либо по схеме "треугольник".

Измерение скорости вращения ротора АГ производится с помощью радиотачометра, состоящего из блока управления и устройства приема сигнала.

7.2. Порядок выполнения работы

1. Пуск установки.

Включить радиотаксометр кнопкой «Сеть», выставить необходимый диапазон измерения. Установить ЛАТР в крайнее левое положение. Включением автоматического выключателя А7 подать напряжение на обмотку возбуждения приводного двигателя и на ЛАТР.

Используя автоматические выключатели АЗ - А6, включить параллельно АГ емкость, необходимую для возбуждения генератора (согласно анализу и расчету схемы замещения АГ).

Плавное вращая ручку ЛАТРа, увеличивать скорость вращения приводного двигателя до появления на выводах генератора напряжения $U = 100$ В. (Напряжение контролируется вольтметром комплекта К-506.)

Добиться работы тахометра в режиме «Сопровождение».

Увеличивая скорость вращения приводного двигателя, добиться на выводах генератора $U_{AG} = 1,05$, $U_H = 400$ В.

2. Снять характеристику $U_{AG} = f(n)$, $C = \text{const}$.

Уменьшая скорость вращения приводного двигателя n , замерять соответствующие значения напряжения U_{AG} . Скорость вращения приводного двигателя уменьшать до момента развозбуждения генератора ($U_{AG} = 0$). Результаты свести в табл. 7.1.

Таблица 7.1

| | | | | | | | |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|
| n , об/мин | | | | | | | |
| U_{AG} , В | | | | | | | |

Увеличивая скорость вращения приводного двигателя, добиться на выводах генератора $U_{xx} = 1,05$ $U_H = 400$ В.

3. Снять характеристику $U_{AG} = f(I_{AG})$, $C = \text{const}$, $n = \text{const}$.

Включить автоматические выключатели А1 и А15, подключив тем самым на выводы АГ реостат R. Изменяя сопротивление реостата R, снять зависимость $U_{AG} = f(I_{AG})$. Величины U_{AG} и I_{AG} контролируются по соответствующим приборам комплекта К-506. Результаты свести в табл. 7.2.

Таблица 7.2

| | | | | | | | |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|
| I_{AG} , А | | | | | | | |
| U_{AG} , В | | | | | | | |

Выключить автоматический выключатель А15.

4. Проверить устойчивость работы АГ при подключении на его выводы активно-реактивной нагрузки (реализуется с помощью асинхронного двигателя МЗ).

Перед подключением на выводы АГ асинхронного двигателя необходимо увеличить емкость, подключаемую параллельно АГ, до величины, полученной в результате анализа схем замещения АГ и АД (выполняется автоматическими выключателями А8, А9).

Включением автоматического выключателя А14 подключить на выводы АГ асинхронный двигатель. Отметить, как при этом изменится режим работы АГ.

5. По результатам п.п 2, 3 построить графические зависимости $U_{AG} = f(n)$, $U_{AG} = f(I_{AG})$.

7.3. Содержание отчета

1. Исходные данные для проведения эксперимента (результаты расчета емкости по программе ADparam).

2. Принципиальная схема лабораторной установки (рис. 7.5).

3. Таблицы экспериментальных данных и графики.

4. Выводы о преимуществах и недостатках использования асинхронной машины в качестве генератора.

Литература

1. Артишевская, С.В. Экспериментально-аналитический метод определения параметров асинхронных машин // Электричество. - 1999. - № 11. - С. 29-31.

Константинова, С.В. Электромеханические системы в миниэнергетике на основе асинхронного генератора: диссертационная работа на соискание ученой степени канд. техн. наук. - Мн.: БНТУ, 1999.

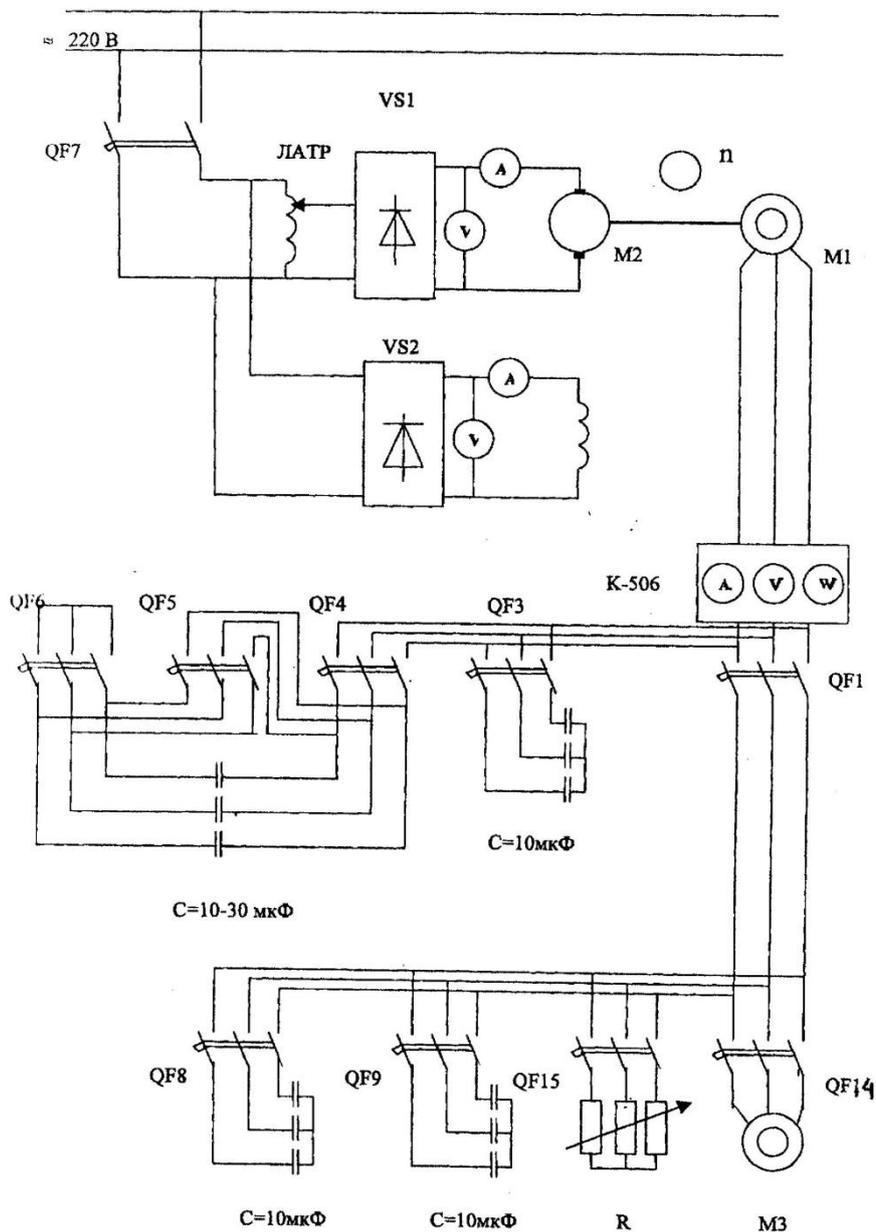


Рис. 7.5. Принципиальная схема лабораторной установки

Лабораторная работа №8 НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Цель работы - изучение схем дистанционного управления электроприводом и получение практических навыков по наладке асинхронных электроприводов.

Задачи:

1. Приобрести навыки наладки нереверсивного асинхронного привода.
2. Научиться выполнять монтаж реверсивного асинхронного привода и его наладку.
3. Уметь реализовывать электросхему асинхронного реверсивного привода с введением в электросхему реле времени.

8.1. Методические рекомендации

8.1.1. Общие сведения

Электрооборудование установок, а также электропривод могут приводиться в действие аппаратами ручного или дистанционного (автоматического) управления.

Для дистанционного или автоматического управления используются аппараты, управляемые по сигналам командных органов (кнопка, выключатель и др.). Основными аппаратами автоматического управления являются контакторы, пускатели, реле.

Для защиты приводного двигателя применяются тепловые реле, автоматы, пускатели, защита минимального напряжения.

В зависимости от требований технологического процесса можно получить следующие схемы управления электродвигателем:

- 1) простую, включающую «Пуск» и «Стоп» механизма;
- 2) реверсивную;
- 3) реверсивную с выдержкой времени перед переключением движения «Назад» и т.д.

8.1.2. Схемы управления асинхронным двигателем

На рис. 8.1 приведена схема нереверсивного управления асинхронным двигателем. При нажатии кнопки SB1 запитывается катушка KM1 и замыкает свои контакты: KM1.2 - силовая цепь, включение электродвигателя; KM1.1 - блокировка, самопитание. Автомат QF служит для защиты электродвигателя от коротких замыканий, а тепловое реле РТ - от перегрузки. При исчезновении питания или понижении напряжения ниже $0,8 U_H$ произойдет отключение пускателя и снятие напряжения с электродвигателя - защита минимального напряжения.

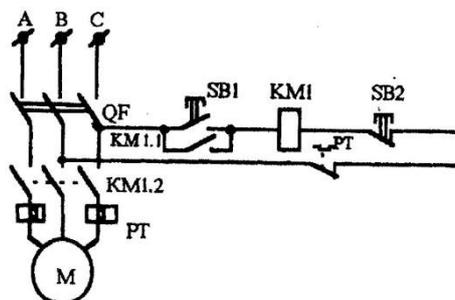


Рис. 8.1. Схема нереверсивного управления асинхронным электродвигателем

Схема управления (рис. 8.2) позволяет реверсивно управлять работой электродвигателя, при этом включение «Назад» осуществляется с выдержкой времени благодаря реле времени КТ. Одновременность включения «Вперед» и «Назад» исключается механической блокировкой пускателей KM1 и KM2, а также контактами

8.3 Содержание отчета

1. Вычертить схемы управления асинхронными двигателями (см. рис. 8.1 - 8.3).
2. Предложить свою схему управления асинхронным двигателем.
3. Проанализировать достоинства и недостатки выполнения схем.

Литература

1. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий. / Под ред. М. Г. Зименкова. - М: Энер- I оатомиздат, 1983. - 480 с.
2. *Анхимюк, В.Л., Ильин, О.П.* Автоматическое управление электроприводами. -Мн.: Выш. школа, 1965.

Лабораторная работа №9 ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ТРАНСФОРМАТОРОВ

Цель работы - освоить комплекс практических задач по включению трансформаторов на параллельную работу.

Задачи:

1. Дать общую оценку представленным на стенде двум трансформаторам: число фаз, величина мощности, токов обмоток, номинальные напряжения обмоток, предварительные выводы о возможности параллельной работы трансформаторов.
2. Определить начало и концы обмоток трансформаторов.
3. Вычислить необходимые коэффициенты трансформации.
4. Определить номинальные напряжения обмоток.
5. Собрать схемы обмоток трансформаторов по заданию преподавателя.
6. Провести фазировку трансформаторов.
7. Включить трансформаторы на параллельную работу и убедиться в отсутствии уравнивающих токов.
8. Подключить к параллельно включенным трансформаторам двигательную нагрузку, предварительно оценив возможности ее включения.
9. Все измерительные приборы, аппараты, необходимые инструменты студенты выбирают сами.

9.1. Методические рекомендации

В качестве методических рекомендаций используются вопросы, подсказки, на которые студенты должны дать максимально полные ответы на основе имеющихся у них теоретических знаний. Работа рассчитана на 4 ч. Поэтому незнание ответов на отдельные вопросы восполняется в процессе подготовки ко второй части работы.

1. На основе внешнего осмотра опишите предложенные вам трансформаторы и постарайтесь получить о них максимальные сведения: магнитопроводы, обмотки, системы токов и т.п.
2. Определите, какие опыты нужно провести, чтобы выполнить работу.
3. Разработайте электросхемы для проведения выбранных вами опытов.
4. Составьте перечень приборов и оборудования для выполнения работы.
5. На основании какого опыта можно определить U_H трансформатора? Составьте алгоритм опыта и поясните его реализацию.
6. Зачем нужен фазоуказатель? Разберитесь с принципом его работы.
7. Что входит в понятие фазировки трансформаторов и как она производится?
8. Соберите схему фазировки трансформаторов.
9. Включите на параллельную работу трансформаторы (схемы обмоток трансформаторов указываются преподавателем).
10. Можно ли запустить АД, используя исследуемые трансформаторы? Если можно, составьте электросхему питания АД.

9.2. Выполнение работы

На основании проведенного анализа предложенных для исследования трансформаторов провести необходимые опыты, используя разработанные электросхемы испытания, и дать ответы на все поставленные в работе вопросы.

9.3. Содержание отчета

Дать письменные ответы на поставленные в работе вопросы. Ответы должны содержать теоретические обоснования.

Л и т е р а т у р а

1. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий. / Под ред. М. Г. Зименкова. - М.: Энергоатомиздат, 1983.- 480 с.
2. Вольдек, А. И. Электрические машины - Л.: Энергия, - 1978.-832 с.

Лабораторная работа №10
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА И МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ
В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

Цель работы - получить навыки в определении мест и видов повреждений кабельных линий.

Задачи:

1. Изучить виды повреждений и методы их определения (метод кабельного разряда, импульсный, петлевой, индукционный и акустический методы).
2. Получить навыки работы с аппаратом КАИ-80.
3. Получить навыки определения видов повреждений при помощи мегомметра.

10.1. Методические рекомендации

10.1.1. Общие сведения

Силовые кабельные линии наряду с известными достоинствами (возможность прокладки нескольких линий вблизи различных сооружений, малая зависимость от метеорологических условий и т.п.) имеют и существенный недостаток, заключающийся в длительности выявления и ликвидации повреждений. В зависимости от конкретных условий время восстановления линии после повреждения составляет от нескольких часов до 2-3 суток. При аварийных повреждениях кабелей в ряде случаев имеет место недоотпуск электроэнергии потребителям. Поэтому первостепенное значение приобрели испытания вновь вводимых и действующих кабельных линий энергосистем и промышленных предприятий, проводимые в соответствии с действующими ПУЭ. Подавляющее большинство повреждений кабельных линий связано с местными сосредоточенными дефектами. Поэтому методы так называемых неразрушающих испытаний (измерение токов утечки, токов абсорбции, диэлектрических потерь, сопротивления изоляции) для них обычно неэффективны. В настоящее время испытание изоляции кабелей повышенным напряжением постоянного тока является основным способом выявления сосредоточенных дефектов. Следует подчеркнуть, что повышенное испытательное напряжение не оказывает вредного влияния на здоровую изоляцию кабеля, так как при этом отсутствует даже неопасная начальная ионизация.

Основным назначением испытаний повышенным напряжением постоянного тока является доведение ослабленного места изоляции до пробоя с целью предотвращения аварий на кабельной линии в эксплуатации.

Для обеспечения надежности и экономичности энергоснабжения потребителей кабельные линии, пробитые при испытаниях или вышедшие из строя аварийно, должны быть введены в работу в кратчайшие сроки.

В технологии ремонта силовой кабельной линии наибольшие затраты времени приходится на определение места повреждения. Эффективность этой операции зависит от условий, при которых возникло повреждение. Большая часть эффективных методов определения места повреждения (волновой, индукционный и др.) требует, чтобы переходное сопротивление в месте повреждения было снижено до десятков, единиц или даже долей ома. Кроме того, для успешного применения индукционного метода весьма желательно перевести однофазное повреждение в двухфазное. Все это достигается путем прожигания изоляции в дефектном месте с помощью специальных установок. Прожигание дефектной изоляции силовых кабельных линий производится за счет энергии, выделяющейся в канале пробоя. При этом происходит обугливание изоляции в месте повреждения и снижение переходного сопротивления. Следует отметить, что прожигание позволяет непосредственно и просто выявлять повреждения в концевых разделках по нагреву, появлению дыма и запаха гари. Последнее значительно сокращает время ликвидации дефекта, так как не требует разворачивания аппаратуры для отыскания мест повреждения.

10.1.2. Виды повреждений кабельных линий

Изоляция силовых кабельных линий, питающих промышленные или коммунальные объекты, должна удовлетворять требованиям нормативных материалов (ГОСТ, ПУЭ и др.). Не удовлетворяющая этим условиям кабельная линия относится к категории "поврежденных". Такая линия должна быть отключена от сети. С обеих ее сторон вывешиваются плакаты "Не включать - работают люди". Место повреждения кабельной линии определяют методом измерения. Если кабельная линия после ремонта удовлетворяет требованиям ПТЭ, ее включают в эксплуатацию. Причинами, вызывающими повреждения кабельных линий, могут быть:

- пробои и вмятины, нанесенные при раскопках на кабельных трассах;
- дефекты монтажа муфт (непропаянные шейки муфт, надломы изоляции на жилах при разводке, плохая пропайка и обработка соединительных зажимов, неполная заливка муфт мастикой и т.п.);
- заводские дефекты (повреждение защитных покровов кабеля и его оболочки, совпадение бумажных лент изоляции жил кабеля, морщины, поперечные надрывы на лентах, заусенцы на проволоках токоведущих жил и др.);
- коррозия оболочки кабеля, вызванная действием блуждающих токов электрифицированного транспорта или влиянием различных химических реагентов, содержащихся в почве;
- обрывы токоведущих жил кабельных линий, возникающие при осадках или смещениях грунта на трассе линии, при перегорании жил во время КЗ;
- электрическое старение изоляции или ее перегрев;
- дефекты прокладки (крутые изгибы при поворотах трассы, перекрутка кабеля, изломы, вмятины и т.п.).

Основные виды повреждений кабелей - это механические повреждения, возникающие при производстве земляных работ, и дефекты прокладки кабеля и монтажа муфт, эксплуатации кабельной линии. Своевременное обнаружение дефектов изоляции кабеля и муфт является задачей периодических испытаний кабельных линий. Устранение дефектов в кабелях повышает уровень изоляции сети.

Повреждения кабельных линий носят различный характер и могут быть разделены на следующие виды:

- повреждение изоляции, вызывающее замыкание одной жилы на землю;
- повреждение изоляции, вызывающее замыкание двух или трех жил на землю, двух или трех жил между собой в одном или разных местах;
- обрыв одной или трех жил без заземления или с заземлением, как оборванных, так и необорванных.

Возможен заплывающий пробой изоляции: одной жилы на землю; одной, двух или трех жил между собой без заземления и с заземлением.

Все повреждения в кабельной сети связаны в той или иной степени с изменением сопротивления изоляции или жилы. На основе этих изменений можно построить методы, дающие возможность определить вид повреждения и поврежденную жилу.

10.1.3. Методы определения вида повреждения

В большинстве случаев для определения вида повреждения кабельной сети производится измерение сопротивлений изоляции каждой жилы кабеля по отношению к земле и между каждой парой жил с помощью мегомметра. Для проведения испытаний кабель должен быть отсоединен от сети с обеих сторон. Далее проверяют отсутствие замыкания всех жил кабеля с землей и между собой.

Схема для проверки на пробой изоляции между жилой и свинцовой оболочкой изображена на рис. 10.1. Один зажим мегомметра заземляется, а другой поочередно присоединяется ко всем жилам кабеля.

Проверки на пробой изоляции между двумя фазами производятся по схеме, изображенной на рис. 10.2.

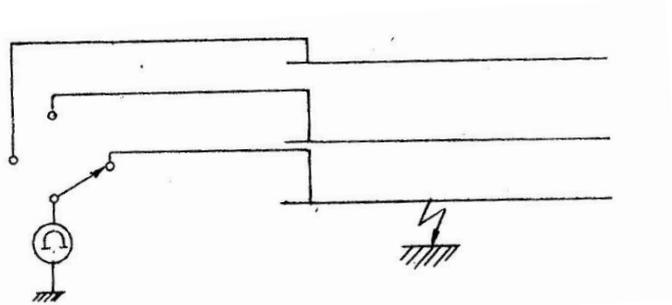


Рис. 10.1. Схема проверки на пробой изоляции между жилой и свинцовой оболочкой

Чтобы обнаружить обрыв жил, необходимо произвести с обоих концов кабеля прозвонку каждой жилы относительно земли мегомметром при наложении закоротки и заземлений всех жил кабеля на противоположном конце. Существование обрыва жилы проверяется по схемам, изображенным на рис. 10.3 и 10.4.

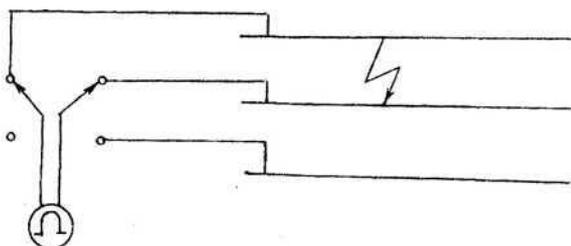


Рис. 10.2. Схема проверки на пробой изоляции между фазами

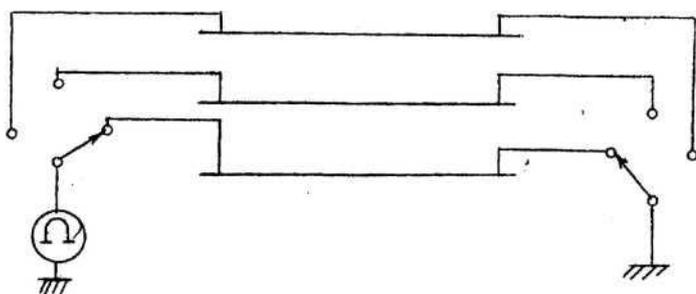


Рис. 10.3. Схема проверки на обрыв жилы кабеля

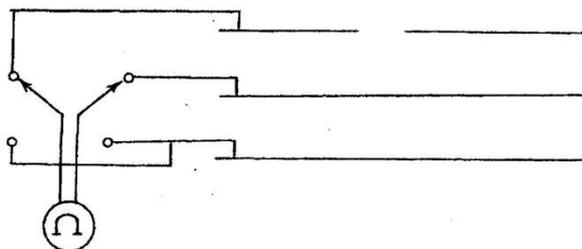


Рис. 10.4. Схема проверки на обрыв жилы кабеля

Комбинированное повреждение может быть обнаружено также на основе измерений сопротивлений по схемам (рис. 10.1- 10.4) и анализа полученных результатов. Знание вида повреждения кабеля дает возможность перейти к определению места повреждения.

10.1.4. Методы определения места повреждения (ОМП)

К методам ОМП кабельных линий предъявляются следующие требования:

- 1) погрешность ОМП не должна превышать 3 м, что обусловлено трудностью раскопок при расположении кабельных линий под усовершенствованными покрытиями;
- 2) для ускорения ввода линии в эксплуатацию время определения места повреждения не должно превышать нескольких часов;
- 3) необходима высокая надежность применяемых аппаратов и безопасность производства работ.

Существующие методы ОМП силовых кабельных линий целесообразно разделить на две группы: дистанционные (волновой, импульсный, колебательного разряда, петлевой, емкостный), позволяющие определить расстояние от места измерения до места повреждения, и топографические (индукционный, акустический, контактный), позволяющие указать место повреждения непосредственно на трассе (топографически).

Кратко рассмотрим эти методы.

Волновой метод основан на том, что в кабельную линию посылается не кратковременный импульс, а волна большой длительности и высокого напряжения (в отличие от локационного искателя). Измеряется время прохождения фронтом волны расстояния до МП и обратно. Волна высокого напряжения вызывает в МП искровой разряд, поэтому волновой метод можно использовать как при малом, так и при большом значении переходного сопротивления без прожига изоляции.

Импульсный метод основан на послышке в поврежденную кабельную линию зондирующего электрического импульса и на определении промежутка времени от момента его подачи до момента возвращения отраженного импульса. Зондирующий импульс будет отражаться от неоднородностей этой линии и отображаться на экране электронно-лучевой трубки в виде выбросов. Выброс вверх соответствует увеличению волнового сопротивления: обрыв или конец линии, переход от большего сечения жилы к меньшему, наличие соединительной муфты. Выброс вниз – уменьшению волнового сопротивления: короткое замыкание, утечка, переход с меньшего сечения жилы на большее. L_x определяется из формулы

$$t = 2L_x/V,$$

где V - скорость распространения импульса для различных кабелей (берется из справочных материалов), м/мкс.

L_x - расстояние до места повреждения, м.

Метод колебательного разряда основан на пробое изоляции кабеля с периодом

$$T = 4 L_x / V.$$

Жила кабеля плавно заряжается от установки высокого напряжения постоянного тока до напряжения пробоя изоляции, но не выше значения, предусмотренного нормами профилактических испытаний.

По осциллограмме напряжения при пробое заряженного кабеля измеряется время первого полупериода колебания, подверженного наименьшему искажению и затуханию, и определяется расстояние L_x до места повреждения.

Петлевой метод основан на измерении соотношения активных сопротивлений двух участков жил кабельной линии: первый участок - поврежденная жила кабельной линии от одного конца кабеля до повреждения, второй участок - от МП до другого конца кабеля с

учетом неповрежденной жилы. Измерение соотношения осуществляется четырехплечевым мостом постоянного тока. Этот метод применим при замыкании одной или двух жил на оболочку кабельной линии без отрыва через $r_{пер}$, равное 10 кОм.

Ёмкостный метод основан на измерении емкости частей оборванной жилы кабельной линии. Измерения производятся мостом переменного тока на частоте 1 кГц. Подобные измерения дают приемлемую точность ОМП при $r_{пер} = 300..500$ Ом.

При ОМП дистанционными методами не производят раскопки кабельной линии, поэтому дополнительно применяется ряд топографических методов.

Индукционный метод основан на улавливании магнитного поля звуковой частоты над трассой кабельной линии. Генератор звуковой частоты, например, типа ГК-80 (с частотой 1... 10 кГц) подключается к петле короткого замыкания. На поверхности земли, перемещаясь вдоль кабельной линии, при помощи индукционной рамки, усилителя и телефона можно проследить трассу КЛ, места расположения муфт (по усилению звука), оценить глубину заложения, найти МП. Для усиления сигналов, получаемых от рамки или акустического датчика, используются переносные усилители переменного тока. В энергосистемах применяются кабелеискатели типа АИП-ЗМ. В настоящее время разработан усовершенствованный кабелеискатель типа КАИ-77.

Акустический метод основан на прослушивании над МП звуковых колебаний, вызываемых искровым разрядом, в канале повреждения. Он эффективен при одно- и многофазных замыканиях с различными $r_{пер}$, при обрывах жил и позволяет определить МП на подводных участках кабельной линии. Прослушивание звуковых колебаний на поверхности земли производится стетоскопом или акустическим датчиком с усилителем и телефоном типа АИП-ЗМ или КАИ-77.

Контактный метод основан на измерении электрического напряжения от токов в земле. Место замыкания жилы на оболочку кабельной линии определяют по изменению направления тока в земле в районе МП при питании петли "поврежденная жила КЛ - оболочка" постоянным или однополярным импульсным напряжением. Два контактных стержня, перемещаемые вдоль трассы КЛ на неизменном расстоянии 0,5-1 м между ними, подключаются к чувствительному направленному измерительному прибору.

10.1.3. Выявление места повреждения на кабеле при раскопке

После определения топографическим методом места повреждения кабеля на трассе приступают к его раскопке для ремонта. Раскопка поврежденной кабельной линии должна производиться самим эксплуатационным персоналом или под его постоянным надзором и контролем.

Раскапывать трассу кабеля разрешается исключительно лопатами. Применение ломов, пневматических инструментов и клиньев допускается только для снятия верхнего слоя на глубину не более 0,25 м. При разогревании почвы в зимнее время приближение слоя горячих углей к кабелям допускается не ближе 150 мм. В случае приближения к кабелю на ширину лопаты роются контрольные шурфы на расстоянии 0,5 м от предполагаемой трассы кабеля. После обнаружения кабеля раскопка увеличивается до ширины будущей траншеи.

Первым признаком места повреждения кабеля является наличие характерного запаха горелого джута оплетки кабеля. Предполагаемое МП тщательно очищается от земли. Если повреждение кабеля произошло аварийно, то его разрушение от токов короткого замыкания бывает настолько значительным, что выгорают свинец и броня с образованием видимого отверстия или вмятины, которые легко обнаруживаются на ощупь.

В тех случаях, когда повреждение кабеля произошло при профилактическом испытании, обнаружить его значительно труднее. Для выявления таких скрытых

повреждений необходимо тщательно очистить предполагаемое МП от земли и по возможности приподнять кабель. В месте раскопки за кабелем устанавливается наблюдение, а на одном его конце осуществляется прожигание.

При низких переходных сопротивлениях прожигание осуществляется по схеме "поврежденная жила – земля" током 20- 50 А. Прожигательной установкой могут служить генератор звуковой частоты, сварочный трансформатор или низковольтная обмотка сетевого трансформатора с токоограничивающим сопротивлением.

В большинстве случаев в самом начале прожига из-под витков брони поврежденного места кабеля появляется струйка дыма, выделяется пропиточная масса и чувствуется запах горелого джута. В последующий момент МП. кабеля начинает нагреваться и может быть выявлено прощупыванием рукой.

Возникающие в кабеле разряды хорошо прослушиваются на раскопанном кабеле, и при прожигании брони наблюдается дуга разряда. Места повреждения кабелей, имеющих между- фазное короткое замыкание, при раскопке хорошо уточняются индукционным методом. Ведя накладную рамку кабелеискателя непосредственно по кабелю, легко установить место прекращения звучания в телефоне индукционного приемника, а значит и место повреждения (рис. 10.5 и 10.6).

10.2. Порядок выполнения работы (индукционный метод, аппарат КАИ-80)

До включения генератора в сеть необходимо:

1. Переключатель 1 кГц, 10 кГц установить в нужное для работы положение.
2. Переключатель 2,5 А, 25 А - в положение «25 А».
3. Переключатель «Согласование нагрузки» - в положение «0».
4. «Регулятор выхода» - в крайнее левое положение.
5. Выход генератора подключить к зажимам кабеля по схеме (см. рис. 10.5 или 10.6).

Включить генератор в сеть 220 В, установить тумблер питания в положение «Сеть» и 10 мин прогреть. После этого переключатель «Согласование нагрузки» перевести в положение «0,5» и регулятором выхода установить ток в кабеле, соответствующий показанию прибора «30».

Перед выходом на кабельную трассу необходимо проверить работу приемника с преобразователем. К разъемам «Вход» подключить акустический преобразователь ТЛФ, привести в рабочее состояние головные телефоны. Рукоятки «Рег. усил.» вывести в крайнее левое положение. Тумблер «ФТ» выключить.

Включить питание приемника тумблером «Вкл». Нажать кнопку «КН». Стрелка индикатора при этом должна находиться в зеленом секторе, что подтверждает работоспособность батарей приемника.

Возбудить торец преобразователя сигналом от нагрузки механических часов и ручкой «Рег. усил.» установить четкую слышимость хода часов в головных телефонах. Ручкой «Чувств, инд.» установить четкое отклонение стрелки в такт с ходом часов и нажать кнопку «Внутр. ант.», при этом слышимость хода часов пропадает и слышен низкочастотный фон. Приемник готов к работе.

Подключить к приемнику индукционный преобразователь и включить тумблер «ФТ». Переключатель частоты индукционного преобразователя установить в положение «1» или «10» кГц.

Необходимо согласовать вход приемника. Для этого ручкой «10 кГц» установить максимальную слышимость сигнала в головных телефонах. На головные телефоны всегда поступает сигнал частоты 1 кГц независимо от частоты генератора.

Для определения трассы кабельной линии нужно собрать одну из схем (см. рис. 10.3 или 10.5) в зависимости от вида повреждения кабеля. Проходя по трассе кабеля, определяют место его повреждения. По окончании работы все тумблеры и переключатели необходимо установить в исходное положение.

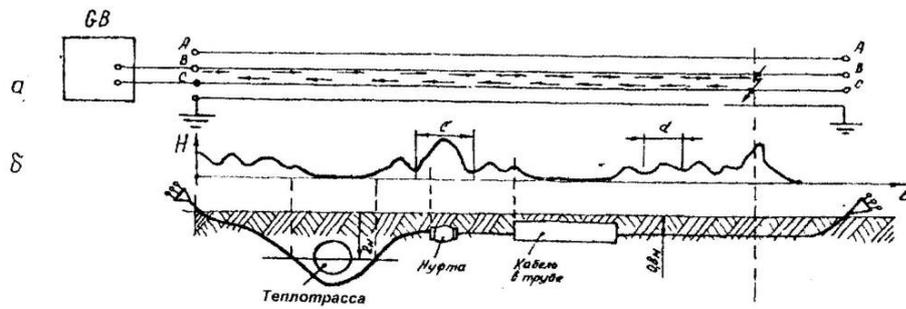


Рис. 10. 5. Определение места повреждения кабеля индукционным методом:
 а – схема включения генератора звуковой частоты при междуфазном замыкании жил кабеля линии «GB – генератор ГК-80»;

б – кривая изменения напряжения электромагнитного поля по трассе кабеля с междуфазным замыканием жил (остаточное сопротивление в месте коротки до десятой доли ома), d – шаг повива жил кабеля, $c > d$ – на участке расположения муфт

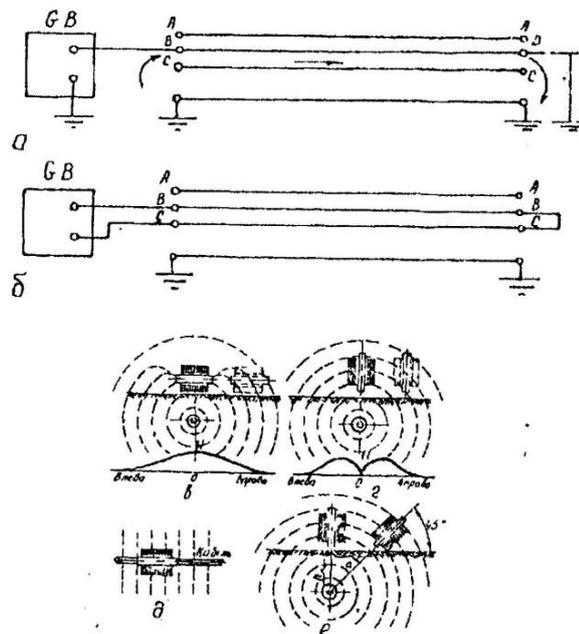


Рис. 10.6. Индукционный метод:

а – схема определения трассы кабельной линии «GB – генератор ГК-80»; б – схема определения трассы кабельной линии при разрывах в оболочке кабеля; в – ось катушки, расположенной горизонтально к плоскости земли и перпендикулярно к оси кабеля; г – ось катушки, расположенной перпендикулярно к оси кабеля; д – ось катушки, расположенной параллельно к оси кабеля; е – положение оси катушки при определении глубины залегания кабеля

10.3. Содержание отчета

1. Перечень использованного оборудования и приборов, их технические данные.
2. Методы определения мест повреждения в кабельных линиях и их сущность.
3. Схема определения трассы кабеля и глубины его залегания индукционным методом.
4. Данные о трассе кабеля и глубине его залегания.,
5. Порядок использования аппарата КАИ-80 при испытании кабеля.
6. Определение вида повреждения с помощью мегомметра и анализ полученных данных.

10.4. Контрольные вопросы

1. Назовите основные факторы, причины и виды повреждения кабельных линий.
2. Что понимается под фазировкой кабеля и какую цель она преследует?
3. Как устанавливается характер повреждения кабельной линии?

4. С какой целью производится прожигание кабельной линии.
5. Какие существуют методы (и их разновидности) определения мест повреждения кабельных линий?
6. Сущность волнового метода определения места повреждения в кабеле?
7. Применение петлевого метода.
8. Сущность определения места повреждения индукционным методом?
9. На каких принципах основаны акустический и контактный методы?
10. Как выявляется место повреждения на кабеле при раскопке?

Литература

1. *Деменьтьев, В. С.* Как определить место повреждения в силовом кабеле. - М.: Энергия, 1980.-72 с.
2. *Платонов, В.В., Шалый, Г.М.* Испытание и прожигание изоляции силовых кабельных линий. - М.: Энергия, 1975.-131 с.
3. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / Под ред. М.Г Зименкова. - М.: Энергоатомиздат, 1983.-480 с.
4. ГК-80 (техническое описание и инструкция по эксплуатации 92.2.899.001 ТО), 1983. - 65с.

Лабораторная работа № 11

РЕМОНТ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Цель работы - получить практические навыки при производстве ремонта и испытаний электрических машин.

Задачи:

1. По реальной лобовой части обмотки асинхронной машины:
 - а) определить синхронную частоту вращения ΔM ;
 - б) рассчитать число пазов, тип обмотки, $\tau, y, K_{ук}, K_{у\kappa}, K_p, K_{об1}, W_K, W_1$, число ветвей обмотки;
 - в) определить мощность, найти по каталогу соответствующую машину.
2. По имеющимся образцам статора описать последовательность операций и методы укладки обмоток, получить четкое представление о коэффициенте заполнения паза.
3. Перечислить виды повреждений обмотки и методы их обнаружения.
4. Определить у намотанного двигателя начала y концы фазных обмоток.
5. Произвести испытания изоляции обмотки мегомметрами индукционной системы и электронным мегомметром. Сравнить показания.
6. Сделать вывод о качестве выполненной обмотки.
7. Ознакомиться с образцами имеющихся электрических машин.
8. Выбрать самим измерительные приборы, аппараты, необходимые инструменты.

11.1. Методические рекомендации

На основе теоретических знаний электротехники студенты должны приобрести умения ремонта и испытания электрических машин.

Для выполнения первой части лабораторной работы студентам предлагается лобовая часть реальной обмотки, работа с которой заключается в следующем:

1. Детально ознакомиться с образцом.
2. Тщательно изучить крепление лобовой части и описание технологии крепления.
3. По внешним признакам образца определить (если можно) характер повреждения электрической машины.
4. Осмотром определить тип обмотки (однослойная или двухслойная).
5. Определить число пазов электрической машины и возможный ее тип.
6. Определить практически шаг обмотки и на этом основании рассчитать полюсное деление машины.
7. Если нужно, разобраться со свойствами концентрических обмоток.
8. Найти на образце лобовую часть катушки и катушечной группы.
9. Определить сечение обмоточного провода и число витков в катушке прямым пересчетом проводников в пазу.
10. На основании полученных сведений рассчитать предварительно все конструктивные элементы электрической машины и ее мощность.
11. Найти по каталогу соответствующую машину.

Для выполнения второй части работы необходимо ознакомиться с технологией ремонта электрических машин на примере АД.

11.1.1. Технология ремонта АД

1. Чистка и мойка двигателя от внешних загрязнений. Эту работу производят ветошью, металлическими и синтетическими щетками в специально отведенном помещении. Это помещение оборудуется: кран-балкой, специальной емкостью для мойки, контейнерами для отбросов.

2. Замер сопротивления изоляции производится мегомметром (рис. 11.1).

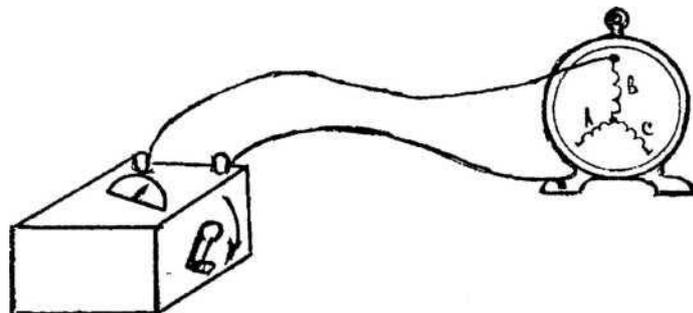


Рис. 11.1. Проверка исправности мегомметра

Порядок проведения измерения:

- присоединив проводники к выводам мегомметра, не замыкая их накоротко» начинаем вращать ручку со скоростью 120 об./мин; прибор в исправном состоянии показывает бесконечность;

- замыкая проводники накоротко, прибор в нормальном состоянии должен показывать ноль.

Порядок работы с мегомметром:

- один проводник мегомметра присоединяем к корпусу, а второй - на вывод фазы обмотки;

- начинаем вращать ручку мегомметра со скоростью 120 об./мин;

- по показаниям прибора делаем заключение о состоянии изоляции обмотки;

- проверяем изоляцию между фазами обмоток *AB*, *BC*, *CA*.

3. Тестером определяем целостность цепи.

Проверка исправности тестера:

- присоединив проводники к выводам тестера, не замыкая их накоротко, убеждаемся, что стрелка прибора показывает отсутствие тока в цепи;

- замкнув проводники накоротко, убеждаемся, что стрелка прибора показывает наличие тока в цепи.

Порядок работы с тестером:

- один проводник тестера присоединяем к началу обмотки, другой - к ее концу;

- по показаниям прибора судим о состоянии обмотки;

- эту же операцию повторяем с остальными двумя фазами обмотки статора.

4. При наличии повреждения в обмотке нужно произвести разборку двигателя, для чего снять щит с противоположной стороны выходного конца вала, сделать зазор между щитом и корпусом двигателя, затем съемником снять щит с подшипником. За выходной конец вала достать ротор.

5. Оценить состояние ротора внешним осмотром (наличие механических повреждений: зазубрин, потертостей).

6. Вынуть медь из статора.

При необходимости полной перемотки, без реставрации меди, лобовые части обмотки со стороны схемы обрубить (срезать), а медь частями извлечь из пазов вручную или стяжками. Для облегчения выемки меди статор необходимо разогреть в сушильной печи или индукционным методом (рис. 11.2).

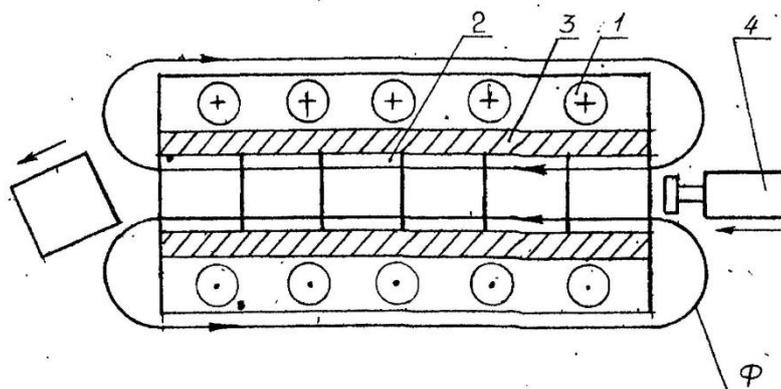


Рис. 11.2. Сушильная печь: 1 - индуктор; 2 - нагреваемое изделие; 3 - теплоизоляция; 4 - механизм перемещения изделия

Если обмоточная медь реставрируется для повторного использования, то обмотку необходимо разматывать.

Тщательно прочистить пазы.

11.3. Для осуществления обмотки непрерывным проводом (рис. а) секции (катушки) предварительно намотать на шаблоны, которые набрать на оправу так, чтобы у четных катушечных групп длинные стороны шаблона были расположены справа, а у нечетных - слева. После снятия намотанных катушечных групп с шаблона четные катушки, т.е. те, которые были на правой стороне, следует перевернуть на 180°, чем достигается разная полярность и симметричность (рис. 11.3,б) четных катушек.

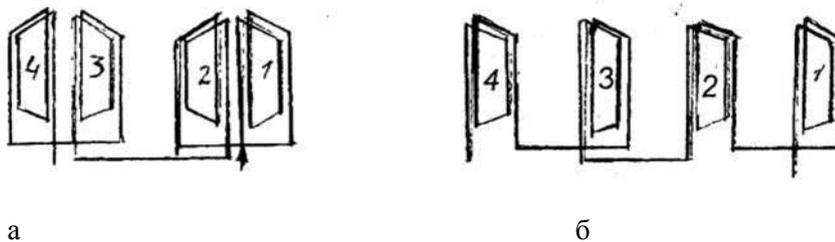


Рис. 11.3. Схема шаблонной укладки обмотки

7. Загибывать пазы таким образом, чтобы концы гильз выступали за пределы пазов для защиты изоляции вкладываемых проводов от повреждения.

8. Катушки сначала укладывают одной стороной путем поочередного опускания отдельных проводников через шлиц на дно паза, затем снимают скрепляющие ленточки со второй половины катушки и ее проводники таким же методом опускают через шлиц в паз. По мере укладки проводников с помощью приспособления (сапожок) или деревянного клина их выправляют.

9. Затем в верхнюю часть паза забивают деревянные клинья, под которыми предварительно прокладывают нарезанные полоски электрокартона.

10. В лобовых частях прокладываются изоляционные прокладки между катушками и катушечными группами. Затем делают рихтовку, закрепляя между собой в монолит киперной лентой.

11. Проверить мегомметром состояние изоляции обмотки, а тестером целостность обмоточной цепи.

12. Пропитка лаком и сушка. Для пропитки статор опускают в ванну с лаком и выдерживают до полного прекращения выделения пузырьков воздуха на поверхности лака в ванне (практически 10-15 мин). После этого двигатель извлекают из ванны и устанавливают над пропиточным баком в вертикальном положении для того, чтобы дать возможность излишнему лаку стечь обратно в ванну. Пропитку повторяют необходимое число раз. После этого сушат двигатель.

12.1. Сушку обмотки производят в сушильной печи в течение 6-9 ч при температуре 110-

120°. Время пребывания электродвигателя в печи при температуре ниже 100° не учитывается. По окончании сушки мегомметром напряжением 500- 10000 В в горячем виде замеряют сопротивление изоляции обмотки. Величина сопротивления должна быть не менее 1 МОм для статора. Если сушка производится при температуре 100°, время сушки увеличивается.

12.2. Сушка инфракрасными лучами в настоящее время осуществляется лампами инфракрасного излучения (СК-1 250 Вт на 127 В и СК-2 500 Вт на 127 или 220 В). В печи щиты с лампами должны быть смонтированы так, чтобы при необходимости они могли перемещаться по направлению к центру печи. Загрузка печи производится по возможности однотипными по своим габаритам статорами, что позволяет регулировать расстояние до инфракрасных ламп. Обмотки статоров располагают так, чтобы обеспечить наиболее интенсивное облучение инфракрасными лучами (рис. 11.4).

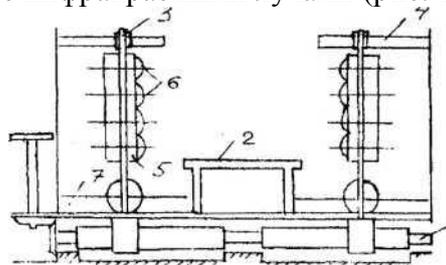


Рис. 11.4. Печь для сушки электрических машин инфракрасными лучами: 1 - вал приводного механизма; 2 - тележка; 3 - параллельные щитки;

4, 7 - направляющие; 5 - рефлекторы; 6 - лампы

12.3. Применяя индукционный метод сушки, необходимо сушить сразу несколько электродвигателей с приблизительно одинаковыми размерами активной стали, последовательно соединив намагничивающей обмоткой все статоры, подлежащие сушке. При таком методе и приблизительно одинаковых размерах стали статоров количество намагничивающей обмотки для каждого статора определяют исходя из общего количества витков, равномерно распределяемых между подвергающимися сушке статорами (рис. 11.5).

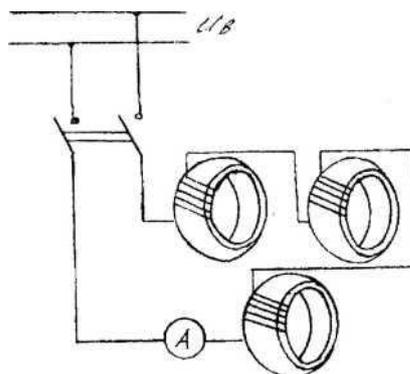


Рис. 11.5. Схема питания намагничивающей обмотки для одновременной сушки трех одинаковых электродвигателей

13. На концы обмоток напаять провода большего сечения, чем провода самих обмоток, для удобства работы с ними и механической прочности. На место пайки надеть кембрики для изоляции. Вывести концы обмотки на клеммную крышку. Выполнить окончание выводов.

14. Вставить ротор с передним щитом двигателя.

15. Установить задний щит двигателя.

16. Прозвонить обмотку статора (рис. 11.6 и 11.7). Определить начала и концы фазных обмоток статора АД по одной из схем (рис. 11.6, 11.7).

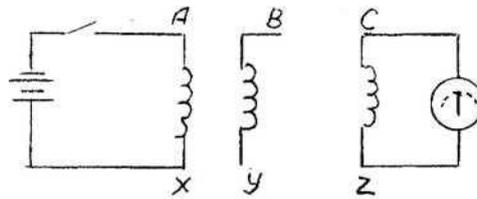


Рис. 11.6. Импульсный метод определения начал и концов обмоток статора

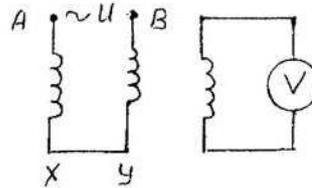


Рис. 11.7. Индукционный метод определения начал и концов обмоток статора

11.1.2. Содержание отчета

Краткое описание всех операций и расчетов, проделанных в работе.

Литература

1. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / Под ред. М. Г. Зименкова. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 480 с.
2. Вольдек, А. И. Электрические машины. - Л.: Энергия, 1978.- 832.

Лабораторная работа № 12

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Цель работы - приобретение навыков по измерению сопротивления заземлителей.

Задачи:

1. Изучить методы измерений сопротивления заземлителей.
2. Ознакомиться с существующими приборами и схемами их подключения.
3. Получить навыки работы с прибором М-416.
4. Измерить сопротивление заземлителя.

12Л. Методические рекомендации

12.1.1. Измерение сопротивления заземлителей

При разветвленной заземляющей сети измерение сопротивления заземлителей и заземляющих проводников производят отдельно, т. е. металлических корпусов электрооборудования с контуром заземления.

Для правильной оценки качества заземляющих устройств измерять их сопротивления рекомендуется в период наименьшей проводимости грунта: зимой при наибольшем его промерзании; летом - при наибольшем просыхании. Для учета состояния земли во время измерения применяют один из коэффициентов, приведенных в табл. 12.1: k_1 - если земля влажная (времени измерения предшествовало выпадение большого количества осадков); k_2 - если земля нормальной влажности; k_3 - если земля сухая, количество осадков ниже нормы. Расчетное сопротивление заземлителя определяется из выражения

$$R = R_{\text{изм}} \cdot k.$$

Таблица 12.1

Поправочный коэффициент к значению измеренного сопротивления заземлителя

| Тип заземлителя | Размеры заземлителя | $t = 0,7 \dots 0,8 \text{ м}$ | | | $t = 0,5 \text{ м}$ | | | $t = 0 \text{ м}$ | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------|
| | | k_1 | k_2 | k_3 | k_1 | k_2 | k_3 | k_1 | k_2 | k_3 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Горизонтальная полоса | $l = 5 \text{ м}$ | 4,3 | 3,6 | 2,9 | 8,0 | 6,2 | 4,4 | - | - | - |
| | $l = 20 \text{ м}$ | 3,6 | 3,0 | 2,5 | 6,5 | 5,2 | 3,8 | - | - | - |

Окончание табл. 12.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| Заземляющая сетка или контур | $S^2=400 \text{ м}^2$ | 2,6 | 2,3 | 2,0 | 4,6 | 3,8 | 3,2 | - | - | - |
| | $S^2=900 \text{ м}^2$ | 2,2 | 2,0 | 1,8 | 3,6 | 3,0 | 2,7 | - | - | - |
| | $S^2=3600 \text{ м}^2$ | 1,8 | 1,7 | 1,6 | 3,0 | 2,6 | 2,3 | - | - | - |
| Заземляющая сетка или заземлители | $S^2=900 \text{ м}^2$ $n=10$ шт. | 1,6 | 1,5 | 1,4 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | - | - | - |
| Одиночный вертикальный заземлитель | $l=2,5 \text{ м}$ | 2,0 | 1,75 | 1,5 | - | - | - | 3,8 | 3,0 | 2,3 |
| | $l=3,5 \text{ м}$ | 1,6 | 1,4 | 1,3 | - | - | - | 2,1 | 1,9 | 1,6 |
| | $l=5,0 \text{ м}$ | 1,3 | 1,23 | 1,15 | - | - | - | 1,6 | 1,45 | 1,3 |

Примечание. t – расстояние от поверхности земли до верхней точки.

Метод амперметра-вольтметра применяется в основном для точных измерений при малых сопротивлениях заземлителей (до сотых долей ома). Измерение производят переменным током от понижающего трансформатора (рис. 12.1).

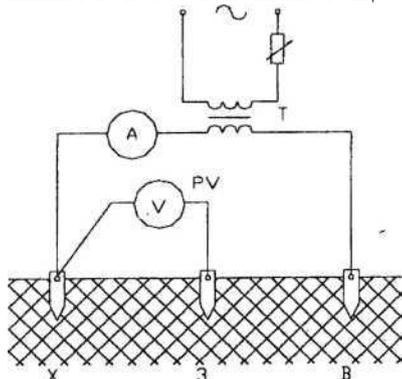


Рис. 12.1. Схема измерения сопротивления заземлителя по методу амперметра-вольтметра

Из условий безопасности вторичное напряжение принимают не более 60 - 70 В. Из-за большого тока в измерительной цепи регулируется обычно первичное напряжение. Измерение производят за пределами расположения заземлителя в месте, где нет протяженных металлических коммуникаций. Помимо испытуемого заземлителя X необходимо иметь два электрода: вспомогательный B и зонд Z. В качестве электродов B и Z могут служить стальные стержни, забиваемые в землю. Количество стержней в одном электроде зависит от требуемого сопротивления электрода и удельного сопротивления поверхностного слоя земли. Зонд Z располагается в точке нулевого потенциала. Для уменьшения погрешности измерения из-за растекания тока вспомогательного электрода электроды желательно располагать по возможности дальше от испытуемого заземлителя. На рис. 12.2 приведены схемы расположения электродов B и Z относительно заземлителя и минимальные расстояния между ними, при которых погрешность по указанной причине не превышает 5 %.

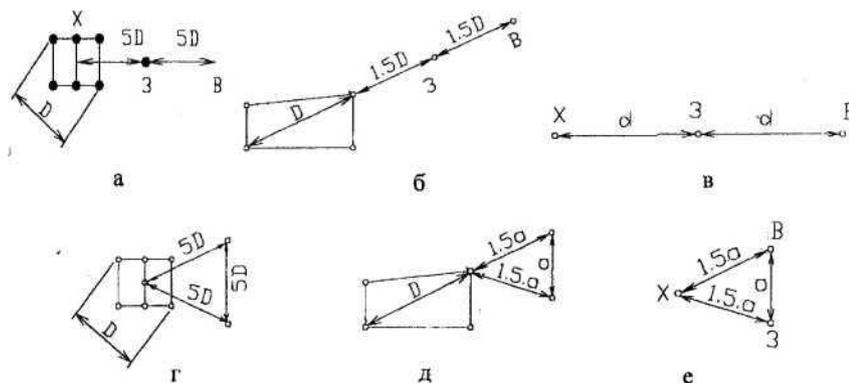


Рис. 12.2. Взаимное расположение испытуемого заземлителя и вспомогательных электродов: а,б,в - однолучевые; г,д,е - двухлучевые схемы измерения

Для особо точных измерений используют схемы (рис. 12.2, а, г). Остальные схемы обеспечивают достаточную точность измерений при меньших расстояниях.

В качестве размеров D следует принимать: для сложных заземлителей из сетки или контура и вертикальных электродов - длину большей диагонали; для заземлителей из горизонтальной полосы или полосы, объединяющей вертикальные электроды, - длину полосы; для одиночных вертикальных заземлителей - их длину.

Размеры a и b выбирают из следующих соотношений [2, с. 33]:

$$D > 40 \text{ м}, a > D; 40 \text{ м} > D > 10 \text{ м}, \quad a > 40 \text{ м};$$

$$D < 10 \text{ м}, a = 20 \text{ м}; \quad D > 6 \text{ м}, \quad b > 3D.$$

Чтобы уменьшить влияние посторонних токов на результат измерения, ток в измерительной цепи должен быть не менее 10 А. В большинстве случаев достаточно 20-25 А,

Амперметр и вольтметр присоединяют к испытуемому заземлителю отдельно, причем с целью уменьшения падения напряжения в проводах вольтметр присоединяют непосредственно у места ввода тока в заземлитель. Для снижения погрешности, вносимой вольтметром, его сопротивление должно не менее чем в 50 раз превышать сопротивление зонда. Если указанное требование выполнить нельзя, то падение напряжения на испытуемом заземлителе U_x может быть вычислено по формуле

$$U_x = U_B (1 + R_3/R_B),$$

где U_B - показание вольтметра;

R_3 и R_B - сопротивление зонда и вольтметра.

Для измерения сопротивления зонда измерительный ток пропускают через зонд, а роль зонда для измерения напряжения выполняет испытуемый заземлитель.

Рекомендуемый класс точности вольтметра и амперметра не ниже 1,5, а для трансформатора тока в случае его применения - не ниже 1. Значение сопротивления испытуемого заземлителя принимается как среднее арифметическое из трех измерений.

На территориях с развитыми подземными коммуникациями измерения проводят как по двулучевой, так и по однолучевой схеме, принимая минимальные расстояния a или A . При расхождении результатов более чем на 20 % необходимо изменить направления лучей или увеличить все расстояния в 1,5-2 раза.

Измерение прибором МС-08 основано на методе амперметра-вольтметра. Прибор имеет три предела измерения с рабочими шкалами 10 - 1000, 1-100 и 0,1-10 Ом. Наибольшая приведенная погрешность прибора не превышает $\pm 1,5\%$; при измерении малых сопротивлений погрешность прибора недопустимо велика.

К достоинствам МС-08 следует отнести портативность, наличие встроенного генератора, возможность измерений при посторонних токах в земле. Ток и напряжение измеряют одним прибором - магнитоэлектрическим логометром.

Схемы включения прибора показаны на (рис. 12.3). При измерении больших сопротивлений в измеряемое значение входит сопротивление проводника, соединяющего прибор с испытуемым заземлителем, поэтому его сечение должно быть не менее 4-6 мм², а длина - не более 2 м. При измерении малых сопротивлений или расположении прибора на значительном расстоянии от заземлителя используют схему (рис. 12.3), по которой соединительные провода не вносят погрешностей.

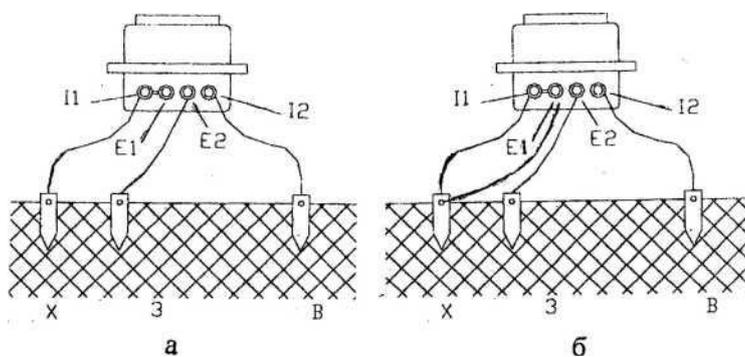


Рис. 12.3. Схема измерения прибором МС-08
а - измерение больших сопротивлений; б - измерение малых сопротивлений

Последовательность работы с прибором:

1) собрать схему измерений;

скомпенсировать сопротивление зонда и соединительных проводов, для чего переключатель режимов установить в положение «Регулировка» и, вращая ручку генератора с частотой 120 - 130 об/мин, с помощью подстроечного сопротивления установить стрелку прибора на красную черту шкалы. Если сделать последнее не удастся, необходимо принять меры к уменьшению сопротивления зонда;

1) после компенсации сопротивления зонда установить предел измерения «ХI», что соответствует пределу 1000 Ом. Вращая ручку генератора с частотой 120 - 130 об./мин, произвести отсчет по шкале прибора. При незначительном отклонении стрелки последовательно перейти на более чувствительные пределы измерения.

Колебания стрелки свидетельствуют о блуждающих токах в земле, влияние которых можно устранить изменением частоты вращения генератора, при этом частота вращения генератора не должна выходить за пределы 90 - 150 об./мин. При чрезвычайно большом сопротивлении вспомогательного электрода и недостаточной чувствительности логометра стрелка прибора при измерении колеблется. Для измерения сопротивления вспомогательного электрода необходимо поменять местами провода, присоединенные к зажимам 11 и 12 прибора, и повторить измерение. В этом случае прибор покажет сопротивление вспомогательного электрода. Сопротивления должны быть не более:

Измерение прибором М-416 основано на компенсационном методе с применением вспомогательного электрода и зонда. Предел измерения от 0,1 до 1000 Ом разбит на четыре диапазона: 0,1-10, 0,5 - 50, 2 - 200 и 10 - 1000 Ом. Основная погрешность прибора сохраняется в пределах паспортных данных при сопротивлениях вспомогательного электрода и зонда не более: 500 Ом в диапазоне 0,1 - 10 Ом; 1000 Ом в диапазоне 0,5 - 50 Ом; 2500 Ом в диапазоне 2—200 Ом; 5000 Ом в диапазоне 10 - 1000 Ом.

В качестве вспомогательного электрода и зонда могут быть использованы металлические стержни или трубы диаметром не менее 5 мм, забиваемые в землю на глубину не менее 500 мм.

Питание прибора - от трех батарей типа R20(D).

Измерение прибором может производиться как по трехзажимной (измерение сопротивлений более 5 Ом), так и по четырехзажимной схеме аналогично измерению прибором МС-08 (см. рис. 12.3). При измерениях по трехзажимной схеме между зажимами 1 - 2 ставят перемычку. При измерении по однолучевой схеме расстояние от заземлителя до зонда должно быть не менее $50D+20$ м (D - диаметр наибольшей диагонали сложного заземлителя; для простого заземлителя $D = 0$) и от зонда до вспомогательного электрода не менее 10 м (для простого заземлителя), а для сложного - не менее 20 м.

Порядок измерений следующий:

- проверить источник питания, для чего переключатель поставить в положение «Контроль питания» и нажать кнопку. Стрелка должна отклониться за красную черту в правой части шкалы;

- установить переключатель в положение «Контроль 5 Ом», нажать кнопку и вращением ручки «Реохорд» добиться установления стрелки индикатора на нулевую отметку, на шкале реохорда должно быть показание $5 \pm 0,3$ Ом;
 - собрать схему измерения;
 - переключатель диапазонов установить в положение «ХІ»;
 - нажать кнопку и, вращая ручку реохорда, установить стрелку индикатора на нуль.
- Если измеряемое сопротивление больше 10 Ом, то переключатель установить в положение «Х5», «Х20» или «Х100», повторить измерение, и результат, считанный со шкалы реохорда, умножить на множитель 5, 20 или 100.

Литература

1. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / Под ред. М.Г.Зименкова. - М.: Энергоатомиздат, 1983. -480 с.
2. *Крикун, К.В.* Испытание заземляющих и зануляющих устройств электроустановок. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Энергия, 1973.-80 с.

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ
учебно-методического комплекса
по дисциплине «**Монтаж, наладка и эксплуатация**
электрооборудования»
для специальности 1-43 01 03 «**Электроснабжение (по отраслям)**»

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ»**

1. Индустриализация электромонтажных работ.
2. Проект подготовки и производства электромонтажных работ. Планирование электромонтажных работ.
3. Вопросы научной организации труда в монтажном производстве монтажных работ и эксплуатации электрохозяйства.
4. Технология контактных соединений электросваркой.
5. Технология контактных соединений термитной сваркой.
6. Технология контактных соединений пропано-кислородной сваркой.
7. Технология контактных соединений опрессованием.
8. Технология контактных соединений пайкой.
9. Соединения стальных заземляющих проводников.
10. Технология соединения пластмассовых оболочек кабелей.
11. Технология монтажа устройств заземления и защиты.
12. Виды электропроводок и их технология монтажа.
13. Технология монтажа скрытых электропроводок.
14. Технология монтажа открытых электропроводок.
15. Классификация кабелей и кабельных сетей по конструктивным признакам. Технология монтажа кабельных линий.
16. Разделка концов кабелей.
17. Технология монтажа соединительных муфт кабелей напряжением до 10 кВ.
18. Технология монтажа концевых муфт кабелей напряжением до 10 кВ наружной установки.
19. Технология монтажа концевых муфт и заделок внутренней установки на кабелях напряжением до 10 кВ.
20. Технология монтажа воздушных линий до 1 кВ.
21. Технология монтажа воздушных линий до 10 кВ
22. Технология монтажа распределительных устройств напряжением до 1 кВ.
23. Монтаж шинопроводов до 1 кВ.
24. Технология монтажа распределительных устройств напряжением выше 1 кВ. Оборудование комплектных РУ внутренней установки.
25. Технология монтажа распределительных устройств напряжением выше 1 кВ. Оборудование комплектных РУ наружной установки.
26. Технология монтажа комплектных трансформаторных подстанций.
27. Технология монтажа открытых распределительных устройств на напряжение до 110 кВ.
28. Технология монтажа электрических машин, поступающих с завода-изготовителя в собранном виде.
29. Технология монтажа электрических машин, поступающих с завода-изготовителя в разобранном виде.
30. Технология монтажа асинхронных электродвигателей.
31. Пуск электрических машин. Монтаж пускорегулирующих аппаратов и устройств.
32. Технология монтажа взрывозащищенных электродвигателей.
33. Сушка изоляции обмоток и пробный пуск электрических машин.
34. Монтаж конденсаторных установок.
35. Обслуживание воздушных линий до 10 кВ
36. Обслуживание цеховых сетей до 1 кВ.
37. Обслуживание кабельных линий.
38. Обслуживание электрических машин.
39. Обслуживание силовых трансформаторов и КТП.
40. Обслуживание электроосветительных установок.
41. Обслуживание конденсаторных установок.

42. Ремонт воздушных линий электропередач.
43. Ремонт кабельных линий.
44. Ремонт силовых трансформаторов.
45. Ремонт электрических машин, электрических аппаратов.
46. Испытание электроустановок. Объём и нормы испытаний. Наладка кабельных линий.
47. Испытание электроустановок. Объём и нормы испытаний. Методы испытания трансформаторов.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ
учебно-методического комплекса
по дисциплине «**Монтаж, наладка и эксплуатация**
электрооборудования»
для специальности 1-43 01 03 «**Электроснабжение (по отраслям)**»

Белорусский национальный технический университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Белорусского национального
технического университета

_____ О.К. Гусев

_____ /уч.
Регистрационный № УД-_____ /уч.

МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальности

1–43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»

2016г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта
ОСВО 1-43 01 03-2013

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.Н. Калечиц, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение»
Белорусского национального технического университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.М. Збродыга, заведующий кафедрой «Электроснабжение» Белорусского
государственного аграрного технического университета, кандидат технических
наук, доцент;

В.А. Булат, доцент кафедры «Электрические станции» БНТУ, кандидат
технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой "Электроснабжение" Белорусского национального технического
университета (протокол №___ от _____)

Заведующая кафедрой _____ В.Б. Козловская

Методической комиссией энергетического факультета Белорусского
национального технического университета
(протокол №_____ от _____ 2016г.)

Председатель методической
комиссии _____ Е.Г. Пономаренко

Научно-методическим советом Белорусского национального технического
университета (протокол №_____ секции №1 от _____ 2016г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» разработана для специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)».

Целью изучения учебной дисциплины является формирование теоретических знаний, изучение организационных и технических вопросов рациональной эксплуатации и современных промышленных приемов монтажа электрооборудования.

Задачей изучения дисциплины является ознакомление с организационными вопросами эксплуатации, монтажных и пусконаладочных работ, научной организации труда, изучение практических вопросов эксплуатации, монтажа и испытания электрооборудования и способов индустриализации электромонтажных работ.

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин «Физика», «Механика», «Электрические машины», «Электрические материалы», «Электрические аппараты», «Электрические станции и подстанции», «Охрана труда», «Электроснабжение промышленных предприятий». Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, позволяют оценить современные методы организации эксплуатации и передовые приемы монтажа оборудования систем электроснабжения промышленных предприятий.

В результате изучения учебной дисциплины «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» студент должен:

знать:

- особенности электромонтажного производства;
- технологию монтажа, наладки, эксплуатации воздушных линий электропередачи, кабельных линий, трансформаторных подстанций, внецеховых и внутрицеховых электрических сетей различного напряжения промышленных предприятий, электрических машин и т.д.;
- новейшие технологии при монтаже электроустановок;
- общие методы наладки и испытания электрооборудования, а также методики испытаний отдельных видов низковольтных электрических аппаратов и электрических машин;
- особенности технического обслуживания электроустановок.

уметь:

- осуществлять наладку реальных электрических схем, электроприборов;
- производить испытания низковольтных коммутационных аппаратов и электрических машин;
- осуществлять монтаж пускорегулирующих аппаратов и устройств;

владеть:

- теоретическими знаниями, необходимыми для монтажа, наладки, эксплуатации различных электроустановок.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.
- ПК-1. Используя показатели технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, создавать условия для соответствия режимов действующим стандартам, правилам и нормам.
- ПК-10. Выявлять причины повреждений электрооборудования и элементов электрических сетей, вести их учет, разрабатывать предложения по их предупреждению.
- ПК-25. Оценивать электромагнитную совместимость электрооборудования.
- ПК-32. Пользоваться контрольно-измерительной аппаратурой для контроля правильности и качества монтажных операций.
- ПК-33. Подбирать соответствующее оборудование, аппаратуру, приборы и инструменты и использовать их при проведении наладочных работ электротехнических устройств, аппаратов и аппаратуры в системах электроснабжения.
- ПК-34. Организовывать и проводить испытания электрооборудования систем электроснабжения.

Согласно учебным планам на изучение учебной дисциплины отведено:

- для очной формы получения высшего образования всего 80 ч., из них аудиторных - 48 часов;
- для заочной формы получения высшего образования всего 80 ч., из них аудиторных - 16 часов.

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено ниже.

Таблица 1.

| Очная форма получения высшего образования | | | | | |
|---|---------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Курс | Семестр | Лекции, ч. | Лабораторные занятия, ч. | Практические занятия, ч. | Форма текущей аттестации |
| 5 | 9 | 32 | 16 | - | зачет |

Таблица 2.

| Заочная форма получения высшего образования | | | | | |
|---|---------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Курс | Семестр | Лекции, ч. | Лабораторные занятия, ч. | Практические занятия, ч. | Форма текущей аттестации |
| 6 | 11 | 8 | 8 | - | зачет |

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение

Нормативные документы. Классификация помещений и электроустановок. Рабочая документация электромонтажника. Индустриализация электромонтажных работ. Проект подготовки и производства электромонтажных работ. Планирование электромонтажных работ. Вопросы научной организации труда в монтажном производстве монтажных работ и эксплуатации электрохозяйства.

Тема 2. Технологические приемы получения контактных соединений

Технология контактных соединений электросваркой, термитной и пропано-кислородной сваркой. Соединения стальных заземляющих проводников. Технология соединения пластмассовых оболочек кабелей. Технология контактных соединений опрессованием, пайкой. Технология монтажа устройств заземления и защиты.

Тема 3. Технология монтажа электропроводок, установок электрического освещения

Виды электропроводок и их технология монтажа. Осветительная арматура. Технология монтажа светильников.

Тема 4. Технология монтажа распределительных устройств напряжением до 1 кВ

Общие требования к установке приборов. Аппаратов, конструкций РУ, прокладке шин, проводов, кабелей. Технология монтажа аппаратов и РУ в электропомещениях, производственных помещениях и на открытом воздухе. Монтаж шинопроводов до 1 кВ.

Тема 5. Технология монтажа кабельных линий до 10 кВ

Классификация кабелей и кабельных сетей по конструктивным признакам. Разделка концов кабелей. Технология монтажа соединительных, концевых муфт кабелей внутренней и наружной установки.

Тема 6. Технология монтажа воздушных линий электропередачи

Технология монтажа линий до 1 кВ. Технология монтажа линий выше 1 кВ.

Тема 7. Технология монтажа распределительных устройств напряжением выше 1 кВ, комплектных трансформаторных подстанций, открытых распределительных устройств на напряжение до 110 кВ

Оборудование комплектных РУ внутренней установки. Оборудование комплектных РУ наружной установки. Технология монтажа. КТП внутренней установки. КТП наружной установки. Технология монтажа КТП. Технология монтажа оборудования открытых распределительных устройств и подстанций.

Тема 8. Технология монтажа электрических машин и конденсаторных установок

Подготовительные работы. Технология монтажа электрических машин, прибывающих с завода в собранном и разобранном виде. Сушка изоляции обмоток и пробный пуск электрических машин. Монтаж конденсаторных установок.

Тема 9. Техническое обслуживание электрических сетей

Обслуживание воздушных линий до 10 кВ. Обслуживание цеховых сетей до 1 кВ. Обслуживание кабельных линий.

Тема 10. Техническое обслуживание электроустановок общепромышленного применения

Техническая эксплуатация электрохозяйства. Обслуживание электрических машин, силовых трансформаторов и КТП, распределительных устройств напряжением до и выше 1 кВ, электроосветительных установок. Обслуживание релейной защиты, электроизмерительных приборов и других установок.

Тема 11. Технология ремонта электрических сетей и электрооборудования

Ремонт воздушных линий электропередач, кабельных линий. Ремонт силовых трансформаторов, электрических машин, электрических аппаратов.

Тема 12. Испытание электроустановок

Объём и нормы испытаний. Наладка кабельных линий. Методы испытания трансформаторов. Методы профилактики испытаний изоляции электрооборудования. Охрана труда.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
очная форма получения высшего образования

| Номер темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСП | Форма контроля знаний |
|------------|---|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|----------------------|-----------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 9 семестр | | | | | | | |
| 1 | Тема 1. Введение | 2 | | | 2 | | | |
| 2 | Тема 2. Технологические приемы получения контактных соединений | 2 | | | | | | |
| 3 | Тема 3. Технология монтажа электропроводок, установок электрического освещения | 4 | | | | | | |
| 4 | Тема 4. Технология монтажа распределительных устройств напряжением до 1 кВ | 4 | | | | | | |
| 5 | Тема 5. Технология монтажа кабельных линий до 10 кВ | 2 | | | | | | |
| 6 | Тема 6. Технология монтажа воздушных линий электропередачи | 2 | | | | | | |
| 7 | Тема 7. Технология монтажа распределительных устройств напряжением выше 1 кВ, комплектных трансформаторных подстанций, открытых распределительных устройств на напряжение до 110 кВ | 4 | | | | | | Контрольный опрос |
| 8 | Тема 8. Технология монтажа электрических машин и конденсаторных установок | 2 | | | 2 | | | |
| 9 | Тема 9. Техническое обслуживание электрических сетей | 2 | | | 2 | | | |
| 10 | Тема 10. Техническое обслуживание электроустановок общепромышленного применения | 2 | | | 2 | | | |
| 11 | Тема 11. Технология ремонта электрических сетей и электрооборудования | 2 | | | 4 | | | |
| 12 | Тема 12. Испытание электроустановок | 4 | | | 4 | | | Контрольный опрос |
| | Итого за семестр | 32 | | | 16 | | | зачет |
| | Всего аудиторных часов | | | | 48 | | | |

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
заочная форма получения высшего образования

| Номер темы | Название раздела, темы | Количество аудиторных часов | | | | | Количество часов УСП | Форма контроля знаний |
|------------|---|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|----------------------|-----------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 11 семестр | | | | | | | |
| 1 | Тема 1. Введение | | | | | | | |
| 2 | Тема 2. Технологические приемы получения контактных соединений | 1 | | | | | | |
| 3 | Тема 3. Технология монтажа электропроводок, установок электрического освещения | 1 | | | | | | |
| 4 | Тема 4. Технология монтажа распределительных устройств напряжением до 1 кВ | 1 | | | | | | |
| 5 | Тема 5. Технология монтажа кабельных линий до 10 кВ | 1 | | | | | | |
| 6 | Тема 6. Технология монтажа воздушных линий электропередачи | 1 | | | | | | |
| 7 | Тема 7. Технология монтажа распределительных устройств напряжением выше 1 кВ, комплектных трансформаторных подстанций, открытых распределительных устройств на напряжение до 110 кВ | 1 | | | | | | |
| 8 | Тема 8. Технология монтажа электрических машин и конденсаторных установок | | | | 2 | | | |
| 9 | Тема 9. Техническое обслуживание электрических сетей | 1 | | | | | | |
| 10 | Тема 10. Техническое обслуживание электроустановок общепромышленного применения | 1 | | | | | | |
| 11 | Тема 11. Технология ремонта электрических сетей и электрооборудования | | | | 2 | | | |
| 12 | Тема 12. Испытание электроустановок | | | | 4 | | | Контрольный опрос |
| | Итого за семестр | 8 | | | 8 | | | зачет |
| | Всего аудиторных часов | | | | 16 | | | |

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Князевский Б.А. Монтаж и эксплуатация промышленных электроустановок / Б.А. Князевский, Л.Е. Трунковский. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1984. – 175 с.
2. Сибикин Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: «Высшая школа», 2003. – 462 с.
3. Справочник по монтажу электроустановок промышленных предприятий / Под ред. В.В.Белоцерковцева, В.К.Добрышина, В.Д.Никельберга. М.: – Энергоиздат, 1982.
4. Правила устройства электроустановок. 6-е издание. М: Госэнергонадзор, 2000. 497 с.
5. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий /Под ред. Зименкова М.Г. и др./ 3-е изд., -М.: Энергоатомиздат, 1983. –480 с.
6. Камнев В.Н. Пусконаладочные работы при монтаже электроустановок / В.Н. Камнев. –М.: Высшая школа, 1977. - 352 с.

Дополнительная литература

7. Соколов Б.А. Монтаж электрических установок / Б.А. Соколов, Н.Б. Соколова. – 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 592 с.
8. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2кн. Кн.2 / Ю.Д. Сибикин. – 4-е изд. – М.: «Академия», 2009.- 256с.
9. Кожемякин В.А. Монтаж силового электрооборудования промышленных предприятий / В.А. Кожемякин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 224с.
10. Зевакин А.И. Монтаж комплектных шинопроводов до 1000В / А.И. Зевакин. – М.: «Энергия», 1974. – 104 с.
11. Гольдберг О.Д. Испытания электрических машин / О.Д. Гольдберг. – М.: Высшая школа, 1990. - 256 с.
12. Короткевич М.А. Монтаж электрических сетей: учебн. пособие / М.А. Короткевич. – Минск: Высш. шк., 2012. – 512 с.

Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный опрос до выполнения лабораторных работ, во время защиты лабораторных работ;
- защита выполненных в рамках самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- сдача зачета по дисциплине.

Перечень тем лабораторных работ

1. Вводное занятие, инструктаж по охране труда.
2. Измерение сопротивления заземлителей
3. Испытание электродвигателя с коммутационными аппаратами после монтажа
4. Испытание конденсаторов для повышения коэффициента мощности
5. Определение и устранение неисправностей автоматизированных электроприводов.
6. Испытание асинхронного двигателя после ремонта.
7. Испытание трансформаторов после ремонта.
8. Наладка и испытание схем учета электрической энергии.
9. Изучение методов определения мест повреждения в кабельных линиях.
10. Расчет параметров асинхронной машины на ЭВМ и выбор конденсаторов для ее работы в режиме асинхронного генератора.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов

1. Вопросы монтажа и эксплуатации жаростойких кабелей.
2. Вопросы монтажа и эксплуатации многоамперных кабелей.
3. Испытания высоковольтных кабелей.
4. Вопросы монтажа и эксплуатации кранового троллея.
5. Заземляющие устройства.
6. Вопросы монтажа, наладки и эксплуатации измерительных трансформаторов.
7. Реакторы, разрядники, ограничители перенапряжений.
8. Аккумуляторные батареи.
9. Преобразователи.
10. Сглаживающие устройства.
11. Особенности монтажа электрооборудования взрывоопасных зон.
12. Технология монтажа вторичных цепей.
13. Обслуживание электроизмерительных приборов.
14. Ремонт электрических машин.
15. Управление эксплуатацией электрохозяйства.

16. Система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта.
17. Техника безопасности при эксплуатации электрохозяйства.
18. Действия персонала при аварийных ситуациях на подстанциях.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- управляемая самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных расчетных заданий с консультациями преподавателя;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов.