**Министерство образования и молодежной политики Свердловской области**

**Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение**

**Свердловской области**

 **«АРТИНСКИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ ТЕХНИКУМ»**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО МДК 03.01**

 **«Технология наладки электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры»**

**(ПМ.03 Ремонт и наладка электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры)**

**ОПОП СПО ППКРС 35.01.15.**

**«Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования в сельскохозяйственном производстве»**

Разработчик:

Мелехов Алексей Юрьевич,

преподаватель специальных дисциплин.

Арти, 2018 г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | СОДЕРЖАНИЕ |  |
| 1. Цели методического пособия | 4 |
| 2. Общие методические рекомендации по выполнению практических занятий | 4 |
| 2.1. Перечень практических работ | 4 |
| 2.2. Требования к знаниям и умениям студентов после | 5 |
| проведения лабораторных работ или практических занятий по данной дисциплине |  |
|  |  |
| 2.3. Структура практических/лабораторных занятий | 5 |
| 2.4. Правила выполнения практических/лабораторных занятий | 5 |
| 2.5. |  Рекомендации по подготовке к лабораторным/практическим занятиям | 6 |
| 2.6 |  Контроль конечного уровня усвоения знаний | 6 |
| 2.7 |  Критерии оценки практических/лабораторных занятий | 7 |
|  |  |  |
| 3. Инструкционные технологические карты практических занятий | 8 |
| Список использованных источников | 45 |

**1. ЦЕЛИ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ**

Составляющей частью профессионального модуля ПМ 03 «Ремонт и наладка электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры», входящего в обязательную часть основной профессиональной образовательной программы специальности 35.01.15 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования в сельскохозяйственном производстве», является междисциплинарный курс - МДК 03.01 «Технология наладки электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры». Согласно рабочей учебной программе специальности предусмотрено при освоении МДК 03.01 «Технология наладки электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры» выполнение лабораторных и практических работ в объеме 28 часов.

Целью данных указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторных и практических работ. Данное пособие рекомендуется для успешного выполнения лабораторно-практических занятий для формирования умений, навыков в области технологии наладки электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры по виду профессиональной деятельности по специальности 35.01.15 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования в сельскохозяйственном производстве».

* пособии методика составления технологических карт при наладке и проведению различных видов ремонта электрооборудования объектов сельскохозяйственных организаций, проектирования и расчета подстанций и их защит, токоведущих частей распределительных устройств трансформаторов, пускозащитной аппаратуры, приведены список литературы и справочные материалы.

**2.ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**2.1. Перечень практических и лабораторных работ**

**Лабораторная работа № 1**. Определение начал и концов обмоток статора.

**Лабораторная работа** **№** **2**. Контроль нагрузки электрических машин.

**Лабораторная работа** **№ 3**. Неисправности машин постоянного тока и способы их устранения.

**Лабораторная работа** **№ 4**. Проверка полярности и согласования обмоток машин постоянного тока.

**Лабораторная работа** **№ 5**. Обслуживание щёточных аппаратов.

**Практическая работа № 1**.Проверка технического состояния силового трансформатора. Выявление дефектов силового трансформатора.

**Практическая работа №2.** Текущий ремонт силовых трансформаторов с сухой изоляцией.

**Практическая работа №3**.Испытание силового трансформатора после монтажа.

**Практическая работа №4**.Текущий ремонт силовых трансформаторов с масляной изоляцией.

**Практическая работа № 5**.Допуск к работе по текущему ремонту силового трансформатора. Текущий ремонт силовых трансформаторов
**Практическая работа № 6**.Текущий ремонт привода высоковольтного выключателя.
**Практическая работа № 7** Технологическая карта на текущий ремонт высоковольтного масляного выключателя.
**Практическая работа № 8**.Текущий ремонт элегазового выключателя.
**Практическая работа № 9**.Текущий ремонт вакуумного выключателя напряжением 10 кВ.

**2.2. Требования к знаниям и умениям студентов после проведения лабораторных работ или практических занятий по данной дисциплине**

* + целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями, обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

**Иметь практический опыт:**

ПО 1. Ремонта электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры;

ПО 2. Наладки электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры;

**Уметь:**

 1. Выполнять технологические операции по наладке электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры;

 2. Диагностировать неисправности в электродвигателях, генераторах, трансформаторах, пускорегулирующей и защитной аппаратуре;

 3. Выполнять технологические операции по устранению неисправностей в электродвигателях, генераторах, трансформаторах, пускорегулирующей и защитной аппаратуре;

 4. Выполнять капитальный ремонт электродвигателей генераторов, трансформаторов;

 5.Диагностировать неисправности в трансформаторных подстанциях напряжением 0,4 кВ и 10 кВ;

 6.Выполнять технологические операции по устранению неисправностей в трансформаторных подстанциях напряжением 0,4 кВ и 10 кВ;

**Знать:**

 1. Классификацию и устройство электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры;

 2. Основные неисправности электродвигателей, генераторов, трансформаторов, пускорегулирующей и защитной аппаратуры;

 3 Материалы для ремонта электродвигателей, генераторов и трансформаторов;

 4. Технологию капитального ремонта электродвигателей, генераторов и трансформаторов;

 5. Правила безопасности при ремонтных работах;

 6. Порядок вывода в ремонт электрооборудования и допуска к ремонтным работам;

 7. Правила применения защитных средств;

**2.3. Структура практической/лабораторной работы**

- Тема практической/лабораторной работы

- Наименование работы

- Цель практической/лабораторной работы

- Норма времени

- Место проведения

- Основные правила по технике безопасности

 - Оснащение рабочего места (список материалов и оборудования для проведения занятия)

- Литература

- Ход проведения работы (методические указания)

- Задание для отчета /содержание отчета

- Список контрольных вопросов и заданий.

**2.4 Правила выполнения практических/лабораторных занятий для обучающихся:**

1.Строго выполнять весь объем заданий, указанных в описаниях соответствующих лабораторных / практических работ.

2.Знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности студента, которая производится преподавателем до выполнения работы.

3.Строго соблюдать правила техники безопасности при работе с действующим электротехническим оборудованием и персональными компьютерами.

4.Выполнить систему индивидуальных заданий (вариантов), дифференцированных по уровню сложности:

а) определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по

трудности. Оценивается количество правильно решенных /выполненных за

определенное время задач (заданий);

б) задачи (задания) разной трудности. Оценка ставится за трудность решенной задачи.

5.Выполнить практическую / лабораторную работу с максимальной долей самостоятельности, следуя указаниям инструкционной технологической карты. Допускается работа малыми группами (бригадами), каждая из которых выполняет одно задание.

6.Использовать указанную в инструкционной технологической карте литературу и другие источники.

7.Правильно оформить задания в тетради.

8.Ответить на контрольные вопросы.

9.Знать, что после выполнения работы представляется отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

**2.5. Рекомендации по подготовке к лабораторным / практическим занятиям**

При подготовке к лабораторным / практическим занятиям необходимо проработать рекомендуемую тему по лекциям и литературным источникам, а также:

1. Законспектировать к лабораторной / практической работе теоретический материал, отсутствующий в лекциях.
2. К лабораторному / практическому занятию студент обязан:

а) иметь при себе конспекты лекций, учебники, тетрадь для практических / лабораторных занятий;

б) выполнить задания из плана подготовки к предстоящему лабораторному / практическому занятию.

**2.6 Критерии оценки работ**

*Оценка «5»* –работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

*Оценка «4»* –работа выполнена правильно с учетом2-3несущественных ошибокисправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

*Оценка «3»* –работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущенасущественная ошибка.

*Оценка «2»* –допущены две(и более)существенные ошибки в ходе работы,которые студентне может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

**3. ИНСТРУКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**Лабораторная работа №1**

**Тема:** Определение начал и концов обмоток статора.

**Цель занятия:** Научиться проводить проверку соответствия силовой электропроводки чертежам

**Приобретаемые умения и навыки:**

* - выполнять технологические операции по наладке электродвигателей.
* - диагностировать неисправности в электродвигателях.
* - выполнять технологические операции по устранению неисправностей в электродвигателях.

**Оборудование:** Инструменты электрика омметр, мультиметр, трубка ПВХ.

**Правила охраны труда:** см. инструкцию по охране труда.

**Литература:**

**Порядок выполнения работы:**

1. В порядке самостоятельной подготовки к выполнению работы ознакомиться с литературными источниками:

- Приготовить трубку ПВХ диаметром 5мм;

- Изучить способы диагностирования начало и концов обмотки электродвигателя.

2. По заданию преподавателя выполнить определение начало и концов обмотки электродвигателя.

Асинхронные двигатели единой се­рии 4А (2АО, АИР) изготовляются на напряжения 220, 380 и 660 В. На выводном щитке этих машин выводы обмоток располагают таким образом, что бы их можно было соединить в "звезду" или в "треугольник".

 Таблица 1; Маркировка  обмоток асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

|  |  |
| --- | --- |
| Начало фазной обмотки | Конец фазной обмотки |
| C1 | C4 |
| C2 | C5 |
| C3 | C6 |

**Методика определения начал и концов фазных обмоток.**

В том случае, когда выводы обмоток не имеют маркировок или есть сомнения в ее правильности. Появляется необходимость определить начало и конец каждой фазной обмотки. Существует несколько способов определения начал и концов обмоток двигателей. На­ибольшее применение имеет способ установления начал и концов фазных обмоток приведённый  на рисунок 8.

Для проведения работы используется источник питания учебного стенда  и цифровой мультиметр М832 или контрольная лампа накаливания, приготовленные бумажные ярлычки  с надписями С1…С6 для обозначения выводов фазных обмоток. Сначала при помощи мультиметра М832 (работает в режиме омметра) или контрольной лампы определяют оба вывода первой, второй и третьей фазной обмотки электродвигателя. Необходимо определить два вывода фазной обмотки статора асинхронного двигателя, для каждой фазы. Один из выводов первой фазы (1Ф) произвольно принимают за начало и маркируют символами C1, а второй - за конец и маркируют С4. На выводы второй и тре­тьей фаз вывешивают бирки, указывающие, к какой фазе принадлежат вывода (2Ф, ЗФ). Затем конец первой фазы C4 соединяют с одним из выводов второй фазы, а к началу первой фазы и оставшемуся свобод­ному выводу второй фазы подключают вольтметр (принципиальная схема рисунок 2). На выводы третьей фазы подключают пониженное напряжение  до 20 В от источника питания расположенного на стенде. Величина подаваемого напряжения не должна превышать 10…15% Uном(для исключения перегрева обмоток). Если  мультиметр (работает в режиме вольтметра) покажет  наличие напряжение значит соединение обмоток выполнено «согласно», тогда с концом первой фазы соединено начало второй фазы (маркируется С2). Если же измеряемое напряжение будет равно нулю, значит соединение обмоток выполнено «встречно», тогда с концом С4 первой фазы соединен конец второй фазы. Установленный конец второй фазы маркируется С5. Затем таким же образом устанавливаются начало (СЗ) и конец (С6) обмотки третьей фазы.

Второй способ  приведён на рисунке 3, для проведения понадобится источник постоянного тока расположенный на стенде, его напряжение не должно превышать 5 В. Сначала при помощи мультиметра М832 (работает в режиме омметра) или контрольной лампы определяют оба вывода первой, второй и третьей фазной обмотки электродвигателя. Необходимо определить два вывода фазной обмотки статора асинхронного двигателя, для каждой фазы. Затем к обмотке одной из фаз, принятой за 1Ф приключают через выключатель источник постоянного тока, который выбирают таким, чтобы по обмотке проходил небольшой ток (например, аккумулятор на напряжение 2В). В момент включения или отклю­чения выключателя в обмотках двух других фаз будет индуктироваться электродвижущая сила. Причем направление этой электродвижущей силы будет зависеть от полярности концов обмоток фазы, в цепи которой включен аккумулятор. Если к условному "началу" (CI) присо­единен плюс батареи, а к условному "концу" (С4) - минус, то при отключении выключателя на других фазах будет плюс на "началах" (С2 и СЗ) и минус на "концах" (С5 и С6), что можно будет опреде­лить по направлению отклонения стрелки милливольтметра, подключа­емого поочередно к выводным концам двух других фазных обмоток (2Ф, ЗФ). При включении тока полярности на других фазах будут об­ратными указанному.

Подготовить отчет следующего содержания:

- цель и задачи работы;

- научится определять начало и концов обмотки электродвигателя.

- ответить на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы:**

1) Какой необходим уход за коллектором и контактными кольцами?

2) Как производить регулировку щеточного механизма?

3) Как маркируются начало и конец фазных обмоток асинхронных двигателей?

4) Основные неисправности электродвигателей постоянного тока и способы их устранения.

5) Основные неисправности электродвигателей переменного  тока и способы их устранения.

.

**Лабораторная работа №2**

**Тема:** Контроль нагрузки электрических машин.

**Цель занятия:** Научиться определять коэффициент мощности и нагрузку электрических машин

**Приобретаемые умения и навыки:**

* - выполнять технологические операции по наладке электродвигателей.
* - диагностировать неисправности в электродвигателях.
* - выполнять технологические операции по устранению неисправностей в электродвигателях.

**Оборудование:** Лабораторная установка состоит из короткозамкнутого асинхронного электродвигателя *М*, нагружаемого с помощью генератора *G.*

Изменение степени загрузки двигателя осуществляется посредством включения (отключения) нагрузочных резисторов *R4.. .R5* и регулировкой напряжения генераторов (в пределах до 220 В) с помощью реостата *R6*.

В качестве компенсирующего устройства используется батарея конденсаторов *С1, С2, СЗ.*

Для контроля и необходимых измерений имеются следующие измерительные приборы:

вольтметры *PV1, PV2* для контроля напряжения в силовых цепях двигателя *М* и генератора *G*.

амперметры *РА1, РА2* для измерения тока общего *I* и емкостного *I*

- счетчик реактивной *РК* и активной *PI* энергии.

- ваттметр *PW* для измерения активной и реактивной мощности. Включение и отключение установки осуществляется магнитным пускателем *КМ1.*

Разряд батареи конденсаторов обеспечивается пускателем *КМ2* на резисторы *R1...R 3*.

**Правила охраны труда:** см. инструкцию по охране труда.

**Литература:** Варварин В. К., Койлер В. Я., Панов П. А. Наладка электрооборудования. Справочник -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Россельхозиздательство, 2016 – 349 с.

**Краткие теоретические сведения:**

При переменном токе различают три вида мощности: активную, реактивную и полную (или кажущуюся).

Активная мощность ***Р*** равна произведению напряжения на активную составляющую тока:

P=UIcosϕ, (Вт ; кВт).

Реактивная мощность ***Q*** равна произведению напряжению на активную составляющую тока:

Q=UIsinϕ, (вар; квар).

Полная мощность ***S*** равна произведению напряжения на полный ток:

S=UI, (B·A).

Для цепей трехфазного тока в формулы вводится множитель . Так, активная мощность генератора трехфазного тока:

Р=Uicosφ,

где **ϕ**- угол сдвига фаз между током и напряжением.

Перечисленные три мощности можно представить в виде треугольника мощностей (рисунок 1) , из которого следует, что полная мощность:

Так как ***cosϕ*** дает соотношение между двумя мощностями, то он называется **коэффициентом мощности**.

Величина коэффициента мощности показывает, какую часть от полной мощности составляет активная мощность, используемая для полезной работы. Коэффициент мощности также характеризует потребление электроприемником реактивной мощности.

Реактивная мощность ***Q*** может рассматриваться как характеристика скорости обмена энергией между генератором и магнитным полем приемника электрической энергии.

Величина коэффициента мощности не остается постоянной, а меняется во времени.

Различают мгновенное и средневзвешенное значение коэффициента мощности.

**Мгновенное значение** коэффициента мощности **(*cosϕ*)** измеряется фазометром или рассчитывается по формуле:

cosφ =P/(UI);

где *Р*- активная мощность электроприемника, Вт;

*U* - линейное напряжение, В;

*I -*линейный ток, А.

**Средневзвешенное значение** коэффициента мощности **(*cosϕср. вз*.)** используется при расчетах за электроэнергию и расчетах при выборе компенсационных установок. Этот коэффициент на основании показаний счетчиков активной и реактивной энергии за определенный промежуток времени (час, сутки, месяц, год) определяется по формуле:

где *Wa* и *Wp* - соответственно суммарное потребление активной (*Вт⋅ч*) и реактивной (*ВАр⋅ч*) энергии.

Наибольшее влияние на значение коэффициента мощности оказывают асинхронные двигатели и трансформаторы, т.к они нуждаются в намагничивающем токе для создания электромагнитных полей. Активная энергия преобразуется в двигателе в механическую энергию, а реактивная энергия периодически пульсирует, загружая электрическую сеть.

Значение коэффициента мощности асинхронных двигателей зависит от:

степени их загрузки;

колебания питающего напряжения;

величины воздушного зазора между статором и ротором.

Низкий коэффициент мощности вызывает следующие последствия:

1. Увеличение потерь электроэнергии на нагревание кабелей и проводов сетей и обмоток электрических машин. При одной и той же передаваемой активной мощности ток тем больше, чем меньше коэффициент мощности:

Потери же мощности на нагревание пропорциональны квадрату тока:

2. Увеличение сечение и массы кабелей и проводов за счет роста силы тока при уменьшении коэффициента мощности.

3. Увеличение полной мощности генераторов на электростанциях, неполное использование мощности первичных двигателей, увеличение полной мощности трансформаторов.

У трансформаторов при уменьшении коэффициента мощности потребителей уменьшается пропускная способность активной мощности вследствие повышения реактивной, а первичные двигатели у генераторов на электростанциях оказывается загруженными не полностью.

4. Увеличение колебания напряжения сети. Повышение силы тока при уменьшении коэффициента мощности приводит к увеличению потерь напряжения, что вызывает понижение напряжения у потребителя.

Снижение реактивной мощности, циркулирующей между источником тока и приемником, а следовательно, и снижение реактивного тока в генераторах и сетях называется компенсацией реактивной мощности.

Мероприятия по повышению коэффициента мощности могут быть подразделены на естественные и искусственные.

Естественные мероприятия по уменьшению потребления приемниками реактивной мощности должны рассматриваться в первую очередь, поскольку для их осуществления, как правило, не требуется значительных капитальных затрат. К ним относятся следующие:

1. Правильный выбор электродвигателей по мощности и типу (не допускать излишних запасов мощности).

2. Замена малозагруженных асинхронных двигателей двигателями меньшей мощности.

3. Переключение недогруженных асинхронных двигателей с треугольника на звезду.

4. Ограничение холостого хода электродвигателей.

5. Повышение каче6ства ремонта двигателей. Перечисленные естественные мероприятия обеспечивают работу асинхронных двигателей с предельно возможным для них номинальным коэффициентом мощности.

Для дальнейшего повышения коэффициента мощности используют искусственные способы, к числу которых можно отнести применение перевозбужденных синхронных двигателей, синхронных компенсаторов и косинусных конденсаторов.

В условиях сельскохозяйственного производства наиболее целесообразно применять статические конденсаторы. Конденсаторы обладают незначительными потерями (0,3 ... 1% от их мощности), просты и удобны в обслуживании.

При параллельном подключении конденсаторов к обмоткам двигателя общая реактивная мощность, циркулирующая между двигателем и генератором

Qp = Q - Qc ,

где *Qc* - реактивная мощность конденсаторов (в противофазе по отношению к реактивной мощности двигателя) - рисунок 2б.

Из треугольника мощностей следует, что при подключении конденсаторов

ϕ*к<ϕ, а cosϕк>cosϕ*

Соответствующим подбором конденсаторов можно добиться, чтобы

Q = Qc, а ϕ = 0, тогда cosϕ = 1

В этом случае из сети будет потребляться только активная мощность, а реактивная будет циркулировать между двигателем и конденсаторами, полностью разгружая сеть от реактивного тока. Рациональной схемой включения компенсирующих конденсаторов является схема соединения треугольником. В этом случае напряжение на конденсаторах будет в  раз выше, чем при соединении звездой а, следовательно, емкость батареи в первом случае при одной и той же реактивной мощности *Qc*будет в 3 раза меньше, чем во втором случае. «Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону. Ставрополь, 2000.- 2

**Порядок выполнения работы:**

1. В порядке самостоятельной подготовки к выполнению работы ознакомиться с литературными источниками:

1. Ознакомиться со схемой и работой лабораторной установки. Записать паспортные данные двигателя.

2. Снять зависимость *cos*ϕ*= f (β),* где *β* степень загрузки двигателя

β = Р/Рн

где *Р* - мощность нагрузки двигателя;

*Рн*- номинальная (паспортная) мощность двигателя.

Для снятия зависимости включить установку, рукоятку ЛАТРа установить в крайнее правое положение (по часовой стрелке), рукоятку потенциометра "ВОЗБУЖД" также в крайнее правое положение.

Изменяя положение тумблеров "НАГРУЗКА", снять показания прибора. Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений зависимости *cos*ϕ*= f (Rн)*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *R, Ом* | ∞ *(х.х.)* | *30* | *14* |
| *cosϕL* |  |  |  |

3. Установить нагрузку, равную 30 Ом. Изменяя положение рукоятки потенциометра "ВОЗБУЖД", установить по ваттметру *PW* значения мощности, указанные в таблице 2, и снять показания фазометра.

Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты измерений зависимости *cos*ϕ*= f (Р)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Рн, кВт* | *0,4* | *0,5* | *0,6* | *0,7* | *0,8* | *0,9* | *1,0* |
| *Cos*ϕ*L* |  |  |  |  |  |  |  |

4. Рассчитать *cos*ϕ*ср.вз* на основе измерения активной и реактивной энергии за время 10 минут по оборотам дисков счетчиков.

5. Ручку потенциометра "ВОЗБУЖД" установить в крайнее правое положение. Включить автомат *QF2* (батарея конденсаторов) Изменяя емкость конденсаторов тумблерами 2мкф, 3мкф, 4мкф от *Сmin = 0мкф до Сmax = 9мкф*, снять зависимости *cosϕ = f (C), Ic = f (С)*. Результаты измерений занести в таблицу 3.

Таблица 3. – Результаты измерений зависимостей *cosϕ = f (C), Ic = f (С)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *С, мкФ* | 0 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 |
| *cosϕL(с)*cos#(c) |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *Ic,A* |  |  |  |  |  |  |  |  |

По данным таблицы 3 построить графики *cos*ϕ*L(с) = f (С) и Ic = f(C).*

3. Подготовить отчет следующего содержания:

1. Наименование лабораторной работы и ее цель.

2. Основные формулы для расчета *cos*ϕ.

3. Заполненные таблицы и графики зависимостей *cosϕ* = *f(Pн),*

*cos*ϕ = *f(R), cos*ϕ = *f(С), Ic = f(C)*.

4. Результаты измерений активной и реактивной энергии и расчета *cos*ϕср.вз.

5. Вывод по расчету емкости компенсирующих конденсаторов.

**Контрольные вопросы**

1. Что характеризует коэффициент мощности?

2. От чего зависит *cos*ϕ в асинхронных двигателях?

3. Назвать последствия низкого *cos*ϕ.

4. Назвать методы повышения коэффициента мощности.

5. Объяснить сущность компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторов.

**Лабораторная работа №3**

**Тема:** Неисправности машин постоянного тока и способы их устранения

**Цель занятия:** Научиться выявлять неисправности машин постоянного тока и способы их устранения

**Приобретаемые умения и навыки:**

* - выполнять технологические операции по наладке электродвигателей.
* - диагностировать неисправности в электродвигателях.
* - выполнять технологические операции по устранению неисправностей в электродвигателях.

**Оборудование:**Инструменты электрика омметр, мультиметр, мегомметр.

**Правила охраны труда:** см. инструкцию по охране труда.

**Литература:**

**Порядок выполнения работы:**

1. В порядке самостоятельной подготовки к выполнению работы ознакомиться с литературными источниками:

- Осмотреть машину постоянного тока, записать её паспортные данные.

- Провести дефектацию машины до разборки.

-Разобрать машину постоянного тока.

- Выполнить дефектацию машины после разборки.

- Заполнить дефектовочную ведомость.

- Устранить найденные дефекты

2. По заданию преподавателя выполнить ремонт щеток в машинах постоянного тока.

**Основные неисправности электродвигателей постоянного тока.**

После включения в сеть якорь электродвигателя не вращается. Проверяют сохранность плавких вставок, обрыв пускового реостата и питающих проводов. При повреждение обмотки якоря образуется чрезмерный нагар.

При включение двигателя срабатывает защита. Быстрый ввод ступеней пускового сопротивления. Проверить исправность в цепи якоря.

Во время работы наблюдается сильное искрение под щетками. Такое искрение разрушает щетки и поверхность коллекторных пластин. Это вызвано неправильным положением щеток, слабым нажатием щеток, несоответствием марки щеток, загрязнение поверхности коллектора. Плохое состояние контактных поверхностей щеток (нет ровного блеска).

**Нагрев двигателя**

Нагрев опасен для изоляции. При длительном нагреве срок службы изоляции снижается. Перегрев двигателя  указывает на перегрузку по току. Необходимо замерить силу тока (клещами, амперметром) и при его превышение больше номинального снизить нагрузку.

Причиной перегрева при номинальном токе может быть недостаточное охлаждение машины.

Неравномерный нагрев статора может быть вызван витковыми замыканиями обмотки.

Чрезмерный перегрев подшипников вызван: отсутствием смазки (утечка масла через уплотнения), загрязнением масла, чрезмерной натяжкой приводных ремней.

**Установка щеток коллектора электродвигателя постоянного тока в нейтральное положение**

При неправильном положении щеток электродвигателя постоянного тока появляется сильное искрение на поверхности коллектора. Для устранения такого явления щетки выставляются в нейтральное положение. Э.Д.С. между обмотками главных полюсов и неподвижного якоря должна быть ровна нулю. Поэтому если к клеммам присоединить чувствительный магнито­электрический прибор - милливольтметр, a в обмотку главных полюсов подавать импульсами питание от постороннего источника постоянного тока, при нейтральном положении щеток прибор не должен давать отклонений стрелки прибора от нуля в положительную или отрицательную сторону. Всякое смещение щеток с нейтрального положения будет вызывать отклонение стрелки прибора от нуля, при отключении источника питания. Направление отклонения стрелки прибора от нуля в положительную или отрицательную сторону на его шкале зависит от того, в какую сторону смещены щетки с нейтрального положения.

Установку правильного положения траверсы производят после предварительной притирания щеток к коллектору. Траверсу устанавливают предварительно в таком положении, чтобы линия щеток приходилась примерно против середины главных полюсов (обычные обмотки, с симметричными лобовыми частями). Обмотку возбуждения отключают, к ней от постороннего источника питания подводят постоянный ток (величина тока не должна превышать 5…10 % номинального). К зажимам якоря присоединяют милливольтметр mV, затем производят измерение Э.Д.С. трансформации, так как это описано выше. После окончательного закрепления траверсы необходимо несколько раз проверить показания милливольтметра, ставя коллектор в разные положения.

**Ревизия коллектора и щеток электродвигателей**

Коллектор, контактные кольца и щетки требуют тщательного ухода. Они должны быть всегда чистыми. Особенно вредна металлическая и угольная проводящая пыль. Смешиваясь с попавшим на контактные поверхности маслом, она образует грязь и вызывает искрение. Коллектор и контактные кольца можно чистить на ходу машины при помощи дощечки, обернутой сухой тряпкой. При этом следует соблюдать правила безопасности, заключающиеся в том, чтобы изолировать себя от соприкосновения с токопроводящими частями и не задевать руками и одеждой вращающиеся части электродвигателя.

Угольные щетки должны иметь зеркально блестящую поверхность на всей площади соприкосновения с коллектором или контактными кольцами. Сработавшиеся щетки надо заменять щетками той же марки.

Шлифовка коллектора выполняется при помощи специальных приспособлений. Колодки для шлифовки коллектора изготовляются из дерева. Шлифовку коллектора производят при его вращение.

 **Регулировка щеточного механизма**

Щеточный механизм должен свободно перемещаться при освобож­дении стопорного устройства. Траверсы щеточного механизма уста­навливаются по заводским меткам (или так, как описано выше) на нейтраль. Радиальный зазор между контактными кольцами или коллектором и щеткодержателями должен быть равномерным по окружности и составлять 2…4 мм. Щеткодержатели устанавливают так, чтобы края щеток были параллельны коллекторным пластинам

Удельное нажатие на щетку колеблется в пределах от 20 до 40 кПа и зависит от типа и материала щетки и частоты вращения машины. При частоте вращения более 1500 об./мин. удельное нажатие на щетку может быть повышено до 50 кПа. Щетки выбирают по плотности тока, частоте вращения коллектора и условиям коммутации каждого вида машины. Поверхность соприкосновения щетки с контактными кольцами и коллектором должно составлять не менее 80% рабочей поверхности щетки. Проверку производят с помощью динамометра, усилие нажатия щеток определяется по  их техническим характеристикам.

Указания по проведению ревизии электрических двигателей постоянного и переменного тока приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Указания  по проведению ревизии электродвигателей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Объект или операция | Требование | Дополнение и объяснение по проведению ревизии |
| Осмотры | Периодичность осмот­ров устанавливают в зависимости от производ­ственных условий, но не реже 1 раза в 2 месяца.  | При осмотрах следует очищать двигатель от загрязнений, проверять состояние контактных колец и щеток (у электродвигателей с фазным рото­ром), надежность заземления и соединений двигателя с механизмом. Кроме того, надо убедиться в отсутствии трещин и сколов в стани­не, подшипниковых щитах и крышках подшип­ников, вмятин в кожухе вентилятора; проверить целость крыльчатки вентилятора и изоляции выводов обмоток и пи­тающих проводов. |
| Контроль напряжения | Для нормальной рабо­ты электродвигателя напряжение на питающих шинах должно быть 100…105 % от Uном. | Допускается работа электродвигателя при отклонении напряжения от -5 до +10 % Uном. |
| Подшипники | Температура подшипников должна быть не выше допустимой.Уровень масла в подшипниках должен быть нормальным.Зазоры в подшипниках качения должны со­ответствовать нормативам. | Предельно допустимая температура для подшипников скольжения 80 °С, для подшипников качения 100°С.Нормальный уровень масла отмечен чертой на маслоуказателеДопустимый радиаль­ный зазор при диаметре вала: 20…30 мм - не более 0,1 мм; 35…50 - не более 0,15 мм; 55…80 - не более  0,2 мм; 85… 120 - не более  0,3 мм. |
| Контактные кольца | Износ колец не должен быть выше допусти­мого. | Допустимый износ  роторного кольца  при его диаметре, мм: 72,5—3 мм; 80 и 120 —3 и 4 мм. |
| Чистка коллектора и контактных колец | Коллектор и контакт­ные кольца должны содержаться в чистоте. Наличие металлической и угольной пыли недо­пустимо. Чистку производят сухой тряпкой. Царапины и почерне­ния необходимо во из­бежание усиленного искрения устранять по мере их возникновения. | Допустимо чистить коллектор и контакт­ные кольца на ходу дощечкой, оберну­той сухой тряпкой, с соблюдением мер безопас­ности (изолировать себя от прикосновения к токоведущим частям и не задевать руками и одеждой вращающейся части).Царапины и почернения устраняют полировкой коллектора при его номинальной частоте вращения мелкой стеклянной бумагой, закреп­ляемой на деревянной колодке (рисунок 11). Применять наждачное полотно запрещено. |
| Продороживание коллектора | При появлении над по­верхностью коллектора выступающей слюды ее надо снять продороживанием с помощью пилки-скребка. | Выступающую слюду снимают на 1…1,5 мм. Края пластин коллекто­ра скашивают под углом 45° на ширину не более 0,5 мм. |
|  Щётки | Подбор щеток произ­водится согласно указаний за­вода-изготовителя, данных в техническом паспорте электродвигателя.Щетки необходимо пришлифовать к коллек­тору. По окончании шли­фовки коллектор следу­ет очистить от осевшей на него пыли.Сила нажатия щеток должна быть отрегулиро­вана. Отклонение вели­чины нажатия отдель­ных щеток не должно превышать 10 % от рекомендованного усилия нажатия в техническом паспорте электродвигателя. | Размер щеток должен обеспечивать их свобод­ное передвижение в обойме. Расстояние от обоймы до поверхности коллектора должно быть 2…4 мм. Применение разных щеток недопустимо. Притирку щетокпроизводят так: под щетку подкладывают стеклянную бу­магу, которую передви­гают вправо и влево   Проверку нажатия вы­полняют динамометром или пружинными весами. |
| Резервные электродвигатели | Должны быть постоян­но готовы к немедленно­му пуску. | Осмотр и опробование этих электродвигателей производят по утверж­денному графику.  |

3. Подготовить отчет следующего содержания:

- цель и задачи работы;

- научится выявлять дефекты в машинах постоянного тока.

- научится устранять дефекты постоянного тока

- составить отчёт о полученных сведеньях

- ответить на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы**

1) Какой необходим уход за коллектором и контактными кольцами?

2) Как производить регулировку щеточного механизма?

3) Какие неисправности существуют в двигателях постоянного тока и способы их устранения?

4) В какие сроки проводится техническое обслуживание коллектора?

5) Сроки поведения капитального ремонта машин постоянного тока?

**Лабораторная работа №4**

**Тема:** Проверка полярности и согласования обмоток машин постоянного тока

Цель занятия: 1. Изучение способов проверки согласованности включения обмоток главных полюсов.

2. Изучение способов проверки правильности соединения обмоток якоря, дополнительных полюсов и компенсационной.

3.Изучение способов определения полярности выводов якоря (щеток).

Приобретаемые умения и навыки:

- выполнять технологические операции по наладке электродвигателей.

- диагностировать неисправности в электродвигателях.

- выполнять технологические операции по устранению неисправностей в электродвигателях.

Оборудование: Инструменты электрика омметр, мультиметр.

Правила охраны труда: см. инструкцию по охране труда.

Литература:

Порядок выполнения работы:

1. В порядке самостоятельной подготовки к выполнению работы ознакомиться с литературными источниками:

- Изучить способы проверки полярности и согласования обмоток машин постоянного тока.

- Изучение способов проверки правильности соединения обмоток якоря, дополнительных полюсов и компенсационной.

- Изучение способов определения полярности выводов якоря (щеток).

2. По заданию преподавателя выполнить определение начало и концов обмотки электродвигателя.

При новых включениях машин постоянного тока, в том числе используемых в качестве возбудителей, должны быть проверены соответствие полярностей обмоток заводским обозначениям выводов, правильность внутренних соединений, а также согласования обмоток основных и дополнительных полюсов, компенсационной обмотки для данного направления вращения, что важно для обеспечения безыскровой коммутации во время работы.

Наименование выводов обмоток

Обозначение выводов

Начало

Конец

Обмотка якоря

Д2

Последовательная обмотка возбуждения

С1

С2

Параллельная обмотка возбуждения

Ш1

Ш2

Пусковая обмотка

П1

Я1

Я2

Компенсационная обмотка

К1

К2

Обмотка добавочных полюсов

Д1

П2

Уравнительный провод и уравнительная обмотка

У1

У2

В основу обозначений положено условие, что при правом вращении МПТ в режиме двигателя (по часовой стрелке, если смотреть на машину со стороны приводного конца) – ток в его обмотке проходит от начала 1 к концу 2. В режиме генератора ток во всех обмотках, кроме включаемых специально на размагничивание и обмоток возбуждения, при правом вращении должен проходить от конца 2 к началу 1.

Основные случаи согласования обмоток МПТ в зависимости от режима работы и направления вращения в соответствии с заводской маркировкой приведены ниже (рис.1):

Проверка согласованности обмоток главных полюсов производится на собранной машине следующим образом:

Проверка согласованности обмоток главных полюсов импульсным методом главных полюсов методом проворачивания якоря

Проверка импульсным методом.

К одной из обмоток присоединяется переносная аккумуляторная батарея 6-12В через рубильник (рис.2), а к другой – милливольтметр. Если при включении рубильника стрелка милливольтметра отклонится вправо (а при отключении наоборот), то заводские обозначения обмоток главных полюсов правильны и обмотки согласованы между собой.

Обмотки дополнительных полюсов и главная (параллельная) обмотка включаются в схему таким образом, чтобы в них при работе возбудителя проходил ток от одних однополярных зажимов к другим, например от Ш1 к Ш2 и от Д2 к Д1 для правого вращения и от Ш2 к К1 и от Д2 к Д1 для левого вращения.

Проверка методом проворачивания якоря.

В этом случае собирается аналогичная схема (рис.3), но милливольтметр присоединяется к якорю зажимом любой полярности. При согласованности обмоток и правильности заводских обозначений выводов милливольтметр при подаче напряжения на различные обмотки будет отклоняться в одну и ту же сторону.

Правильность соединения обмоток якоря, дополнительных полюсов и компенсационной проверяется на собранной машине следующим образом.

К обмоткам якоря и дополнительных полюсов поочередно подключается кратковременно аккумуляторная батарея (рис.4). При противоположных отклонениях гальванометра однополярными зажимами следует считать те, к которым подключался один и тот же зажим батареи. В этом случае должны быть соединены вместе разнополярные зажимы, например Я2 с Д1; чтобы ток в обмотках якоря и дополнительных полюсов проходил от одних однополярных зажимов к другим. При наличии в машине компенсационной обмотки импульс от аккумуляторной батареи подается на обмотку дополни тельных полюсов и компенсационную обмотку, соединенные вместе (соединение их осуществляется заводом внутри машины). В этом случае устанавливается правильность включения обмотки дополнительных полюсов и компенсационной обмотки по отношению к обмотке якоря.

Определение полярности выводов якоря (щеток) производится для правильного присоединения к возбудителю измерительных цепей и различных устройств, связанных электрически с цепями возбуждения генератора, при монтаже. Согласно ГОСТ положительными для правого вращения должны быть выводы якоря Я1 и обмотки возбуждения Ш1. Проверяется двумя способами.

1-й способ. Плюс батареи (постоянного источника) подключается к Ш1 или Ш2 в зависимости от направления вращения якоря. К выводам якоря подключается милливольтметр (плюс прибора соединяется с выводом Я1), и якорь резко приводится во вращение. Если заводская маркировка правильна, то милливольтметр отклонится в правую сторону. В противном случае внешние цепи подключают, исходя из установленной при проверке полярности.

2-й способ применяется, когда якорь нельзя привести во вращение. К якорю возбудителя между коллекторными пластинами в точках, равноотстоящих от разноименных смежных щеток (рис.5), с помощью щупов подключается милливольтметр. В момент подключения батареи к обмотке возбуждения с соответствующей заводской маркировке в обмотке якоря на основе закона электромагнитной индукции образуется противо-ЭДС, имеющая в отдельных проводниках знаки, показанные в кружках на рис. Знаки ЭДС проводников будут такими, как будто физическая нейтраль, имеющая место при работе машины, сместилась по направлению вращения якоря на половину полюсного деления (совпадалас направлением потока основных полюсов). Если при этом милливольтметр, подключенный по линии, соответствующей образовавшейся физической нейтрали, отклонится вправо, то полярность ЭДС, в точке а положительна, а в точке б отрицательна. Полярность щеток соответствует полярности той точки (а или б) коллектора, которая расположена ближе к ней против движения якоря.

3. Подготовить отчет следующего содержания:

- цель и задачи работы;

 Самостоятельно ознакомиться с теоретическими сведениями.

 Зарисовать схему проверки правильности соединения обмоток якоря, дополнительных полюсов и компенсационной

 Описать методы и порядок проверки согласно схемы

 Зарисовать схему определение полярности выводов якоря

 Описать методы и порядок проверки согласно схемы

 Оформить отчет.

 Ответить на контрольные вопросы (устно).

Контрольные вопросы

1. С какой целью проводят проверку полярности и согласования обмоток машин постоянного тока?

2. Объясните прохождение тока в режиме двигателя и генератора

3. Какие способы проверки полярности якоря вы знаете?

4.Сколько существует способов проверки правильности соединения обмоток якоря, дополнительных полюсов и компенсационной?

5. Сколько существует способов проверки согласованности обмоток главных полюсов?

**Лабораторная работа №5**

Тема: Обслуживание щёточных аппаратов.

Цель занятия: Научиться обслуживать и выявлять дефекты щеточных аппаратов

Приобретаемые умения и навыки:

- выполнять технологические операции по наладке электродвигателей.

- диагностировать неисправности в электродвигателях.

- выполнять технологические операции по устранению неисправностей в электродвигателях.

Оборудование: Инструменты электрика омметр, мультиметр.

Правила охраны труда: см. инструкцию по охране труда.

Порядок выполнения работы:

1. В порядке самостоятельной подготовки к выполнению работы ознакомиться с литературными источниками:

- Изучить способы обслуживания щеточных аппаратов;

- Выявить дефекты щеточных аппаратов.

- Изучить способы устранения дефектов щеточных аппаратов

2. По заданию преподавателя выполнить обслуживание щеточного аппарата .

Регулировка щеточного механизма

Щеточный механизм должен свободно перемещаться при освобождении стопорного устройства. Траверсы щеточного механизма устанавливаются по заводским меткам (или так, как описано выше) на нейтраль. Радиальный зазор между контактными кольцами или коллектором и щеткодержателями должен быть равномерным по окружности и составлять 2…4 мм. Щеткодержатели устанавливают так, чтобы края щеток были параллельны коллекторным пластинам. Расположение щеток по окружности коллектора должно быть равномерным.

Удельное нажатие на щетку колеблется в пределах от 20 до 40 кПа и зависит от типа и материала щетки и частоты вращения машины. При частоте вращения более 1500 об./мин. удельное нажатие на щетку может быть повышено до 50 кПа. Щетки выбирают по плотности тока, частоте вращения коллектора и условиям коммутации каждого вида машины. Поверхность соприкосновения щетки с контактными кольцами и коллектором должно составлять не менее 80% рабочей поверхности щетки. Проверку производят с помощью динамометра (рисунок 14) усилие нажатия щеток определяется по их техническим характеристикам.

3. Подготовить отчет следующего содержания:

- цель и задачи работы;

- научится обслуживать щеточные аппараты.

- ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1) Виды щеточных аппаратов?

2) Как производить регулировку щеточного механизма?

3) Каким способом выявляются дефекты щеточных аппаратов?

4) Основные неисправности электродвигателей постоянного тока и способы их устранения?

5) Основные неисправности генераторов постоянного и переменного тока и в чем отличия этих генераторов?

**Практическое занятие №.1**

Тема: Проверка технического состояния силового трансформатора. Выявление дефектов силового трансформатора.

Цель: приобретение практических навыков в проверке технического состояния силового трансформатора

*Оборудование и материалы:* силовой трансформатор, инструкционная карта, карта осмотра,лаборатория электрических подстанций, инструменты и приспособления, согласно технологической карты № 2.2, дефектовочная карта.

**Краткие теоретические сведения**

Для поддержания трансформатора в работоспособном состоянии необходимо регулярно осуществлять техническое обслуживание трансформатора:

– технический осмотр;

– профилактический контроль.

При выполнении технического осмотра трансформатора следует проверить:

– отсутствие посторонних шумов, повышенных вибраций, которые приводят к повреждению или к неправильной работе составных частей, приборов и аппаратуры, установленных на трансформаторе;

– соответствие показаний счетчиков, количества переключений, приводов устройств РПН количеству осуществленных переключений; Технический осмотр составных частей трансформатора необходимо выполнять в соответствии с инструкциями по эксплуатации этих частей.

При резком снижении температуры окружающего воздуха или при других резких изменениях погодных условий, при появлении сигналов о неисправности трансформатора необходимо осуществлять внеочередные осмотры.

Трансформаторные установки периодически (не реже одного раза в месяц) должны осматриваться специалистами соответствующих подразделений.

Результаты осмотров должны быть отражены в соответствующей документации: оперативном журнале и журнале дефектов и неполадок оборудования подстанции.

**Осмотр и дефектовка.** При наличии технической документации дефектовка сводится к осмотру и определения состояния и комплектности трансформаторов.

Необходимых замеров и испытаний. Результаты заносят в специальную ведомость дефектов,

**Ведомость дефектов**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Операция |  | Ремонтные |  | Пояснение |  |  |  |
|  |  | работы |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ***Ремонт обмоток силовых трансформаторов*** |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| ***Устранение:*** |  | Поврежденную | Эти | дефекты | устран ют | без |
| Поверхностных повреждений не больших | витковую | изоляцию | демонтажа обмоток |  |  |
| х участков витковой изоляции | восстанавливают путем |  |  |  |  |  |  |
|  |  | наложения | на |  |  |  |  |  |  |
|  |  | оголенный | провод |  |  |  |  |  |  |
|  |  | витка | слоя |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Маслостойкой лакоткани |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  ЛСХМ |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |
| Ослабления прессовки обмоток | Обмотки, не имеющие | По всей окружности обмотки |
|  |  | прессующих | колец, | между | уравнительной | и |
|  |  | подпрессовывают | ярмовой |  | изоляциями |
|  |  |  |  | забивают | дополнительные |
|  |  |  |  | прокладки |  |  | из |
|  |  |  |  | прессованного электрокартона |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Незначительной | деформации | Поврежденную | Изолированной придают |  |
| отдельных секций |  | изоляцию | удаляют |  | нужный | размер путем |
|  |  | обжигом в | печи при | подпрессовки. |  |  |  |
|  |  | температуре | 450– | Изготовленную | катушку |
|  |  | 5000С. | Витки | высушивают, | пропитывают |
|  |  | изолируют | кабельной | лаком ГФ-95 |  |  |  |
|  |  | бумагой или тафтяной | и запекают при температуре |
|  |  | лентой в два слоя с | 1000С в течение 8–12 ч. |  |
|  |  | перекрытием. |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Изготовление новой | Обмотки в | Для этой | операции | На | шаблон перед | намоткой |
| зависимости от ее типа |  | применяют |  | повода | накладывают | слой |
|  |  | обмоточные станции с | электротехнического картона |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ручным или моторным | толщиной | 0.5 | мм, |
|  | приводом. | Катушку | предохраняющего | витки |
|  | наматывают | на | первого слоя от сдвига при |
|  | шаблоне |  |  | снятии катушки |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Соединение обмоток | Провода | сечением до | При | пайке |  | проводов |
|  | 40 мм2 |  |  | применяют флюс-канифоль |
|  | соединяют | пайкой | или флюспорошкообразную |
|  | паяльником, | большого | буру |  |  |  |
|  | сечения специальными |  |  |  |  |
|  | клещами. | Припой |  |  |  |  |
|  | фосфористая | бронза |  |  |  |  |
|  | диаметром 3–4 мм или |  |  |  |  |
|  | серебряный | припои |  |  |  |  |
|  | ПСр-45,ПСр-70 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| Разборка магнитопровода | Отвертывают | верхние | Извлекают шпильки из ярма. |
|  | гайки | вертикальных | Маркируют балку надписью |
|  | шпилек | и | гайки | «сторона ВН» или «сторо- |
|  | горизонтальных | на НН». Расшихтовывают, |
|  | прессующих | шпилек. | вынимая по 2–3 пластины, не |
|  | Снимают | ярмовые | перемешивая, | связывают в |
|  | балки. |  |  | пакет. | Укладка | пластин |
|  | Расшихтовывают | после | ремонта | должна |
|  | верхнее |  |  | соответствовать заводской |
|  | ярмо со стороны ВН и |  |  |  |  |
|  | НН | одновременно. |  |  |  |  |
|  | Эскизируют | взаимное |  |  |  |  |
|  | расположение пластин |  |  |  |  |
|  | двух последних слоев |  |  |  |  |
|  | активной | стали |  |  |  |  |
|  | магнитопровода. |  |  |  |  |
|  | Связывают | верхние |  |  |  |  |
|  | концы |  | пластин, |  |  |  |  |
|  | продевая | кусок |  |  |  |  |
|  | проволоки в отверстие |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | для |  |  | стержня. |  |  |  |
|  | Демонтируют обмотки. |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  Удаление старой изоляции листов |  Удаляют |  |  | старую |  Можно | применять обжиг |
|  стали |  изоляцию |  | стальными |  листов | с | равномерным |
|  |  щетками |  |  | или |  нагревом | при | температуре |
|  |  кипячением | листов в |  250–300 0С в течение 3 |
|  |  воде, | если | они |  минут |  |  |
|  |  покрыты |  | бумажной |  |  |  |
|  |  изоляцией |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

**Порядок выполнения работы**

1. Осмотреть трансформатор, электрооборудование его первичной цепи, для того чтобы убедиться в его исправном состоянии, необходимо проверить:

– отсутствие повреждений, нарушений герметичности и маслоплотности, следов коррозии;

– состояние изоляторов вводов (отсутствие трещин и сколов фарфора, загрязнений, протекания масла через уплотнения, следов перекрытия и др.);

– состояние фланцевых соединений бака и других узлов (вводов, устройств РПН,

термосифонных фильтров);

– отсутствие посторонних предметов, которые влияют на работу трансформатора;

– целостность и исправность измерительных и защитных устройств (манометрических сигнализирующих термометров, газового реле, защитных реле баков контакторов устройств РПН, маслоуказателей, манометров на герметичных вводах);

– состояние видимых контактных соединений и заземлений;

– показания маслоуказателей расширителей на соответствие средней температуре масла в баке трансформатора и в баке контактора устройства РПН

– уровень масла в расширителе неработающего трансформатора должен быть на уровне,

соответствующему средней температуре масла в трансформаторе, который устанавливается

примерно в соответствии со среднесуточной температурой окружающего воздуха.Уровень

масла в отсеке расширителя бака контактора устройства

РПН при положительной температуре масла должен соответствовать приблизительно середине шкалы маслоуказателя. В трансформаторе, находящемся в работе, уровень масла должен быть примерно на отметке, соответствующей температуре верхних слоев маслатрансформатора;

– проверить уровень масла и состояние индикаторного силикагеля в высоковольтных негерметичных вводах, давление масла в высоковольтных герметичных вводах в соответствии с инструкцией по эксплуатации вводов;

– состояние индикаторного силикагеля в воздухоосушителях;

– уровень масла в масляных затворах воздухоосушителей;

– состояние узлов передачи устройств РПН;

– состояние приводов устройств РПН и взаимное соответствие показаний указателей положения привода и переключающего устройства, а также указателя положений устройства РПН на щите управления. 2. Определить неисправности силового трансформатора в соответствии с технологической картой № 2.2. сборника технологических карт на работы по текущему ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных ж. д.

3. Зарегистрировать результаты осмотра трансформатора в книгеосмотра и неисправностей.

4. Изучить краткие теоретические сведения.

5. Систематизировать данные о признаках неисправностей силового трансформатора по их характеру и месторасположению.

6. Произвести внешний осмотр трансформатора с визуальным определением неисправностей, сопоставив их с вашей системой дефектов.

7. Определить возможные дефекты силового трансформатора, по явным признакам.

8. Установить причину возникновения обнаруженного дефекта трансформатора.

9. Оформить дефектную ведомость по образцу таблицы 3.

10. Оформить отчет о проделанной работе.

11. Сделать вывод о проделанной работе.

**Контрольные вопросы**

1.Какие работы входят в объем технического обслуживания силового трансформатора?

1. Что такое осмотр?
2. В каком документе фиксируются результаты осмотров?
3. С какими дефектами допускаются изоляторы в работу?
4. Назовите состав бригады и условия выполнения работ по ТО силового трансформатора.
5. Назовите основные операции технологического процесса.
6. Назовите причины срабатывания газовой защиты трансформатора.

8. Назовите причины ненормального вторичного напряжения трансформатора.

9. При схеме соединения треугольник–треугольник как определить обрыв его вторичной цепи?

10. Как определить обрыв в обмотках трансформатора?

11. Назовите причины пробоя обмоток трансформатора.

**Практическое занятие №2.**

Тема: Текущий ремонт силовых трансформаторов с сухой изоляцией.

Цель: приобретение практических навыков в проведении текущего ремонта силовых трансформаторов.

*Оборудование и материалы:* силовой трансформатор, инструкционная карта, инструменты иприспособления, технологические карты сборника, лаборатория электрических подстанций.

**Краткие теоретические сведения**

Трансформатор сухой с литой изоляцией 1000кВА предназначен для распределения электроэнергии номинальной мощностью 1000кВА и напряжением до 36кВ, например, типа TR-1000кВА.

Сухие силовые трехфазные трансформаторы 1000кВА состоят из трех основных частей:

1. Обмотка низкого напряжения;
2. Обмотка высокого напряжения;
3. Магнитный сердечник.

При ремонте сухих трансформаторов выполняют следующее:

1. Подпрессовывают обмотки и ярмы магнитной системы;
2. Подтягивают все крепления;
3. Заменяют или ремонтируют изоляторы, вентиляторы и их электропроводку, кожух, зажимы и панель для переключения регулируемых ответвлений;
4. Чистят и продувают сухим сжатым воздухом все части и вентиляционные каналы;
5. Измеряют сопротивление изоляции обмоток, ярмовых балок, деталей прессовки обмоток и стяжки магнитной системы;
6. Красят кожух, шинные отводы и другие части, имеющие повреждения антикоррозийного

покрытия.

Измерение сопротивления изоляции.

Состояние изоляции силовых трансформаторов характеризуется не только абсолютным значением сопротивления изоляции, которое зависит от габаритов трансформаторов и применяемых в нем материалов, но и коэффициентом абсорбции (отношением сопротивления изоляции, измеренного дважды – через 15 и 60 с после приложения напряжения на испытуемом объекте, R60ʺ иR15ʺ). За начало отсчета допускается принимать начало вращения рукоятки мегаомметра.

Измерение сопротивления изоляции позволяет судить о местных дефектах, и о степени увлажнения изоляции должно производиться мегаомметром, имеющим напряжение не ниже 10000Мом. На трансформаторах с высшим напряжением 10 кВ и ниже допускается измерение сопротивления изоляции производить мегаомметром на 1000В с верхним пределом измерения

не ниже 1000Мом. Перед началом каждого измерения по рисунку 1 испытуемая обмотка должна быть заземлена не менее 2мин. Сопротивление изоляции R60ʺ - не нормируется, и показателем в данном случае является сравнение его с данными заводских или предыдущих испытаний. Коэффициент абсорбции также не нормируется, но учитывается при комплексном рассмотрении результатов измерении.



Обычно при температуре 10–30°C для неувлажненных трансформаторов он находится в следующих пределах: для трансформаторов менее 10000 кВА напряжением 35 кВ и ниже — 1,3; а для трансформаторов 110 кВ и выше — 1,5–2. Для трансформаторов, увлажненных или имеющих местные дефекты в изоляции, коэффициент абсорбции приближается к 1.

Следует учитывать, что значение коэффициента изменяется с изменением температуры. Зависимость: Kaбc = R6o" / 15".

Для сравнения сопротивления изоляции необходимо измерять при одной и той же температуре и протоколе испытания указывать температуру, при которой проводилось измерение. При сравнении результаты измерений сопротивления изоляции при разных температурах могут быть приведены к одной температуре с учетом того, чтона каждые 10 °C понижения температуры *R*6o" увеличивается примерно в 1,5 раза.

* инструкции даются следующие рекомендации: значение *R*6o"должно быть приведено к температуре измерения, указанной в заводском паспорте, оно должно быть: для трансформаторов 110 кВ — не менее 70%, для трансформаторов 220 кВ — не менее 85%

значения, указанного в паспорте трансформатора.

1. Произвести измерения сопротивления изоляции *R*60 с определением отношения *R*60 / *R*15,

для чего необходимо собрать схему, рисунок 1.

1. Произвести измерения сопротивления обмоток постоянному току. Полученные значения сравнить с паспортными данными.

**Порядок выполнения работы**

1. Изучить причины возникновения основных неисправностей и способы их устранения.
2. Студентам получить задание у преподавателя на проведение текущего ремонта установленной мощности и изучить соответствующую технологическую карту.
3. Преподавателю выдать наряд — допуск формы ЭУ-44 на проведение ТР трансформатора и проинструктировать бригаду, объяснив порядок и условия выполнения работы.
4. Бригадам под наблюдением преподавателя выполнить постав-

ленную задачу: выполнить наружный осмотр трансформатора, выявить и устранить мелкие дефекты в арматуре, системе охлаждения, навесных устройствах, подтянуть крепления, проверить отсутствие или наличие течи масла, измерить сопротивления изоляции обмоток, в соответствии с указаниями теоретических сведений, изучить устройство цеолитовой установки.

1. По таблице 4 подобрать способ устранения выявленных повреждений трансформатора.
2. Оформить отчет о проделанной работе.
3. Сделать вывод о проделанной работе.

**Контрольные вопросы**

1. Назовите назначение трансформатора с сухой литой изоляцией.
2. Перечислите достоинства трансформатора с сухой литой изоляцией.
3. Назовите основные части трансформатора с сухой литой изоляцией.
4. Укажите цель проведения измерения изоляции трансформатора.
5. Назовите причины повышения температуры трансформаторного масла выше нормы.
6. Назовите причины срабатывания газовой защиты.
7. Назовите причины появления постороннего шума внутри трансформатора.

**Практическое занятие №3**

Тема: Испытание силового трансформатора после монтажа.

Цель: изучить испытание силового трансформатора после монтажа.

**Краткие теоретические сведения**

Трансформаторы используются в различных областях электротехники — энергетике, электронике и радиотехники. Эти устройства предназначены для преобразования напряжения переменного тока и гальванической развязки. В зависимости от назначения и особенностей конструкции различают автотрансформаторы, силовые, разделительные, согласующие трансформаторы, автотрансформаторы, трансформаторы тока и напряжения. Наиболее широкое

применение нашли **силовые трансформаторы**, осуществляющие преобразование электроэнергии в электросетях различного назначения.

* **эксплуатации проводятся приемо-сдаточные испытания трансформаторов при вводе в**

**эксплуатацию, испытание трансформаторов после ремонта (капитального и текущего), а также профилактические испытания между ремонтами.**

**Виды испытаний трансформаторов.**

* соответствии с требованиями регламентирующих документов испытание силовых трансформаторов в эксплуатации включает следующие операции:

 Тестеры для проведения испытаний трансформаторов проверка характеристик изоляции (сопротивление, емкость и тангенс диэлектрических потерь);

испытание повышенным напряжением;

 измерение сопротивления обмоток;



 проверка коэффициента трансформации;



 проверка правильности соединений и полярности выводов;



 измерение тока холостого хода и потерь на холостом ходу;



 снятие круговой диаграммы;



 гидравлические испытания бака радиатора;



 проверка системы охлаждения;



 проверка состояния силикагеля;



 фазировка трансформатора;



 испытание трансформаторного масла;



 испытание включением на номинальное напряжение;



 проверка вводов;



 испытание встроенных трансформаторов тока.

**Испытание сухих трансформаторов** не включает пункты проверки,связанные сгидравлической системой. Перед проведением испытаний проводится внешний осмотр всех элементов трансформатора, включая проверку наличия пломб на кранах и у пробки для отбора масла, проверка уровня масла в трансформаторе и его заземления.

**Перед включением трансформаторы подвергаются прогреву или сушке** в случаеувлажнения масла или изоляции, длительного пребывания трансформатора на воздухе, если характеристики изоляции не соответствуют установленным нормам. Условия включения сухих трансформаторов определяются в соответствии с документацией производителя. Характеристики изоляции необходимо измерять не менее чем через 12 часов после окончания заливки масла и при температуре не ниже не ниже 10°С.

**Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора** осуществляется при помощимегаомметра с рабочим напряжением 2500 В. Перед проведением измерения и между измерениями все обмотки трансформатора заземляются. Тангенс угла диэлектрических потерь обмоток измеряется мостом переменного тока. Измерение тангенса угла потерь трансформаторов, залитых маслом, проводятся при напряжении не более 2/3 испытательного напряжения, установленного изготовителем, а без масла – при напряжении не более 220 В.

**Электрические испытания трансформаторов** включают измерение емкости для определениявлажности обмоток. Емкость увлажненной изоляции изменяется с увеличением частоты сильнее, чем у сухой изоляции. Измерения емкости выполняются на частотах 2 Гц и 50 Гц. Также влажность можно проконтролировать по коэффициенту абсорбции, представляющему собой отношение значения сопротивления изоляции после 60 мин измерения, к значению после

1. мин.

Высоковольтные испытания трансформаторов повышенным напряжением промышленной частоты проводятся для каждой из обмоток. Все остальные выводы заземляют. Изоляция маслонаполненных трансформаторов может не проверяться повышенным напряжением. Испытательное напряжение плавно поднимается до нормированного значения, выдерживается в течение 1 мин и плавно понижается.

**Проверка силовых трансформаторов** на наличие скрытых дефектов производится путемизмерения сопротивления обмоток постоянному току. Измерение выполняется мостовым методом или с помощью вольтметра и амперметра. Измерение сопротивления изоляции трансформаторов постоянному току измеряется для всех ответвлений обмоток всех фаз.

Проверка трансформатора на правильность соединения обмоток осуществляется определением его коэффициента трансформации. Измерение производится с помощью двух вольтметров. Группа соединений обмоток трансформатора проверяется методом двух вольтметров, прямым методом (фазометром) или методом постоянного тока. Ток и потери холостого хода

характеризуют потери на гистерезис и на вихревые токи. Измерение производится с применением измерительных комплексов или ваттметров. Снятие круговой диаграммы осуществляется на всех положениях переключателя методом сигнальных ламп или методом вольтметра-амперметра.

Фазировка трансформатора производится измерением напряжения между разноименными фазами включаемого трансформатора и сети (или другого трансформатора) и контролем отсутствия напряжения между фазами. Проверка осуществляется с помощью вольтметра или специальных указателей. Проверка масла в трансформаторе производится испытанием его высоким напряжением и определением тангенса угла диэлектрических потерь. По окончании полученные данные выносятся в протокол испытания силового трансформатора. Вывод трансформатора в работу возможен при соответствии всех результатов установленным нормам и требованиям. Испытание силовых трансформаторов – это сложная и трудоемкая работа, требующая высокого профессионализма и опыта.

**Контрольные вопросы.**

1. Для чего предназначены трансформаторы?
2. Назовите основные виды трансформаторов.
3. При помощи чего производят измерение сопротивления обмоток трансформатора.

**Практическое занятие №4.**

Тема: Текущий ремонт силовых трансформаторов с масляной изоляцией.

Цель: приобретение практических навыков в проведении текущего ремонта силовых трансформаторов.

*Оборудование и материалы:* силовой трансформатор, инструкционная карта, инструменты иприспособления, технологические карты сборника, лаборатория электрических подстанций.

**Краткие теоретические сведения**

Трансформатор сухой с литой изоляцией 1000кВА предназначен для распределения электроэнергии номинальной мощностью 1000кВА и напряжением до 36кВ, например, типа TR-1000кВА.

***Текущий ремонт силовых трансформаторов с масляной изоляцией.***

* таблице 4 представлены возможные неисправности силовых трансформаторов с масляной изоляцией, причины их возникновения и способы устранения.

*Таблица 4*

**Возможные неисправности и способы их устранения**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Вероятная причина |  |  |  |  |  |
| Неисправность |  | неисправности |  |  | Способ устранения |
|  |  |  |  |  |  |
| Перегрев | трансформатора. | а) Трансформатор |  |  | а) Проверить режим нагрузки. |
| Температура | масла | выше | перегружен. |  |  | Нагрузка | не | должна |
| допустимой. |  |  | б) Плохой теплоотвод с | превышать номинальной. |
|  |  |  | поверхности | бака | и | б) Очистить пыль с радиаторов |
|  |  |  | радиаторов. |  |  | и бака. |  |  |
|  |  |  | в) Слишком высокая |  | в) | Усилить |  | вентиляцию |
|  |  |  | температура |  |  | трансформаторного |
|  |  |  | трансформаторного |  | помещения. |  |  |
|  |  |  | помещения. |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Сниженный | уровень | масла в | Течь масла. |  |  | Устранить течь. Долить масло |
| расширителе. |  |  |  |  |  |  | до нормального уровня. |
|  |  |  |  |  |
| Неравномерный повышенный | а) Нарушение режима питания | а) | Восстановить | нормальный |
| шум внутри трансформатора. | и | нагрузки трансформатора. | режим |  | работы. |
|  |  |  | б) | Ослабла | прессовка | б) | Проверить | прессовку |
|  |  |  | магнитопровода | или ослабло | магнитопровода, | замеченные |
|  |  |  | крепление отдельных | деталей | ослабления подтянуть. |
|  |  |  | магнитопровода. |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |
| Срабатывание газовой защиты. | а) Выделение остатков воздуха | а) Определить состав газа. |
|  |  |  | после монтажа. |  |  | б) Найти причину снижения |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | б) Снижение уровня масла в | уровня масла и устранить ее. |
|  | расширителе. |  | Долить масло в расширитель. |
|  | в)Возможна | внутренняя | в) | При | необходимости |
|  | неисправность. |  | произвести | пробное |
|  |  |  | включение в ре- |
|  |  |  | жиме холостого хода и опыта |
|  |  |  | короткого замыкания (жела- |
|  |  |  | тельно при плавном подъеме |
|  |  |  | напряжения), для определения |
|  |  |  | места повреждения (обмот- |
|  |  |  | ка, контактные соединения, |
|  |  |  | магнитопровод). |
|  |  |  |  |  |  |

Трансформаторное масло очищают от механических примесей и влаги с помощью специальных аппаратов — центрифуги и фильтр-пресса. Масло проверяют, периодически отбирая пробы из крана на выходном патрубке фильтр-пресса.

Для повышения качества и электрической прочности трансформаторное масло сушат в циалитовой установке, рисунок 2. Сушка выполняется фильтрованием масла через слой молекулярных сит, находящихся в адсорберах, которые заполнены гранулированным цеолитом. Фильтруемое масло подогревается электронагревателем.

Сушка в цеолитовой установке весьма эффективна, так как только за один цикл фильтрования позволяет увеличить пробивное напряжение масла с 8–10 до 50 кВ и выше. Такую установку для сушки трансформаторного масла применяют на больших ремонтных предприятиях в случае необходимости переработки большого количества масла.



**Порядок выполнения работы**

1. Изучить причины возникновения основных неисправностей и способы их устранения.
2. Студентам получить задание у преподавателя на проведение текущего ремонта установленной мощности и изучить соответствующую технологическую карту.
3. Преподавателю выдать наряд — допуск формы ЭУ-44 на проведение ТР трансформатора и проинструктировать бригаду, объясни в порядок и условия выполнения работы.
4. Бригадам под наблюдением преподавателя выполнить постав-

ленную задачу: выполнить наружный осмотр трансформатора, выявить и устранить мелкие дефекты в арматуре, системе охлаждения, навесных устройствах, подтянуть крепления, проверить отсутствие или наличие течи масла, измерить сопротивления изоляции обмоток, в соответствии с указаниями теоретических сведений, изучить устройство цеолитовой установки.

1. По таблице 4 подобрать способ устранения выявленных повреждений трансформатора.
2. Оформить отчет о проделанной работе.
3. Сделать вывод о проделанной работе.

**Контрольные вопросы**

1. Назовите назначение трансформатора с сухой литой изоляцией.
2. Перечислите достоинства трансформатора с сухой литой изоляцией.
3. Назовите основные части трансформатора с сухой литой изоляцией.
4. Укажите цель проведения измерения изоляции трансформатора.
5. Назовите причины повышения температуры трансформаторного масла выше нормы.
6. Назовите причины срабатывания газовой защиты.
7. Назовите причины появления постороннего шума внутри трансформатора.

**Практическое занятие №5**

Тема: Допуск к работе по текущему ремонту силового трансформатора. Текущий ремонт силовых трансформаторов (без указания типа изоляции).

Цель: приобретение практических навыков в организации безопасных условий труда по текущему ремонту силового трансформатора.

*Оборудование и материалы:* оперативная схема, заявка на вывод в ремонт трансформатора,наряд-допуск формы ЭУ-44, лаборатория электрических подстанций силовой трансформатор, инструкционная карта, инструменты и приспособления, технологическая карта № 2.2. сборника технологических карт на работы по текущему ремонту оборудования тяговых подстанций.

**Краткие теоретические сведения**

Работа по текущему ремонту трансформатора оформляется нарядом — допуском формы ЭУ-44. После выписки наряда производитель работ получает инструктаж у лица, выдавшего наряд. Оперативный персонал готовит рабочее место, выполняя технические мероприятия по обеспечению безопасности ремонтного персонала,

* последующей проверкой производителем работ. После чего производится допуск бригады к работе.

Производитель работ проводит инструктаж членам бригады и четко распределяет обязанности между ними.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

1. Оформление работ нарядом-допуском, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации; 2. Допуск к работе;

3. Надзор во время работы;

4. Оформление перерывов в работе, перевода на другое место, окончания работы.

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

1. Произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
2. На приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
3. Проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены

для защиты людей от поражения электрическим током;

Наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);

1. Вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

Текущий ремонт выполняется в плановом порядке по графикам, утвержденным руководителем энергетической службы. При этом, во избежание неоправданных операций по разборке оборудования, при текущих ремонтах максимально использовался диагностические методы контроля состояния электрооборудования. Текущий ремонт выполняется за счет и по смене эксплуатационных расходов.

Разборку начинают с демонтажа газового реле, предохранительной трубы, термометра, расширителя и других устройств, и деталей, расположенных на крышке трансформатора.

**Порядок выполнения работы**

1. Оформить заявку, уведомление и приказ на текущий ремонт силового трансформатора (приложение 4).
2. По оперативной схеме, заполнить наряд-допуск.
3. Оформить в наряде действия допускающего и производителя работ.
4. Оформить допуск к работе, окончание работы.
5. Перечислить подробно организационные и технические мероприятия.

6. Изучить краткие теоретические сведения.

7. Последовательность и особенности ремонта основных элементов трансформатора выполнить

* соответствии со справочником по ремонту электрооборудования О. Н. Портала, стр.101–117. 8. Подобрать инструменты и приспособления в соответствии технологической картой № 2.2 сборника технологических карта работы по текущему ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных ж. д.

9. На основании оформленного наряда-допуска провести инструктаж членам бригады и четко распределить обязанности между ними.

10. Провести внешний осмотр трансформатора (состояние фундамента, крепление заземления, отсутствие течи масла).

11. Проверить маслоуказательные устройства (уплотнения и целостность маслоуказательной стеклянной трубки расширителя, протереть стекло, заменить резиновые прокладки, проверить показания стрелочных указателей).

12. Протереть и проверить состояние трансформатора и арматуры устранить неисправности.

Очистить изоляторы трансформаторов, определить остро дефектные изоляторы.

13. Отсоединить поочередно шины с низкой и с высокой стороны трансформатора, закрепить их от выводов на расстоянии, достаточном для испытания изоляции обмоток.

14. Проверить сопротивление изоляции обмоток.

15. Сделать вывод.

16. Оформить отчет о проделанной работе.

**Контрольные вопросы**

1. Перечислите организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках.
2. Перечислите технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках.
3. Какую информацию должна содержать заявка на работу по ТР силового трансформатора?
4. В какой срок подается заявка на плановый ремонт силового трансформатора?
5. Укажите действия допускающего и производителя работ.

6. Назовите назначение силовых трансформаторов и условия их выбора для установки.

7. Какие работы входят в объем ТР силового трансформатора?

8. Назовите категорию работ по ТР силового трансформатора.

9. Перечислите возможные неисправности силового трансформа-тора и причины их возникновения.

**Практическое занятие № 6**

Тема: Текущий ремонт привода высоковольтного выключателя.

Цель: Изучение проведения текущего ремонта привода высоковольтного выключателя типа ВМПЭ-10.

Оборудование и материалы: технологическая карта № 3.3 , инструменты, средства защиты, высоковольтный выключатель типа ВМП-10, ветошь, щуп, напильник, мелкая наждачная шкурка, смазка ЦИАТИМ, лак изоляционный, скребок, элетросекундомер, ключи гаечные, плоскогубцы комбинированные.

Управляется выключатель электромагнитным приводом постоянного тока, встроенным в раму выключателя. Оперативное включение осуществляется за счет энергии включающего электромагнита, а отключение — за счет отключающих пружин и пружинного буфера, которые срабатывают при воздействии отключающего электромагнита или кнопки ручного отключения на защелку привода, удерживающую выключатель во включенном положении. Электромагнитный привод, ( рис. 1), предназначен для дистанционного и автоматического включения и отключения выключателей. Недостатком электромагнитных приводов является значительный ток, потребляемый катушками включения (до 100 А). При ремонте приводов внимательно осмотреть все их части для выявления возможных неисправностей. Особое внимание обратить на детали, несущие самую большую нагрузку, и на трущиеся поверхности зацепления. Разбирают не весь привод, а только те части, которые мешают устранению неисправностей. Для удаления пыли и старой смазки механизм привода протирают чистой тряпкой, смоченной в бензине или керосине. Новую смазку ЦИАТИМ наносят тонким слоем, удаляя излишки, разрешается использовать трансформаторное масло. Если имеется повышенный люфт в осях, их заменяют новыми. Винты и гайки подтягивают. После ремонта и регулировки проводят испытание привода.



Проверка одновременности замыкания и размыкания контактов выключателя производится также по схеме (рис. 2). Одновременность замыкания и размыкания контактов определяется при

медленном ручном включении и отключении выключателя по меткам, наносимым при загорании

* погасании ламп, фиксирующих моменты замыкания и размыкания соответствующих контактов выключателя они должны соответствовать заводским данным.



Порядок выполнения работы:

* 1. Познакомиться с техническими характеристиками высоковольтного выключателя переменного тока.
1. Произвести измерение переходного сопротивления постоянному току. Полученные данные записать в таблицу 1, сравнить с паспортными. В случае несоответствия предложить меры по устранению.
	1. Выполнить проверку времени движения подвижных частей масляного выключателя, для чего собрать схему, (рис. 1). Полученные данные записать в таблицу 1, сравнить с паспортными.

**Контрольные вопросы**

* + 1. Как уменьшить переходное сопротивление контактов?
	1. Каким испытаниям подвергают трансформаторное масло?
1. С какой целью выполняют профилактические испытания?
	1. Какие испытания выполняют на высоковольтных выключателях?
		1. Какие измерительные приборы применяют для измерения переходного сопротивления контактов?

**Практическое занятие №7**

Тема: Технологическая карта на текущий ремонт высоковольтного масляного выключателя

Цель: научиться пользоваться технологическими картами при текущем ремонте высоковольтного масляного выключателя

Порядок выполнения работ:

1. Определяем состав исполнителей;
2. Условия выполнения работы;
3. Защитные средства, приборы, инструменты, приспособления и материалы, используемые при техническом ремонте трансформатора;
4. Определяем подготовительные работы;
5. Последовательность технологического процесса при ремонте выключателя;
6. Окончание работы.
7. **Состав исполнителей:**

Электромеханик – 1 чел.; Электромонтер 3 гр. – 1 чел.

1. **Условия выполнения работ** Работы выполняются:

2.1. Со снятием напряжения

2.2. По наряду

* 1. **Защитные средства, приборы, инструменты, приспособления и материалы.**

Каски защитные, предохранительный пояс, лестница, ПЗ, диэлектрические перчатки, мегаомметр на напряжение 1000 и 2500 В., секундомер, уровень, насос, гаечные ключи, плоскогубцы комбинированные, отвертки, кисточки, емкость для сливов осадков, емкости для отбора проб масла, силикагель индикаторный, смазка ЦИАТИМ, уайтспирит, влагомаслостойкий лак(эмаль), запасные маслоуказательные стекла, резиновые прокладки, ветошь и обтирочный материал.

1. **Подготовительные работы и допуск к работе**

4.1.На кануне выполнения работ подать заявку на вывод в ремонт высоковольтного масляного выключателя;

4.2.Проверит исправность и сроки годности защитных средств, приборов, подготовить инструмент, монтажные приспособления и материалы;

4.3.После выписки наряда производитель работ получает инструктаж от лица, выдающего наряд;

4.4.Оперативному персоналу выполнить подготовку рабочего места. Производителю работ проверит выполнение технических мероприятий по подготовке рабочего места;

4.5.Произвести допуск бригады к работе;

4.6.Производителю работ провести инструктаж членам бригады и четко распределить обязанности между ними.

1. **Схема последовательного технологического процесса.**
	1. Внешний осмотр выключателя и привода с проверкой состояния заземления. Осмотреть выключатель и привод, проверить уровень масла и отсутствие течи масла в полюсах

выключателей, отсутствие сколов изоляторов. Допускаются сколы изоляции не более 3 см2и царапины длиной не более 25 мм и глубиной 0,5 мм. На все сколы и царапины изоляторов нанести защитное покрытие эмалью № 1201 или влагомаслостойким лаком. Подтянуть болтовые крепления заземлений, убедиться в надежности сварных соединений.

* 1. Проверка исправности маслоуказательных устройств. Проверить уровень масла в баке и целостность маслоуказательного стекла. Если стекло загрязнено снять его и очистить мыльным раствором или уайт-спиритом. При необходимости заменить резиновые уплотнения. Установить маслоуказательное стекло на место.
	2. Проверка состояния контактных и механических соединений элементов. Проверить надежность соединений катушки включения и отключения, аппаратных зажимов. Подтянуть болтовые соединения электромагнита включения. Проверить крепление привода к баку выключателя и отсутствие трещин на сварных швах и в местах крепления. Выявить места нагрева контактов на выводных шпильках проходных изоляторов. Греющиеся контакты перебрать.
	3. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток катушек включения и отключения. Не отсоединяя выводы катушек включения и отключения, зажим «З» мегаомметра на напряжение 1000 В заземлить на корпус выключателя, зажим «Л» подсоединить к выводам катушки отключения. Подать напряжение на обмотку и зафиксировать время его подачи. Отсчитать по шкале мегаомметра величину сопротивления изоляции через 60 с. Аналогично измерить изоляцию катушки включения и вторичных цепей. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1 Мом. Если оно меньше, то выявить причину и устранить ее. Измерить сопротивление изоляции кабеля питания подогрева. Оно должно быть не менее 0,5 Мом.
	4. Измерение времени включения и отключения выключателя. Собрать схему и змерить время движения подвижных частей выключателя. Значение времени движения не должно отличаться от паспортных данных более чем на ±10%. Разобрать схему измерения.
	5. Замена смазки в доступных местах. Очистить шарниры выключателя и привода от старой смазки и нанести смазку ЦИАТИМ.
	6. Осмотр и чистка внутренних частей выключателя (для выключателей ВМК и ВМУЭ). Слить

масло и разобрать масляный выключатель. Разобрать и при необходимости отремонтировать 40

дугогасительные камеры. Осмотреть и заменить неисправные резиновые прокладки. Зачистить или заменить контакты. Собрать выключатель. Проверить целостность спирали ТЭН подогрева масла в выключателе.

1. Протирка изолирующих тяг и внутренних поверхностей опорных покрышек. Протереть изолирующие тяги и внутренние поверхности фарфоровых покрышек обтирочным материалом,

смоченным бензином или уайт-спиритом.

1. Испытание повышенным напряжением изолирующих тяг (для выключателей типа ВМК и ВМУЭ). Подключить испытательный аппарат и испытать электрическую прочность тяг напряжением 80 кВ переменного тока в течение 1 минуты. При этом не должно быть перекрытий и нагрева тяги.
2. Промывка основания выключателя маслом (для выключателей типа ВМК и ВМУЭ).

Промыть основание выключателя маслом 2-3 раза.

1. Проверка работы масляного (пружинного) буфера. Проверить исправность масляного и пружинного демпферов привода. Опустить шток масляного демпфера нажатием руки. Если обнаружен всплеск масла из буфера, то масло необходимо долить.
2. Замена или доливка трансформаторного масла (при необходимости). Залить в выключатель сухое трансформаторное масло до уровня 2/3 края маслоуказательного стекла.

Пробивное напряжение масла должно быть не менее 35 кВ.

1. Удаление пыли и грязи с фарфоровой изоляции и наружных частей выключателя.

Очистить фарфоровую изоляцию и наружные части выключателя чистой ветошью, смоченной уайт-спиритом.

1. Опробование выключателя на включение и отключение. Проверить работу выключателя трехкратным включением и отключением со щита управления. В случае неудовлетворительной работы выключателя отрегулировать привод.
2. **Окончание работы.**
3. Собрать приборы, инструменты, приспособления и материалы.
4. Возвратиться в щитовую тяговой подстанции.
5. Сдать рабочее место допускающему и закрыть наряд.
6. Результаты проведенных измерений оформить протоколом.

**Контрольные вопросы.**

1. Как производится проверка маслоукательных устройств?
2. Как производится проверка состояния контактных и механических соединений элементов?
3. Как выполняют замену трансформаторного масла?

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | **Практическое занятие № 8** |  |  |
| Тема: Текущий ремонт элегазового выключателя. |  |  |  |
| Цель: Изучить порядок текущего ремонта элегазового выключателя. |  |
| Ремонт элегазовых выключателей. |  |  |  |  |
| 1.Проверка | и | выравнивание |  | давление | элегаза. |
| 2. | Проверка герметичности полюсов баков и всех соединений газовой системы, |
| устранение |  | выявленных |  | утечек. |
| 3. | Проверка работы анти конденсационных и низкотемпературных подогревателей, |
| устранение |  | выявленных |  |  | дефектов. |
| 4. | Проверка | работы | мониторов | давления | газа, | регулировка. |

5. Очистка изоляторов вводов от внешних загрязнений, проверка отсутствия трещин и сколов.

6. Ревизия привода (выявление изношенных или дефектных деталей – узлов включающей и отключающей защелок, узла конических шестерен, червяка и червячного колеса, включающего и отключающего кулачков, передаточного ролика, смазка трущихся узлов привода, проверка состояния щеток двигателя) и устранение выявленных дефектов.

7. Измерение переходного сопротивления контактов.

8. Опробование работы выключателя в сборе.

Текущий ремонт элегазовых выключателей ВГТ и ВЭБ.

1. **Состав исполнителей.**

Электромеханик – 1

Электромонтер тяговой подстанции 4 разряда -1 Электромонтер тяговой подстанции 3 разряда -1

(персонал должен пройти специальную подготовку для работы с газом под давлением)

1. **Условия выполнения работы.**

Работа выполняется:

Со снятием напряжения.

По наряду.

1. **Защитные средства, приборы, инструменты, приспособления и материалы.**

Микроомметр (0-1000 мкОм), гигрометр ИВА-1, отвертки, ключи гаечные, линейка измерительная, штангенциркуль, стеклянное полотно, молоток слесарный, смазка ЦИАТИМ, уайт-спирит, изоляционный лак, ткань безворсовая, ветошь обтирочная, лестница-стремянка.

1. **Подготовительные работы и допуск к работе.**
2. Накануне выполнения работ подать заявку на вывод в ремонт выключателя.
3. Проверить исправность и сроки годности защитных средств, приборов, подготовить инструмент, монтажные приспособления и материалы.
4. После выписки наряда производителю работ получить инструктаж у лица, выдавшего наряд.
5. Оперативному персоналу выполнить подготовку рабочего места. Производителю работ проверить выполнение технических мероприятий по подготовке рабочего места.
6. Произвести допуск бригады к работе.
7. Производителю работ провести инструктаж членам бригады и четко распределить обязанности между ними.
8. **Схема последовательного технологического процесса.**

1.Внешний осмотр выключателя. При внешнем осмотре выключателя убедится в отсутствии трещин на изоляционных деталях и в отсутствии механических повреждений. Подтянуть болтовое крепление заземления, проверить надежность его сварных соединений. Проверить исправность и надежность крепления стационарных лестниц, крепления привода, при необходимости подтянуть болты.

2.Замер влажности элегаза в колоннах выключателя. Согласно инструкции, замерить гигрометром влажность элегаза в колоннах выключателя. Влажность элегаза по точке росы должна быть не выше - 45˚С при атмосферном давлении.

3.Проверка давления предупредительной сигнализации. Проверку проводят при снижении давления в выключателе со скоростью не более 0,01 мПа в минуту, контролируя давление сигнализатором. Сигнализатор должен дать сигнал о необходимости пополнения выключателя газом при давлении 0,34 мПа. При снижении давления до 0,32 мПа должны сработать контакты сигнализатора, блокирующие управление приводом. Если отклонение уровней сигнализации и блокировки отличаются более чем на 0,01 мПа от нормируемых значений, прибор подлежит замене.

4.Проверка состояния фарфоровой изоляции с ее очисткой. Снизить давление в колоннах выключателя до 0,15 мПа. При помощи лестницы-стремянки осмотреть изоляторы выключателя. Незначительные сколы фарфора закрасить изоляционным лаком. Если на изоляторах обнаружены трещины или повреждения, которые могут привести к выходу выключателя из строя, изолятор необходимо заменить.

Очистить изоляторы водой с моющими средствами, после чего обильно промыть чистой водой.

1. Проверка уплотнений кожуха передаточного устройства. Проверить все резиновые уплотнения кожуха передаточного устройства. Если они имеют трещины или видны следы проникновения влаги во внутреннюю полость кожуха, дефектные уплотнения следует заменить.
2. Проверка контактных соединений. Проверить затяжку резьбовых соединений подходящих и отходящих шлейфов выключателя. Проверить затяжку болтов фланцевых соединений колонн, контргайки тяг горизонтальной передачи, крепления сигнализаторов и их кожухов, колпака, отключающего механизма к раме.
3. Измерение электрического сопротивления главной цепи токопровода выключателя. Включить выключатель. Микроомметром проверить сопротивление цепи между выводами каждого полюса. Оно должно быть не более: 45 мкОм для выключателей ВБЭ и 130мкОм – для выключателей ВГТ. Если значение сопротивления больше нормы, то полюс подлежит ремонту с зачисткой контактных соединений.
4. Заполнение выключателя газом, проверка его работы. Пополнить колонны газом до давления 0,4 мПа. Убедиться, что блокировка снимается при давлении выше 0,32 мПа, а сигнал о необходимости пополнения газом прекращается при давлении выше 0,34 мПа. Проверить работу выключателя пятикратным включением и отключением при номинальном напряжении на зажимах цепей управления.
5. Проверка технического состояния привода. Произвести осмотр привода в отключенном и включенном положениях. Выполнить контрольную подтяжку резьбовых соединений. В том числе клеммных зажимов.
	1. **Окончание работ.**
6. Собрать приборы, инструменты, приспособления и материалы.
7. Возвратиться в щитовую тяговой подстанции.
8. Сдать рабочее место допускающему и закрыть наряд.
9. Результаты проведенных измерений оформить протоколом.

**Контрольные вопросы.**

* 1. Как производится замер влажности элегаза в колоннах выключателя?
	2. Как производится проверка уплотнений кожуха передаточного устройства?
	3. Как производится проверка технического состояния привода?

**Практическое занятие № 9**

Тема: Текущий ремонт вакуумного выключателя напряжением 10 кВ.

Цель: Изучить порядок текущего ремонта вакуумного выключателя напряжением 10 кВ.

**Текущий ремонт вакуумных выключателей.**

Текущий ремонт вакуумных выключателей полностью зависит от встроенного в них привода, так как эрозия контактов самого выключателя под действием дуги незначительна, проблема ухудшения вакуума на протяжении длительного времени эксплуатации решена, срок службы вакуумных выключателей практически неограничен и необходимость ревизий и ремонта его на весь срок службы отсутствует.

Хотя ремонт проводится не реже одного раза в год, он практически повторяет работы, выполняемые при осмотрах, лишь при необходимости выполняют регулировку момента срабатывания вспомогательных контактов и зазоров в механизме блокировки. Так же, как и масляные выключатели, вакуумные имеют свой механический и коммутационный ресурс, по выработке которого оборудование требует внеочередного ремонта.

**Текущий ремонт вакуумных выключателей ВВЭ**

1. **Состав исполнителей.**

Электромеханик -1

Электромонтер тяговой подстанции 4 разряда – 1

1. **Условия выполнения работ.**

Работа выполняется: Со снятием напряжения по наряду

1. **Защитные средства, приборы. Инструмент, приспособления и материалы.**

Микроомметр на напряжение 1000 в, отвертки, ключи гаечные, линейка измерительная, штангенциркуль, динамометр, набор щупов, смазка ЦИАТИМ, уайт-спирит, ветошь обтирочная.

1. **Подготовительные работы и допуск к работе.**
	1. Накануне выполнения работ подать заявку на вывод в ремонт выключателя.
	2. Проверить исправность и сроки годности защитных средств, приборов, подготовить инструмент, монтажные приспособления и материалы.
2. После выписки наряда производителю работ получить инструктаж у лица,

выдавшего наряд.

* + 1. Оперативному персоналу выполнить подготовку рабочего места. Производителю работ проверить выполнение технических мероприятий по подготовке рабочего места.
		2. Произвести допуск бригады к работе.
		3. Производителю работ провести инструктаж членам бригады и четко распределить обязанности между ними.
1. **Схема последовательного технологического процесса.**
	1. Внешний осмотр выключателя. Провести внешний осмотр выключателя. Очистить от пыли и грязи поверхности вакуумной дугогасительной камеры КДВ, изоляционных частей кистью и мягкой ветошью, смоченной в уайт-спирите. Смазать трущиеся поверхности и резьбовые соединения смазкой. Проверить и подтянуть крепежные детали.
	2. Проверка износа контактов камеры вакуумной дугогасительной (КДВ). Износ контактов камеры определить во включенном положении выключателя штангенциркулем как разность расстояний между подвижным контактом и произвольно выбранной точкой отсчета, измеренных до начала эксплуатации и во время контрольной проверки. Эти размеры должны быть занесены в паспорт выключателя.
	3. Проверка хода подвижных контактов выключателя. Провести регулировку хода подвижных контактов. Для этого расстопорить гайки, выкрутить нижнюю гайку до гарантированного замыкания контактов КДВ. Установить зазор 10-11 мм между верхней гайкой и шайбой. Разомкнуть контакты КДВ, затянуть нижнюю гайку, застопорить обе гайки стопорными шайбами.
	4. Регулировка момента срабатывания блок-контактов сигнализации. Очистить блок-

контакты от пыли и грязи. Отрегулировать во включенном положении выключателя момент срабатывания блок-контактов изменением длины шпильки. Для этого отсоединить шпильку, установить зазор 1-1,5 мм и соединить шпильку с валом. Одновременность срабатывания блок-контактов каждой группы регулируется прокладками.

1. Проверка состояния привода выключателя. Произвести проверку привода в соответствии с инструкцией завода-изготовителя. Мегаомметром на напряжение 1000 В проверить сопротивление изоляции цепей включения и отключения. Оно должно быть не менее 1 Мом.
2. Измерение времени включения и отключения выключателя. Собрать схему и

измерить время движения подвижных частей выключателя. Значение времени движения 46не должно отличаться от паспортных данных более чем на ± 10%. Разобрать схему измерения.

* 1. Опробование выключателя на включение и отключение. Проверить работу выключателя трехкратным включением и отключением со щита управления. В случае неудовлетворительной работы выключателя отрегулировать привод.
1. **Окончание работы.**

1.Собрать приборы, инструменты, приспособления и материалы.

2.Возвратиться в щитовую тяговой подстанции.

3.Сдать рабочее место допускающему и закрыть наряд.

4.Результаты проведенных измерений оформить протоколом.

**Контрольные вопросы.**

1. Как проводят проверку износа контактов камеры вакуумной дугогасительной камеры?
2. Как производят проверку хода подвижных контактов выключателя?
3. Как проводят проверку состояния привода выключателя?

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

**Основные источники**

1. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства: учеб. пособие для студ. среднего проф. образования по специальности электрификация и автоматизация сельского хозяйства / Т.Б. Лещинская. – 2 –е изд., стереотип. – М.: КолосС, 2008 . – 368 с.
2. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование электростанций и подстанций: учебник для студ. среднего проф. образования/ Л. Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В.Чиркова. – М.: Академия,

2008. – 448 с.

**Дополнительные источники** Учебники:

1. Акимова, Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: учеб. пособие для сред. проф. образования / Н.А.Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин. – 7 – е изд., стер. – М.: Издательский центр Академия, 2011. – 304с.
2. Воробьев, В.А.Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации: учеб. пособие для средних учеб. заведений / В.А Воробьев. – М.: КолосС, 2005. – 336 с.
3. Кацман, М.М. Электрические машины: учеб. пособие для студ. среднего проф. образования / М.М. Кацман. – 9 –е изд., стереотип. – М.: Академия, 2008 . – 496 с.
4. Коломиец, А.П. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации: учебник / А.П.Коломиец, Н.П.Кондратьева, С.И.Юран, И.Р.Владыкин. – М.: КолосС, 2007. – 351с.
5. Конюхова, Е. А. Электроснабжение объектов: учеб. пособие для студ. среднего проф. образования/ Е. А. Конюхова. – М.: Мастерство, 2006. – 320 с.
6. Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве: учеб. для среднего проф. образования/ А.П Коломиец [ и др. ]; под общей ред. А.П Коломиец. – М.: Академия , 2005. – 368с.
7. Эксплуатация электрооборудования: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Г.П. Ерошенко [ и др. ]; под общей ред. Г.П. Ерошенко . – М.: КолосС, 2007. – 344с. Справочники:
8. Москаленко, В. В. Справочник электромонтера / В. В. Москаленко. – М.: Академия, 2004.

– 288 с.

1. Ополева, Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: учеб.пособие. – М.: ИД ФОРУМ:ИНФРА-М, 2009. – 480с.
2. Шеховцев, В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению / В. П. Шеховцев. – М.: ФОРУМ:ИНФРА - М, 2008. – 136 с.

**Интернет – ресурсы**

1. Вся электрика от А до Я. [Электронный ресурс] // [сайт] / Компания 21 век – 220В. –

Режим доступа: http://www.21vek-220v.ru

1. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов Электронный ресурс **/** ФГАУГНИИ ИТТ "Информика», 2006. – Режим доступа: http://school-collection.edu.ru
2. Журнал для руководителей высшего звена и специалистов предприятий промышленности «PROэлектричество» [Электронный ресурс] РА Фокус группа, 2004. – Режим доступа: http://www.pro.focus-group.by
3. Информационная система Все об электротехнике [Электронный ресурс] // [сайт] / ООО

"Ай Би Тех" – 2000. – Режим доступа: http://www.ielectro.ru

1. Новости электротехники. Информационно – справочное издание Электронный ресурс – Режим доступа: http://www.news.elteh.ru
2. Справочник электрика и энергетика [Электронный ресурс] // [сайт] / Электротехнический портал – 2003. – Режим доступа: www.elecab.ru