

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ
Директор
/ С.А. Махновский
08.02.2023г

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА**

**МДК.01.02 Эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных и гражданских
зданий**

для обучающихся специальности

**08.02.09 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и
гражданских зданий**

Магнитогорск, 2023

ОДОБРЕНО

Предметно-цикловой комиссией
«Монтаж и эксплуатации электрооборудования»
Председатель Л.А.Закирова
Протокол № 6 от 25.01.2023

Методической комиссией МпК

Протокол № 4 от 08.02.2023

Разработчик:

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж

Б.Ф. Самойлов

Методические указания по выполнению практических занятий разработаны на основе профессионального модуля ПМ.01 “Организации и выполнение работ по эксплуатации и ремонту электроустановок” междисциплинарного курса МДК.01.02 “Эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных и гражданских зданий”

Содержание практических занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 08.02.09 “Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий” (базовая подготовка) и овладению профессиональными компетенциями.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическое занятие № 1. Оперативные переключения в распределительных устройствах	6
Практическое занятие № 2. Ремонт двигателей постоянного тока	10
Практическое занятие № 3. Ремонт двигателей переменного тока	13
Практическое занятие № 4, Пропитка и сушка обмоток электрических машин	16
Практическое занятие № 5. Виды и причины повреждения пускорегулирующей аппаратуры	19
Практическое занятие № 6. Виды неисправности электропривода	22
Практическое занятие № 7. Измерение сопротивления изоляции кабеля и заполнение пусконаладочных протоколов	26
Практическое занятие № 8. Ремонт силовых трансформаторов	32
Практическое занятие № 9. Эксплуатация трансформаторного масла	38
Практическое занятие № 10. Режимы работы силовых трансформаторов	42
.....	

1. ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические занятия.

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности).

В соответствии с рабочей программой ПМ.01 “Организация и выполнение работ по эксплуатации и ремонту электроустановок”, МДК0.1.02 “Эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных и гражданских зданий” предусмотрено проведение практических занятий. В рамках практического/ занятия обучающиеся могут выполнять одну или несколько практических работ.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

У4. производить электрические измерения на различных этапах эксплуатации электроустановок;

У7. планировать мероприятия по выявлению и устранению неисправностей с соблюдением требований техники безопасности

У8. планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования

У9. планировать ремонтные работы;

У10. выполнять ремонт электроустановок с соблюдением требований техники безопасности;

У11. контролировать качество выполнения ремонтных работ;

Содержание практических занятий ориентировано на формирование общих компетенций по профессиональному модулю программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями**:

ПК 1.3 Организовывать и производить ремонт электроустановок промышленных и гражданских зданий,

а также формированию **общих компетенций**:

- ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
- ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
- ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях
- ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде
- ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста
- ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

Выполнение обучающимися практических работ по ПМ.01 “Организация и выполнение работ по эксплуатации и ремонту электроустановок” МДК01.02

“Эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных и гражданских зданий” направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами для проведения опытов;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 2.1. Организация эксплуатации и ремонта электроустановок

Практическое занятие № 1

Оперативные переключения в распределительных устройствах

Цель работы:

Изучить основные правила и порядок оперативных переключений в распределительных устройствах

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования;
- планировать ремонтные работы.

Материальное обеспечение: Конспект, учебник

Краткие теоретические сведения

Оперативные переключения производят в РУ при необходимости изменения схемы электрических соединений, при выводе оборудования в ремонт, а также при ликвидации аварий. Они являются одной из наиболее ответственных операций, выполняемых оперативным (дежурным) персоналом электростанций и подстанций.

Особенность оперативных переключений состоит в том, что их приходится вести в действующих РУ, а электрооборудование при этом находится под напряжением и под нагрузкой. Любая ошибка в этих условиях может стать причиной крупной аварии и несчастных случаев с персоналом.

Наиболее распространенными ошибками при переключениях, которые влекут за собой тяжелые последствия как для лица, производящего переключения, так и для оборудования, являются:

- а) ошибочное отключение разъединителя под током при отсутствии параллельной ветви (например, при отключенном шинносоединительном выключателе (ШСВ). *Ошибочное отключение разъединителя под током ведет к образованию дуги в месте разрыва, которая легко перебрасывается на соседние фазы и образует короткое замыкание;*
- б) ошибочное включение находящегося под напряжением шинного разъединителя на заземленную систему шин (СШ), выведенную в ремонт;
- в) подача напряжения при наличии в цепи короткого замыкания, включенного заземляющего ножа или неснятого переносного заземления.

Согласно правилам технической эксплуатации на щитах управления электростанций и подстанций должны находиться оперативные схемы (схемы-макеты) электрических соединений станций и подстанций, на которых отражено действительное положение всех аппаратов, в том числе положение заземляющих ножей, а также указаны места наложения заземлений. Все изменения в схеме соединений должны быть внесены в оперативную схему (схему-макет) после проведения операций.

Все операции с оборудованием, в том числе и переключения, производятся по распоряжению вышестоящего оперативного персонала, в оперативном подчинении которых оно находится. Лицо, получившее распоряжение на производство переключений, обязано повторить его и получить подтверждение в том, что распоряжение понято им правильно. Получение задания записывается в оперативный журнал или на пленку

звукозаписи (при наличии звукозаписи переговоров), последовательность выполнения операций уточняется по суточной оперативной схеме, и составляется программа или бланк переключений.

В установках напряжением выше 1000 В переключения проводят по бланку переключений при отсутствии блокировочных устройств или их неисправности, а также при *сложных* переключениях, в том числе при переводе более одного присоединения с одной системы шин на другую независимо от наличия или отсутствия блокировочных устройств. К сложным относятся переключения, требующие строгой последовательности операций с коммутационными аппаратами, заземляющими разъединителями и устройствами релейной защиты, противоаварийной и режимной автоматики. Например, перевод всех присоединений с одной системы шин на другую при помощи шиносоединительного выключателя и без него, включение и отключение трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов, частичный перевод присоединений с одной системы шин на другую, замена выключателя обходным и т.д. Перечни сложных переключений утверждаются техническими руководителями соответствующих АО-энерго и должны храниться на диспетчерских пунктах АО-энерго, центральных (главных) щитах электростанций и подстанций.

Бланк переключений является оперативным документом. В нем в технологической последовательности указываются все операции с коммутационными аппаратами и цепями оперативного тока, устройствами релейной защиты и автоматики, операции по проверке отсутствия напряжения, операции по наложению и снятию заземлений, замеру сопротивления изоляции оборудования и т.д. Каждая операция, вносимая в бланк, должна иметь порядковый номер. Заполненный бланк подписывается участниками переключений и берется в РУ, где предстоит выполнение переключений. На каждое задание должен быть выписан отдельный бланк переключений.

Сложные переключения на электростанциях и подстанциях должны выполнять два лица, одно из которых является контролирующим. Контролирующим лицом при этом назначается старший по должности. Ответственность за правильность переключений возлагается на оба лица, проводящих переключения.

Переключения по бланку производят в следующем порядке:

- на месте переключений персонал проверяет по надписи наименование присоединения и название оборудования. *Переключения по памяти без проверки надписи на оборудовании недопустимы.*

- убедившись в правильности выбранного присоединения и аппарата, контролирующее лицо, находящееся позади производящего переключения, громко и отчетливо зачитывает по бланку содержание операции;

- производящий переключения повторяет содержание операции;

- производящий переключения, получив подтверждение контролирующего лица, выполняет операцию;

- контролирующий делает отметку о выполнении операции в бланке переключений и зачитывает содержание следующей операции;

- производящий переключения направляется к месту следующей операции, контролирующий следует за ним и проверяет, подошел ли он к тому объекту, на котором предстоит произвести следующую операцию;

- об окончании переключений сообщается лицу, отдавшему распоряжение о переключении. Сообщение производится лично или по телефону (радио).

Исполнителю перед выполнением переключения разъясняют порядок и последовательность предстоящих действий. При переключениях необходимо помнить, что высоковольтный выключатель и разъединитель предназначены для разных функций — разъединитель не предназначен для отключения или включения электросети с нагрузкой. Если его использовать для этой цели, это приведет к образованию дуги, которая перебросится на соседние фазы, вызывая короткое замыкание. Замыкание и размыкание

нагрузочной цепи является операцией, для которой предназначен силовой выключатель, имеющий специальное дугогасящее устройство. Перед операцией разъединителем предварительно убеждаются, что выключатель действительно находится в отключенном положении. Разъединитель необходимо включать быстро, доводя операцию до конца даже при возникновении дуги при подходе ножа к неподвижному контакту. Отключать разъединитель надо, наоборот, медленно; в случае появления дуги в начале операции разъединитель необходимо быстро и решительно включить обратно.

Рассмотрим примеры простейших оперативных переключений в РУ и ПС.

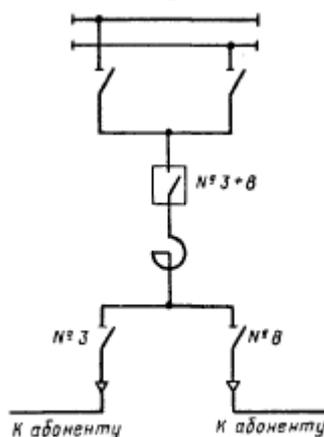


Рисунок 1 – Схема вывода в ремонт одной из спаренных кабельных линий, питающихся от одного выключателя

Вывод в ремонт одной из спаренных кабельных линий № 3 напряжением 10 кВ, питающейся от одного выключателя, показан на рис. 1. Для этого надо предварительно снять нагрузку с кабеля № 3 у потребителя. Затем выяснить длину кабеля. Если его длина более 10 км, то отключать разъединителями зарядный ток запрещается.

При длине кабеля до 10 км по амперметру проверяют отсутствие нагрузки на кабеле и отключают линейные разъединители кабеля № 3; закрывают на замок привод отключенного разъединителя; на приводе линейных разъединителей вывешивают плакат «Не включать — работают люди»; сообщают потребителю о снятии напряжения с кабеля № 3, после чего потребитель, соблюдая все правила безопасности, устанавливает у себя защитное заземление, вывешивает необходимые плакаты. Только после этого можно производить ремонтные работы.

В работу линию напряжением 10 кВ включают после ремонта (рис. 2). Например, получено распоряжение включить в работу после ремонта линию № 45.

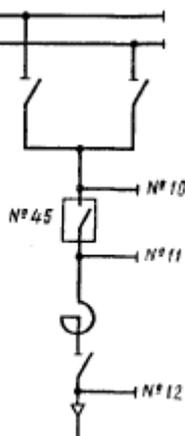


Рисунок 2 – Схема включения в работу линии после ремонта

Действие персонала: снять заземление № 10 и № 11 с выключателя и заземление № 12 с линейных разъединителей линии № 45, а также все плакаты и ограждения; по механическому указателю или по положению контактов проверить отключение выключателя линии № 45; снять замки с приводов разъединителей линии № 45; включить шинные разъединители линии на заданную систему шин; включить линейные разъединители линии; подать оперативный ток на привод выключателя линии № 45; включить выключатель; сообщить потребителю о том, что напряжение на линию № 45 подано. По условиям техники безопасности при включении и отключении разъединителей необходимо пользоваться изолирующей штангой и диэлектрическими перчатками.

Задание:

После ознакомления с теоретическим материалом письменно ответьте на вопросы:

1. По каким командам или документам производятся переключения в электроустановках?
2. Чем является бланк переключений и как он заполняется?
3. Опишите порядок действий персонала при производстве переключений по бланку.
4. На примере схем вывода в ремонт одной из кабельных линий и включения в работу линии напряжением 10 кВ опишите порядок действий оперативного персонала при производстве переключений.

Форма предоставления результата: отчет с ответами на вопросы.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении задания ответы на вопросы приведены в полном объеме, с соблюдением установленных правил, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 2.3. Эксплуатация и ремонт двигателей и пусконаладочной аппаратуры

Практическое занятие № 2

Ремонт двигателей постоянного тока

Цель работы:

Изучить основные повреждения и порядок ремонта электродвигателей

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования;
- планировать ремонтные работы.

Материальное обеспечение: Конспект, учебник

Краткие теоретические сведения

Для проверки состояния двигателя, устранения неисправностей и повышения надежности периодически проводят текущий и капитальный ремонт.

Текущий ремонт предусматривает замену масла и измерение зазоров в подшипниках скольжения, замену или добавление смазки и осмотр сепараторов в подшипниках качения, чистку и обдувку статора и ротора при снятой задней крышке, осмотр обмоток в доступных местах.

Капитальный ремонт включает полную разборку двигателя с выемкой ротора, чистку, осмотр и проверку статора и ротора, устранение выявленных дефектов (например, перебандажировка схемной части обмотки статора, перекалиновка ослабленных клиньев, покраска лобовых частей обмотки и расточки статора), промывку и проверку подшипников скольжения, замену подшипников качения, проведение профилактических испытаний.

Периодичность капитального и текущего ремонта электродвигателей устанавливается по местным условиям. Она должна быть не только обоснована для каждой группы двигателей по температуре и загрязненности окружающего воздуха, но и учитывать требования завода-изготовителя, выявившуюся недостаточную надежность отдельных узлов.

Капитальный ремонт электродвигателей, работающих нормально, целесообразно проводить во время капитального ремонта основных агрегатов, на которых электродвигатели установлены, т.е. один раз в 3... 5 лет, но не реже. При этом будут обеспечены одинаковые уровни надежности электродвигателей и основного агрегата.

Текущий ремонт электродвигателей обычно проводят один-два раза в год. В целях сокращения трудозатрат на работы по центровке и подготовке рабочего места ремонт электродвигателя целесообразно совмещать с ремонтом механизма, на котором он установлен.

При проведении частичной ревизии без разборки двигателя выполняют следующие работы: внешний осмотр общего состояния; осмотр выводов, щеточного механизма, коллекторов или контактных колец, подшипников и других частей; промывка подшипников скольжения и заполнение их маслом; вскрытие подшипников качения и проверка наличия и качества в них консистентной смазки; проверка состояния изоляции обмоток статора и ротора мегомметром; проверка свободного вращения ротора; устранение незначительных дефектов, выявленных при ревизии.

Ревизия двигателя с полной разборкой должна производиться в сухом отапливаемом помещении, оборудованном подъемными средствами.

Разборку электродвигателя начинают со снятия полумуфты, шкива или шестерни с конца вала. После этого подвешивают и удерживают на весу подшипниковые щиты, отворачивают болты торцевых крышек, щиты выводят из заточки статора, а ротор опускают на расточку статора.

При необходимости после снятия щитов производится выемка ротора. При осмотре обмотки статора необходимо обратить внимание на исправность крепления отдельных узлов и лобовых частей, а также на отсутствие трещин и повреждений изоляции и состояние расклиновки обмоток. При обнаружении ослабленных клиньев следует установить между клиньями и обмоткой дополнительные изоляционные прокладки. При осмотре активной стали статора и ротора проверяют плотность опрессовки, надежность крепления и отсутствие коррозии. Выявленные дефекты устраняют, а расточку статора при необходимости покрывают изоляционным лаком.

Основные и добавочные полюса снимают в случае необходимости ремонта. Перед снятием полюсов необходимо их замаркировать для того, чтобы при сборке поставить каждый полюс на прежнее место. Сначала распаивают схему соединения полюсов, а затем отворачивают болты, крепящие их к станине.

Коллектор снимают с вала только в случае его ремонта или замены. Коллектор снимают специальными захватывающими приспособлениями на гидравлическом прессе или съемником. Нельзя захватывать коллектор за медные пластины или упираться в них. Усилия при стягивании прикладывают к стальной втулке коллектора или к ее крепежным элементам. В некоторых случаях для облегчения съема коллектор, собранный на стальной втулке, разбирают на валу якоря: отвинчивают гайку, снимают нажимное кольцо с манжетой, комплект медных пластин и изолировочный цилиндр.

Коллектор следует осматривать особенно тщательно. Результаты осмотра и его анализ позволяют предварительно установить вид неисправности обмотки. Осматривают коллекторные пластины, которые не должны выступать за наружный диаметр или западать. Определяют износ коллекторных пластин, который должен быть не более 20 % от первоначальной высоты. Дальнейшее уменьшение диаметра может привести к недопустимому уменьшению высоты пластин, прогибанию их под действием центробежных сил и нарушению цилиндрической рабочей части. При дефектации и назначении вида ремонта учитывают, что разобрать для ремонта можно только коллектор, собранный на стальную втулку. Коллекторы, собранные на пластмассе, разборке для ремонта не подлежат.

При осмотре обмотки определяют ее целостность, целостность бандажей, клиньев, пайки к коллектору. Исправность обмотки определяют испытаниями. Обмотка якоря может иметь обрывы или следующие короткие замыкания: части витков одной секции; всей секции; между двумя секциями, лежащими в одном пазу; в лобовых частях обмотки.

При проверке статора проверяют надежность крепления полюсов, межполюсные соединения, состояние сердечников полюсов и определяют испытаниями целостность обмоток. В катушках главных полюсов возможны такие дефекты: пробой изоляции на корпус, витковое замыкание, обрыв в местах паяк. В компенсационных обмотках и обмотках добавочных полюсов встречается один дефект - пробой на корпус.

При ремонте обмоток полюсов их, как правило, снимают с полюсов. Для этого отворачивают болты, крепящие полюса к корпусу, отнимают полюса от корпуса и снимают с них обмотки. При ремонте обмоток добавочных полюсов находят место повреждения и, если это пробой на корпус, очищают его от поврежденной изоляции и наносят новую. Если неповрежденная изоляция служила достаточно долго, то необходимо ее заменить. При витковом замыкании с катушки снимают корпусную изоляцию, раздвигают витки и прокладывают между ними новую витковую изоляцию. Как правило, изоляцию промазывают клеящими лаками и высушивают. Изолированную обмотку несколько раз покрывают эмалью и сушат.

Катушки главных полюсов, как правило, наматывают круглым проводом. При пробое изоляции на корпус поврежденное место можно изолировать новой изоляцией, промазать лаком, а сверху эмалью. При витковом замыкании не всегда удается размотать катушку и изолировать витки, замкнутые накоротко. При размотке катушки, которая пропитана лаками, повреждается целая витковая изоляция и намотать этим же проводом катушку не всегда удается. Поэтому часто изготавливают новую катушку.

Сборку электрических машин постоянного тока начинают со сборки статора. Она предусматривает установку и крепление в корпусе главных и добавочных полюсов с катушками, соединение катушек по электрической схеме, изолировку межкатушечных соединений и проверку правильности соединений.

До установки в корпус на сердечники главных и добавочных полюсов помещают катушки. Для предохранения от истирания изоляции катушек о сердечник катушки раскрепляют на полюсе и между полюсом и корпусом. Каждый полюс помещают на прежнее место согласно разметке, сделанной при разборке магнитной системы. Корпус располагают вертикально. Сердечники полюсов с катушками вручную или подъемным механизмом заводят внутрь корпуса и завертывают болты. Болты затягивают поочередно торцовыми ключами. Полюса должны всей поверхностью примыкать к корпусу.

Катушки главных и добавочных полюсов соединяют между собой согласно электрической схеме, эскиз которой был сделан при разборке.

Затем собирают подшипниковый щит, устанавливаемый со стороны коллектора, с комплектом щеткодержателей и щеток. Траверсу, пальцы щеткодержателей, щеткодержатели устанавливают по меткам.

После сборки статора, щита и якоря проводят сборку машины. Якорь заводят в машину вручную или с помощью приспособления и опускают на полюса. Затем надевают с обеих сторон подшипниковые щиты, наживляют болты и, заворачивая их, обеспечивают смыкание замков щита и корпуса. При этом для облегчения смыкания замков можно слегка приподнимать щит.

В крышках подшипников на $\frac{2}{3}$ заполняют смазкой камеру под смазку, устанавливают крышку на место и заворачивают болты. На коллектор опускают щетки, выставляют их на коллекторе в аксиальном направлении и регулируют нажатие пружин. После установки производят их притирку.

Задание:

После ознакомления с теоретическим материалом письменно ответьте на вопросы:

1. Виды ремонтов машин постоянного тока.
2. Периодичность ремонтов электрических машин постоянного тока.
3. Перечислите основные работы при проведении текущего ремонта.
4. Перечислите основные работы при снятии и ремонте коллектора.
5. Как проводится ремонт обмоток полюсов машин постоянного тока.
6. Порядок сборки машин постоянного тока после ремонта.

Форма предоставления результата: отчет с ответами на вопросы.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении задания ответы на вопросы приведены в полном объеме, с соблюдением установленных правил, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач;

оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками без соблюдения установленных правил ;
оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 2.3. Эксплуатация и ремонт двигателей и пусконаладочной аппаратуры

Практическое занятие № 3

Ремонт двигателей переменного тока

Цель работы:

Изучить основные повреждения и порядок ремонта электродвигателей

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования;
- планировать ремонтные работы.

Материальное обеспечение: Конспект, учебник

Краткие теоретические сведения

Как правило, перед ремонтом двигателя подвергают предремонтным испытаниям, для того чтобы исключить возможность ошибочного поступления на ремонт исправной машины. Предремонтные испытания включают электрические испытания (измерение сопротивления изоляции, проверку электрической прочности изоляции, измерение сопротивлений обмоток и их частей при постоянном токе) и замеры узлов и деталей (эксцентриситет, биение, конусность и т. п.). Неисправные двигатели отправляют на разборку.

Начинают ремонт с определения дефектов, которые производят в процессе разборки машины, начиная с внешнего осмотра. Определяют наличие всех деталей; целостность лап, ребер охлаждения, коробки выводов и т. п. Затем проводят измерения биения вала, если это позволяет качество подшипников. Снимая с двигателя детали, определяют их пригодность для сборки. Снимая подшипниковый щит, определяют плотность его посадки на корпус и на наружную обойму подшипника. Осматривают его посадочные места, на которых не должно быть забоин, вмятин; поверхность должна быть чистой. На наружную поверхность подшипника щит должен надеваться туго. В машинах, имеющих щит и корпус из алюминия, после нескольких сборок может ослабнуть посадка подшипникового щита. Сняв подшипники с вала, осматривают шейки вала, которые должны иметь ровную поверхность и не быть изношенными. Вал не должен иметь искривлений, вмятин и забоев выводного конца. Отворачивая болты, определяют их качество и качество резьбовых отверстий, куда их заворачивают.

Затем проводят осмотр обмотки ротора. Короткозамкнутая алюминиевая обмотка не должна иметь следов расплавления, раковин; все лопатки должны быть целыми. Короткозамкнутая сварная обмотка не должна иметь обрыва стержней, смещений в осевом направлении, прогибов, выступающих из активной части, изгибов концов стержней в направлении вращения ротора, волнообразного изгиба, расположенного на ребре короткозамыкающего кольца, цветов побежалости на короткозамыкающих кольцах.

После извлечения обмотки статора проводят дефектацию сердечника. Основные неисправности сердечников: ослабление прессовки, веер зубцов, оплавление отдельных участков, нарушение изоляции между листами, погнутость отдельных зубцов, ослабление посадки сердечника в корпус. Плотность прессовки определяют контрольным ножом, который вдвигают между листами сердечника. Плотность прессовки следует считать удовлетворительной, если при сильном нажатии на рукоятку ножа лезвие входит в сердечник не более чем на 2—3 мм. Остальные дефекты определяют, как правило, визуально. Результаты дефектации записывают в ведомость, по которой разрабатывается технология ремонта.

У валов электрических машин возможны следующие дефекты: повреждение выходного конца вала; износ шеек под подшипники; искривление оси; ослабление посадки сердечника; выработка шпоночных канавок. Износ посадочных поверхностей и задиры происходят при съеме напрессованных на вал деталей; из-за ослабления посадки в период эксплуатации, а также усилий, возникающих в процессе работы и износа подшипников. При небольшом количестве задиров и забоин выступающие места сошлифовывают. Если дефекты превышают 20 % посадочной поверхности, то вал ремонтируют, наплавляя металл электросваркой или методом металлизации.

Валы небольших размеров, имеющие серьезные дефекты, целесообразно заменять новыми, изготовленными в ремонтном цехе. После исправления дефектов и сборки роторы подвергают балансировке.

Корпуса электрических машин повреждаются относительно редко. Наиболее распространены следующие дефекты: отлом лапы у чугуновой станины; износ или срыв резьбовых отверстий; износ посадочных мест под щиты; появление трещин. Приварку отломанных частей и заварку трещин производят электродуговой сваркой. Перед заваркой трещин деталь очищают от ржавчины и обезжиривают. На концах трещин засверливают отверстия, чтобы предотвратить их дальнейшее распространение. При толщине треснувшей стенки более 5 мм зубилом скашивают кромки трещины по всей длине под углом 45—60°. Для повышения качества заварки необходимо нагреть деталь до температуры 350—600 °С; перед сваркой и после сварки ее следует медленно охладить.

Сборка — заключительный технологический процесс, при котором узлы и отдельные детали соединяются в готовое изделие. От правильно выбранного технологического процесса и качественного выполнения всех операций зависят энергетические и эксплуатационные показатели электрической машины — КПД, уровень вибраций и шума, надежность и долговечность.

Перед сборкой проводят балансировку роторов и других вращающихся деталей. Балансировку проводят в случае, если ротор подвергается ремонту или при предремонтных испытаниях обнаружена повышенная вибрация.

Перед сборкой статор и ротор необходимо продуть сжатым воздухом. На статор установить и закрепить коробку выводов и присоединить выводные концы. Внутренние крышки подшипников протереть ветошью, заполнить внутреннюю полость на $\frac{2}{3}$ смазкой и надеть на вал ротора. Посадочные места вала под подшипники протереть и смазать трансформаторным маслом. Подшипники нагреть в масляной ванне до 80—90 °С и установить их на шейке вала до упора ударами молотка по трубчатой оправке. Ввести ротор в расточку статора, не допуская задевания ротора за обмотку статора. Ввернуть во внутренние крышки подшипников по одной технологической шпильке и установить первый подшипниковый щит со стороны, противоположной рабочему концу вала, ориентируя его по ввернутой шпильке и отметкам, нанесенным при разборке. Крышку подшипника протереть ветошью, заполнить внутреннюю полость на $\frac{2}{3}$ смазкой, поставить на место и закрепить болтами, не затягивая их.

При наживлении первого болта внутреннюю крышку подшипника необходимо подтягивать к щиту за технологическую шпильку. После наживления болта технологическую шпильку надо вывернуть. Установить второй подшипниковый щит на подшипник, аналогично первому, и подать его вперед до упора в замок статора. Ввернуть болты, крепящие щиты, и подтянуть подшипниковые щиты, подавая их вперед легкими ударами молотка. Окончательно затянуть болты, при этом щиты должны без перекосов сомкнуться своими замками с замками на статоре. Вложить смазку в подшипник со стороны рабочего конца вала и в крышку подшипника, надеть ее и завернуть болты.

После капитального ремонта все электрические машины проходят приемо-сдаточные или типовые испытания. Приемо-сдаточным испытаниям подвергают все электрические машины, отремонтированные без изменения мощности, напряжения или частоты вращения, т. е. машины, у которых сохранены электрические и магнитные

нагрузки. Машины, отремонтированные с изменением мощности, напряжения или частоты вращения, подвергаются типовым испытаниям. Типовым испытаниям также подвергаются машины, поступившие в ремонт без заводских щитков и выпущенные из ремонта с номинальными данными, определенными расчетом.

В объем приемо-сдаточных испытаний асинхронных двигателей после ремонта входит: измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса электродвигателя и между фазами; измерение сопротивлений обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии; обкатка электродвигателя на холостом ходу; определение тока и потерь холостого хода; определение тока и потерь короткого замыкания; испытание межвитковой изоляции обмоток на электрическую прочность; испытание изоляции обмоток относительно корпуса электродвигателя и между фазами на электрическую прочность; определение коэффициента трансформации (для двигателей с фазным ротором).

В объем типовых испытаний асинхронного двигателя после ремонта входят кроме всех указанных выше контрольных испытаний также испытание на нагревание, на кратковременную перегрузку по току и испытание при повышенной частоте вращения (только при замене обмотки ротора или бандажей). Кроме того, при типовых испытаниях определяют значения КПД, коэффициента мощности, скольжения, максимального вращающего момента, а для двигателей с короткозамкнутым ротором определяют также минимальный вращающий момент в процессе пуска, начальный пусковой вращающий момент и начальный пусковой ток.

При всех испытаниях для измерения электрических величин должны применяться измерительные приборы класса точности не ниже 0,5. Исключение допускается для измерения сопротивления изоляции, когда применяются мегаомметры. При массовых контрольных испытаниях допускается использование приборов класса точности 1,0, однако желательно применение приборов класса точности 0,5. Для обеспечения необходимой точности измерений измерительные приборы следует подбирать так, чтобы измеряемые значения электрических величин находились в пределах 20—95 % шкалы.

Задание:

После ознакомления с теоретическим материалом письменно ответьте на вопросы:

1. Назначение предремонтных испытаний.
2. Перечислите возможные дефекты обмоток ротора.
3. Перечислите возможные дефекты валов электродвигателей.
4. Какие виды работ входят в объем приемо-сдаточных испытаний.
5. Какие виды работ входят в объем типовых испытаний.

Форма предоставления результата: отчет с ответами на вопросы.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении задания ответы на вопросы приведены в полном объеме, с соблюдением установленных правил, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 2.3. Эксплуатация и ремонт двигателей и пусконаладочной аппаратуры

Практическое занятие № 4

Пропитка и сушка обмоток электрических машин

Цель работы:

Изучить методы пропитки и сушки обмоток электрических машин

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования;
- планировать ремонтные работы.

Материальное обеспечение: Конспект, учебник

Краткие теоретические сведения

Статоры, роторы, катушки аппаратов подвергаются пропитке. *Пропиткой* принято называть процесс заполнения обмотки и ее изолировки специальными лаками или составами с последующей запечкой. В процессе пропитки воздушные включения и пустоты в обмотках и изоляции заполняются лаками, что приближает ее конструкцию к монолиту. Пропитку выполняют составами без растворителей или лаками на основе растворителей с содержанием пленкообразующих веществ от 30 до 70 % в зависимости от лака и технологии пропитки.

Пропитка цементирует витки обмоток, снижает механический износ изоляции, замедляет процессы теплового старения и увлажнения электроизоляционных материалов, так как она уменьшает площадь их соприкосновения с окружающей средой. При этом повышается электрическая прочность изоляции вследствие заполнения пор и капилляров обмотки лаками, имеющими более высокую электрическую прочность, чем воздух. Пропитка снижает превышение температуры обмоток, так как теплопроводность лаков намного выше теплопроводности воздуха.

При выборе пропиточного лака учитывают класс нагревостойкости изоляции машины и применяемые электроизоляционные материалы для витковой и корпусной изоляции. В промышленности выбору лака для пропитки предшествует комплекс длительных исследований и испытаний систем «изоляция - лак». При ремонте возможности выбора изоляции и лака ограничены, поэтому можно привести примеры наиболее часто применяемых сочетаний. При пропитке обмоток из эмалированных проводов используют лаки марок МЛ-92, МГМ-8, КО-916к, КО-96411, компаунды (составы без растворителей) КП-34, КП-103. Провода с волокнистой изоляцией допускают более широкий выбор пропиточного состава. Для них не представляет опасность высокая цементирующая способность пропиточного лака. Обмотки вращающихся частей при использовании проводов с волокнистой изоляцией пропитывают в компаундах, которые обеспечивают высокую цементацию, например компаунды типа КП, Б-ИД-9127.

Растворители лаков (ксилол, толуол) при сушке должны испариться и выделиться из обмоток в виде летучих, которые необходимо нейтрализовать или рассеять в атмосфере. Поэтому участки пропитки с лаками, как правило, располагают в отдельных помещениях с хорошей приточно-вытяжной вентиляцией. На небольших ремонтных участках ванну для пропитки и сушильную печь можно располагать в общем технологическом потоке, но они должны быть снабжены достаточной вытяжной вентиляцией. Составы без растворителей при отверждении не выделяют вредных летучих, поэтому оборудование для пропитки и сушки можно располагать в общем помещении.

В промышленности используют несколько способов пропитки и сушки. В ремонтном деле на промышленных предприятиях находит применение в основном способ погружения, а в крупных ремонтных цехах способ вакуума и давления. Сущность *способа погружения* состоит в том, что пропитываемое изделие предварительно сушат, погружают в ванну с лаком, и лак под действием гидравлического давления и капиллярных сил проникает в обмотку, вытесняя воздух, содержащийся в пространстве между проводниками. Затем изделие извлекают из ванны и после стекания излишнего лака растворителем замывают места, где нахождение лака недопустимо; затем проводят сушку. Сушка включает в себя две стадии: удаление растворителя и термообработку смолы для ее отверждения. Способ погружения является гибким технологическим процессом, позволяющим на одном оборудовании пропитывать изделия различных размеров и конструкций.

Процесс пропитки включает в себя следующие этапы: сушка до пропитки; пропитка; замывка замков и выводных концов; сушка после пропитки. Сушку осуществляют в печах конвекционного подогрева. В последние годы получает распространение сушка в печах аэродинамического подогрева. Пропитке всегда предшествует сушка и нагрев изоляции. Это необходимо для удаления влаги из обмоток, а также для снятия внутренних напряжений в эмалевой изоляции проводов, которые возникают при эмалировании провода и намотки.

Длительность режима сушки для пропитки зависит от химического состава и физических свойств изоляционных материалов, степени увлажнения изоляции, температуры печи, скорости циркуляции воздуха и массы изделия, но не превышает 2—3 ч при температуре 120 °С. После сушки изделия охлаждают до температуры 60—70 °С и их погружают в ванну. Ванна должна обязательно иметь крышку и вытяжную вентиляцию для отсоса с поверхности лака паров растворителя. Лак в ванну подают снизу или он может находиться в ванне постоянно. Изделие устанавливают в ванну так, чтобы воздух мог свободно подниматься вверх и не образовывались воздушные мешки. При этом вязкость лака должна быть небольшой, чтобы он лучше проникал в обмотку, и в то же время вязкость лака должна быть такой, чтобы он не вытекал после того, как изделие извлекут из ванны и будут сушить в печи.

Обычно при пропитке погружением используют маловязкие лаки. Для того чтобы внести в обмотку необходимое количество лака, выполняют несколько пропиток. После каждой пропитки узел сушат в течение 8—17 час. При первой пропитке время нахождения изделия в лаке от 20 мин до 1 ч, а при следующих — от 10 до 20 мин. Заполнение пор и пустот в изоляции обмоток происходит в основном при первой пропитке, а последующие пропитки фактически являются покровными.

После пропитки лак удаляют из ванны, и в течение 10-30 мин изделие находится в ванне для стекания излишков лака. Места, в которых присутствие лака недопустимо, замывают (замки и выводные концы). Замывку производят растворителем лака на рабочем месте с вытяжной вентиляцией. Затем изделия загружают в печь для сушки. Для удаления растворителей в начале сушки температура свыше 110-130 °С нежелательна, так как могут произойти частичное удаление лака из пор и капилляров и частичное запекание пленки. В случае, если окончательная сушка должна производиться при температуре 150 °С, сушку выполняют в две ступени, поднимая температуру после того, как произошло удаление растворителя.

Сущность *способа вакуума и давления* состоит в том, что изделие помещают в автоклав, создают вакуум и, сохраняя его, подают в автоклав лак. Когда уровень лака станет выше изделий, создают давление на поверхность лака. После снятия давления еще раз создают вакуум и только после этого извлекают изделие из автоклава. Отсутствие воздуха в изделии способствует глубокому проникновению лака в обмотку, а создание давления после того, как лак заполнит автоклав, способствует этому еще больше. Обмотка хорошо заполняется лаком. После пропитки создание вакуума приводит к испарению

более половины летучих веществ и повышению вязкости лака. При этом лак становится настолько вязким, что практически не вытекает из обмотки после пропитки и во время сушки.

Использование более вязкого лака, чем при пропитке погружением, и повышение его вязкости сразу после пропитки позволяет за одну пропитку внести в обмотку примерно столько же лака, сколько вносится при двукратной пропитке погружением. Поэтому при способе вакуума и давления пропитку проводят только один раз. Использование более вязкого лака требует меньшего времени для сушки. Время пропитки и сушки сокращается в 4—6 раз по сравнению со способом погружения. Особенно эффективен способ вакуума и давления для многовитковых катушек из тонкого провода (обмотки электрических машин небольшой мощности, катушки аппаратов и реле и т. п.).

Задание:

После ознакомления с теоретическим материалом письменно ответьте на вопросы:

1. Какой процесс называется пропиткой и для чего он предназначен?
2. В чем состоит сущность способа погружения при пропитке и сушке?
3. От каких факторов зависит сущность процесса сушки?
4. В чем состоит сущность способа вакуума и давления при пропитке и сушке?

Форма предоставления результата: отчет с ответами на вопросы.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении задания ответы на вопросы приведены в полном объеме, с соблюдением установленных правил, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 2.3. Эксплуатация и ремонт двигателей и пусконаладочной аппаратуры

Практическое занятие № 5

Виды и причины повреждения пускорегулирующей аппаратуры

Цель работы:

Изучить основные неисправности и порядок ремонта пускорегулирующей аппаратуры

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования;
- планировать ремонтные работы.

Материальное обеспечение: Конспект, учебник

Краткие теоретические сведения

Пускорегулирующая аппаратура имеет следующие виды повреждений: чрезмерный нагрев катушек пускателей, контакторов и автоматов, межвитковые замыкания и замыкания на корпус катушек; чрезмерный нагрев и износ контактов; неудовлетворительная изоляция; механические неполадки.

Причина опасного перегрева катушек переменного тока - заклинивание якоря электромагнита в его разомкнутом положении и низкое напряжение питания катушек. При этом магнитная катушка потребляет больший ток, чем при втянутом якоре и нормальном напряжении, вследствие чего она быстро перегревается и выходит из строя.

Межвитковые замыкания могут произойти вследствие климатических воздействий на катушку (повышенная влажность, резкие изменения температуры окружающей среды, наличие в ней вредных для изоляции примесей и т. п.), а также вследствие плохой намотки катушек, особенно если витки, прилегающие к фланцам каркаса катушки, соскальзывают в расположенные ниже слои, вследствие чего возникают относительно большие разности напряжений, повреждающие межвитковую изоляцию. Межвитковые замыкания происходят главным образом в катушках переменного тока, так как у них межвитковые амплитудные напряжения больше, чем у катушек постоянного тока; кроме того, они подвержены усиленным сотрясениям от вибрирующего стального каркаса.

Замыкание на корпус происходит в случае неплотной посадки бескаркасной катушки на железном сердечнике; возникающие в системе вибрации приводят к перетиранию изоляции катушки и ее отводов, вследствие чего происходит замыкание на заземленный стальной корпус аппарата.

На нагрев контактов влияют токовая нагрузка, давление, размеры и раствор контактов, а также условия охлаждения и окисление их поверхности, механические дефекты в контактной системе. При сильном нагреве контактов повышается температура соседних частей аппарата и, как следствие, разрушается изоляционный материал. При неблагоприятных условиях гашения электрической дуги контакты окисляются. На соприкасающихся поверхностях образуется плохо проводящий слой.

Износ контактов зависит от силы тока, напряжения и продолжительности горения электрической дуги между контактами, частоты и продолжительности включений, качества и твердости материала. На степень обгорания влияет форма и размер контактов. При слишком большой ширине контактов (более 30 мм) боковая составляющая тока и магнитное поле в контакте сильно увеличиваются, электрическая дуга «вторгается» в стенку дугогасительной камеры и остается в этом положении, разрушая контакты и стенки камеры.

Ремонт контакторов сводится прежде всего к восстановлению контактов. При небольшом обгорании контактной поверхности ее очищают от копоти и наплывов обычным личным напильником и стеклянной бумагой. Зачистку нужно производить осторожно, снимая небольшой слой металла. Смазывать контактные поверхности не рекомендуется, так как при возникновении дуги смазка сгорает и загрязняет поверхность, ухудшая условия работы контакта. Однако если поверхность контактов покрыта слоем серебра, чистить их напильником не рекомендуется. В случае сильного обгорания контактов необходима их замена.

После ремонта контактной системы проводят ее регулировку. Регулировка работы контактной системы является одной из наиболее ответственных операций ремонта, от которой зависит нормальная работа аппарата. Контакты различного назначения должны включаться и отключаться в установленной последовательности, а контакты фаз, выполняющих одну функцию, должны срабатывать одновременно. Если в процессе регулирования начальные нажатия при новых контактах не укладываются в нормируемые заводом пределы, необходимо сменить соответствующие контактные пружины. Степень нажатия контактов проверяют в двух положениях - когда они разомкнуты (начальное нажатие) и когда замкнуты (конечное нажатие).

При ремонте контакторов придерживаются паспортных величин нажатия контактов. Отклонение от них в ту или иную сторону может привести к неустойчивой работе контактора, вызывая его перегрев и сваривание контактов.

После сборки отремонтированного контактора его проверяют. Если при включении появляется сильный гул, то аппарат отключают и проверяют затяжку болтовых и винтовых соединений, а также пригонку обеих частей магнитопровода. Для этого лист копировальной бумаги копирующей стороной подкладывают к листу белой бумаги и закладывают в разъем магнитопровода. Затем, замыкая контактор вручную, по величине отпечатавшейся на белой бумаге метки определяют степень пригонки магнитопровода. Для нормальной работы контактора поверхность соприкосновения обеих половин должна составлять не менее 70 % их поперечного сечения.

Неисправность изоляции проявляется в виде образования на ее поверхности токов утечки (пробои изоляции очень редки), поэтому необходимо защищать ее от скопления грязи и пыли. Большая часть всех неисправностей вызывается увлажнением изоляции и ее нарушением во время строительно-монтажных работ и транспортировки.

Неисправные катушки заменяют новыми. Если их нет, то перематывают старую катушку, стараясь подобрать провод нужного диаметра.

После намотки катушек их подвергают пропитке. Технология пропитки аппаратных катушек аналогична технологии пропитки обмоток электрических машин и выполняется очень часто на том же оборудовании. В отдельных случаях несколько изменяются режимы пропитки и сушки. Аппаратные катушки по сравнению с обмотками электрических машин имеют большее количество витков и намотаны из более тонкого провода. Поэтому проникновение лака в глубь обмотки и сушка его более затруднительны. Наиболее качественная пропитка получается на вакуумпропиточных установках.

После окончания пропитки катушку покрывают покровной эмалью и крепят к ней табличку с паспортными данными. Готовую катушку необходимо испытать на прочность изоляции переменным напряжением 2000 В при частоте 50 Гц в течение 1 мин. Сопротивление изоляции катушки после испытания должно быть не менее 0,5 МОм.

Механические неполадки в аппаратах возникают в результате образования ржавчины, механических поломок осей, пружин, подшипников и других конструктивных элементов. Механические неполадки, вызванные износом или усталостными явлениями, происходят из-за плохой смазки подвижных частей, скапливания влаги, применения в конструкциях, работающих на удар, материалов либо очень хрупких, либо мягких.

В рубильниках наиболее подверженными износу являются точки соприкосновения ножей и губок. При небольшом обгорании ножей и губок им делают мелкий восстановительный ремонт — осторожно, не снимая много металла, очищают обгоревшие поверхности от копоти, наплывов и других неровностей личным напильником и стеклянной бумагой. В случае сильного обгорания ножи и губки заменяют. Для изготовления ножей и губок используют твердую неотожженную полосовую или листовую медь и латунь, а также фосфористую, бериллиевую и алюминиевую бронзу; для изготовления пружин — круглую рольную проволоку или полосовую пружинную сталь. Размеры и конфигурация изготавливаемых деталей обычно соответствуют прежним размерам.

Рубильники проверяют на одновременность замыкания и размыкания всех фаз. Для этого на ввод рубильника подают питание, а на выходе в каждой фазе присоединяют лампочку, вторые концы которых заземляют. При медленном включении и выключении рубильника лампочки должны загораться и гаснуть одновременно. Качество ремонта и регулирования рубильников и переключателя проверяют 10—15-кратным включением и отключением; при этом не должно быть признаков нарушения регулировки.

Задание:

После ознакомления с теоретическим материалом письменно ответьте на вопросы:

1. Перечислите основные виды повреждения пускорегулирующей аппаратуры.
2. Основные причины перегрева катушек контакторов и межвитковых замыканий.
3. Какие основные факторы влияют на нагрев и износ контактов магнитных пускателей?
4. Назовите основные неисправности контакторов.
5. Как осуществляется ремонт катушек контакторов?
6. Какой из элементов рубильников наиболее всего подвержен износу?

Форма предоставления результата: отчет с ответами на вопросы.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении задания ответы на вопросы приведены в полном объеме, с соблюдением установленных правил, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 2.3. Эксплуатация и ремонт двигателей и пусконаладочной аппаратуры

Практическое занятие № 6

Виды неисправности электропривода

Цель работы:

Изучить основные неисправности электропривода

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования;
- планировать ремонтные работы.

Материальное обеспечение: Конспект, учебник

Краткие теоретические сведения

При техническом обслуживании электроприводов проводят их осмотр и контроль за работой в сроки, предписанные ППР. Электроприводы осматривают тем чаще, чем тяжелее условия работы, например, большая длительность разгона электродвигателя, частые пуски, высокая температура окружающей среды. Конструкция электродвигателей также может влиять на требуемую периодичность их осмотров. Кроме того, при установлении периодичности осмотров надо учитывать и техническое состояние электродвигателей, например, степень их изношенности.

В связи с этим периодичность осмотров электроприводов и их содержание устанавливаются в местных инструкциях и графиках ППР, при составлении которых учитывают отмеченные выше факторы. Важный элемент инструкции — требование о поддержании электродвигателя в чистоте — загрязненный электродвигатель нагревается во время работы значительно сильнее.

При осмотре во время обходов электроприводов проверяют температуру нагрева двигателей; следят за тем, чтобы они содержались в чистоте и вблизи них не находилось бы ненужных предметов, особенно опасных в пожарном отношении; наблюдают, чтобы пуск и останов электродвигателей производились производственным персоналом по инструкции и электродвигатели не работали вхолостую; контролируют напряжение электросети, которое должно находиться в пределах 95-110 % от номинального; проверяют в подшипниках, реостатах и пусковой аппаратуре уровень масла; обращают внимание на исправность ограждений, препятствующих случайным прикосновениям к вращающимся частям электропривода; устраняют мелкие неисправности (например, заменяют перегоревшие предохранители, регулируют нажим щеток) и проводят наружную очистку электродвигателей.

Контроль за температурой электродвигателя является существенным элементом его эксплуатации, так как наиболее частые повреждения электродвигателя вызываются его нагревом свыше предельно допустимой температуры. Различают предельно допустимую температуру нагрева и предельно допустимое превышение температуры нагрева отдельных частей электрической машины. Предельно допустимое превышение температуры нагрева определяют путем вычитания из предельно допустимой температуры нагрева температуры окружающей среды, равной 40° С. Полученный результат уменьшают на 10° С. Это объясняется необходимостью иметь некоторый запас на самую горячую точку обмотки, так как при измерении температуры обмоток методом сопротивления не учитывается неравномерность нагрева, а измеряется среднее значение температуры.

При эксплуатации машин отсоединять машину от сети и измерять сопротивление обмоток для определения температуры их нагрева не всегда возможно. Поэтому контроль нагрева производят, измеряя температуру доступных частей — корпуса электродвигателя, крышек подшипников, коллектора, контактных колец. Температуру определяют с помощью переносного термометра, прикладываемого сразу после останова электродвигателя к той его части, температуру которой измеряют. Конец термометра при измерениях обертывают фольгой, прикладывают к измеряемой части электродвигателя и закрывают слоем ваты, для уменьшения отдачи теплоты в окружающую среду. Применяемый на практике способ определения температуры электродвигателей путем прикосновения руки к нагретому элементу (на ощупь) дает лишь приблизительное представление о нагреве. Этим способом пользуются в тех случаях, когда достаточно получить ориентировочное представление о степени нагрева. Рука выдерживает температуру нагрева не выше 60° С.

Основной причиной, вызывающей превышение температуры электродвигателей выше предельно допустимой, является его перегрузка, поэтому при работе электродвигателей, а также регулировке технологического процесса следят за показаниями амперметров, которые устанавливают в цепь статора. При нагревах двигателей выше допустимого предела следует снизить нагрузку.

На работу электродвигателей существенно влияет напряжение питающей сети: повышение напряжения сети приводит к увеличению намагничивающего тока и потерям в меди и стали, что вызывает превышение температуры выше предельно допустимой; понижение напряжения сети уменьшает момент вращения, что вызывает увеличение тока и тоже превышение температуры. Учитывая это, при эксплуатации электродвигателей контролируют напряжение питающей сети.

Ухудшение изоляции обмоток при эксплуатации электродвигателя со временем может привести к коротким замыканиям между обмотками, а также к замыканиям обмоток на корпус электродвигателей. Для предотвращения указанных явлений и связанных с ними выходов электродвигателей из строя периодически измеряют сопротивление изоляции обмоток мегаомметрами. Сроки таких проверок зависят от местных условий (влажности окружающей среды, запыленности помещения и т. п.) и технического состояния электродвигателя. Эти сроки устанавливаются графиком ППР. Кроме периодических проверок проводят и внеочередные, устраиваемые после продолжительных перерывов в работе электродвигателей, после попадания на них воды и в тех случаях, когда возникает опасение в ухудшении состояния изоляции обмоток.

При оценке состояния изоляции обмоток электродвигателя целесообразно сопоставить данные полученных измерений с предыдущими. Слишком большое расхождение в результатах произведенных измерений должно послужить основанием для подробного выяснения причин этого. В том случае, когда проверочное измерение сопротивления изоляции обмоток электродвигателей показывает неудовлетворительные результаты, возникает надобность в сушке электродвигателя или отправке его в ремонт.

При эксплуатации электроприводов возможны случаи, когда ранее нормально работающий привод начинает работать ненормально, т. е. электродвигатель не запускается; при пуске не набирает номинальных оборотов; при работе гудит, вибрирует, перегревается; сильно искрят щетки; слышится ненормальный шум и т. п. Обслуживающий персонал должен определить неисправность и при возможности устранить ее или отправить двигатель в капитальный ремонт. При определении неисправностей рекомендуется определенный порядок.

Асинхронные электродвигатели.

В случае, когда двигатель при работе перегревается, необходимо проверить нагрузку, измеряя силу тока статора, и питающее напряжение. В случае перегрузки

двигатель перегревается и необходимо уменьшить нагрузку до номинальной. В случае увеличения или уменьшения напряжения сверх допустимых значений двигатель также перегревается. В этом случае, как правило, довести напряжение до номинального значения не всегда возможно, так как значение напряжения регулируется на подстанциях или электростанциях. Для уменьшения перегрева двигателя следует уменьшить нагрузку.

Перегрев двигателя может происходить из-за обрыва стержней ротора или замыкания витков в его обмотке; шум и вибрация могут возникать при ослаблении крепления сердечников ротора или статора, нарушении балансировки ротора, замыкания в его обмотках. Эти неисправности можно обнаружить только после разборки двигателя.

Если двигатель не запускается, то сначала, необходимо проверить целостность предохранителей и правильность работы пусковой аппаратуры. Затем проверяют наличие и значение напряжения питания на зажимах двигателя. Для этого снимают крышку коробки выводов и на зажимах вольтметром измеряют напряжение между подводными проводами. Для трехфазных асинхронных двигателей напряжение на всех фазах должно быть одинаковым и иметь номинальное значение. Если напряжение имеет большую разницу по фазам, необходимо проверить питающую сеть.

Если питающая сеть в порядке, приступают к проверке двигателя. Для этого обесточивают питающую сеть и отключают ее от двигателя. Конструкции современных двигателей, как правило, не позволяют осмотреть детали и узлы, расположенные внутри двигателя, без его разборки; поэтому сначала осуществляют проверку с помощью приборов. Проверку начинают с того, что пытаются, если это позволяет приводной механизм, повернуть вал двигателя рукой и убедиться в легком вращении ротора.

При вращении ротора рукой можно в некоторых случаях обнаружить неисправности подшипников или определить «цепляние» ротора за статор. Затем мегаомметром проверяют сопротивление изоляции на корпус и между фазами. Этой проверкой можно обнаружить пробой изоляции на корпус и между фазами. Предварительно отсоединяют все концы двигателя от выводной доски. Мегаомметром проверяют отсутствие обрыва в каждой фазе. Следующая проверка состоит в измерении сопротивления обмоток постоянному току, которое выполняют методом амперметра и вольтметра, одинарным или двойным мостом. Этой проверкой определяют отсутствие обрывов параллельных ветвей обмотки или элементарных проводников в случае, когда эффективный проводник состоит из нескольких элементарных. В асинхронных двигателях с фазным ротором проверки сопротивления изоляции и сопротивления постоянному току проводят для статора и ротора.

В случае, когда вышеприведенные проверки не позволяют установить неисправность, двигатель разбирают и осматривают в соответствии с требованиями текущего ремонта или отправляют в ремонтный цех.

Двигатели постоянного тока.

Если двигатель постоянного тока не запускается, сначала убеждаются в исправности пускорегулирующей аппаратуры, пусковых реостатов, правильной подаче напряжения на зажимы двигателя. Затем осматривают щеточноколлекторный узел, измеряют сопротивление изоляции, сопротивление обмоток постоянному току, снимают потенциальную диаграмму коллектора. Причины появления шума и перегрева у двигателей постоянного тока примерно те же, что и в асинхронных двигателях.

Обслуживание электрических машин сопряжено с опасностью получения травм от вращающихся частей и поражения электрическим током. Все вращающиеся и токоведущие части должны иметь ограждения. Обслуживание производят в прилегающей к телу одежде; рукава должны быть застегнуты у кистей.

После останова двигателя для работ без его разработки на приводе выключателя вывешивается плакат «*Не включать — работают люди*». Ручное включение и отключение машин напряжением свыше 1000 В необходимо выполнять в диэлектрических перчатках и калошах или на коврик. Отключение выполняют с видимым разрывом электрической цепи, для чего отключают разъединители, снимают плавкие вставки предохранителей, отсоединяют привода сети. После вывешивания плаката проверяют отсутствие напряжения на отключенном участке сети. В оперативном журнале делают запись об отключении машины. Включение производят только после отметки в журнале об окончании работ с указанием ответственного лица.

Отключенные двигатели насосов и вентиляторов могут неожиданно прийти в движение под напором воды или воздуха. В таких установках необходимо закрыть вентили или другое закрывающее устройство, запереть его на замок и вывесить плакат «*Не открывать - работают люди*». Если трехфазный двигатель отсоединен от сети, концы всех фаз питающего кабеля замыкают накоротко и заземляют переносным заземлением. Работа в пусковой аппаратуре допускается только при полном снятии напряжения.

Безопасность выполнения работ обеспечивается также организационными мерами. К ним относятся; оформление работы нарядом, оформление допуска к работе. надзор во время работы и т. п. Наряд есть письменное распоряжение на работу в электроустановках, определяющее место, время, начало и окончание работ; условия безопасного ее проведения; состав бригады и лиц, ответственных за безопасность. Без наряда по устному или письменному распоряжению, но с обязательной записью в журнале, могут выполняться такие работы, как уборка помещений до ограждения электрооборудования, чистка кожухов, доливка масла в подшипники, уход за коллекторами, контактными кольцами, щетками, замена пробочных предохранителей.

Испытание изоляции повышенным напряжением и измерение ее сопротивления должны проводиться с соблюдением дополнительных мер безопасности. Эти контрольные операции должны производиться бригадой в составе не менее двух человек, прошедших специальную подготовку. Во время измерения сопротивления изоляции обмоток мегаомметром нельзя прикасаться к проводникам обмотки; после измерения обмотку надо сразу разрядить на корпус.

Задание:

После ознакомления с теоретическим материалом письменно ответьте на вопросы:

1. Что необходимо проверять во время осмотров электроприводов,
2. Какой параметр электродвигателя является одним из наиболее важных при эксплуатации и как осуществляется его контроль?
3. Какие меры принимаются для контроля сопротивления изоляции обмоток?
4. Перечислите основные неисправности асинхронных двигателей.
5. Перечислите основные неисправности двигателей постоянного тока.

Форма предоставления результата: отчет с ответами на вопросы.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении задания ответы на вопросы приведены в полном объеме, с соблюдением установленных правил, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах.

оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах;

оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками без соблюдения установленных правил ;

оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 2.4. Эксплуатация кабельных линий

Практическое занятие № 7

Измерение сопротивления изоляции кабеля и заполнение
пусконаладочных протоколов

Цель работы:

Изучить основные правила при измерении сопротивления изоляции кабелей и научиться заполнять соответствующие документы.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования;
- планировать ремонтные работы.

Материальное обеспечение: Конспект, учебник

Краткие теоретические сведения

Сопротивление изоляции – важнейший показатель, характеризующий работоспособность электрооборудования и его безопасность для обслуживающего персонала. В большей степени этот параметр касается кабельных линий и соединительных проводов, которые при эксплуатации подвергаются различного рода воздействиям. Методика замеров сопротивления изоляции основывается на законе Ома для электрической цепи.

Согласно этому закону искомый показатель представляется как результат деления напряжения, приложенного к изоляционному покрытию, на величину тока, протекающего через него ($R_{из} = U/I$). Диагностика электропроводки и силовых кабелей – обязательная составляющая профилактических мероприятий, позволяющих поддерживать их работоспособность на должном уровне. Проверка сопротивления изоляции электротехнических объектов проводится с учетом требований действующих нормативов (ПУЭ, в частности).

Несмотря на то, что оболочка современных электрических кабелей изготавливается из качественного и прочного материала – она, тем не менее, иногда теряет свои защитные свойства. Последнее обычно объясняется следующими причинами:

- разрушительное воздействие высокого напряжения и солнечного света;
- механические повреждения (деформации);
- нарушения температурного режима;
- климатические особенности окружающей местности (жара или сильные морозы, например).

Для выяснения степени повреждения и допустимости дальнейшей эксплуатации проводов и кабелей организуются измерения сопротивления изоляции кабельных трасс, т.к.

своевременно проведенное испытание изоляции на прочность позволяет предотвратить целый ряд неприятных последствий, включая КЗ в электросети, поражение людей высоким напряжением и возникновение пожара.

Нормы сопротивления изоляции для электрических цепей и установок

Нормативные показатели по допустимому сопротивлению изоляции у электроустановок вводятся отдельно для каждого электротехнического объекта отдельно.

Требования к этому показателю существенно отличаются для таких типов оборудования, как:

- силовой или сигнальный кабели, прокладываемые в различных условиях эксплуатации.
- действующие промышленные электроустановки с рабочей проводкой.
- бытовые приборы, имеющие внутреннюю разводку и оснащенные сетевым шнуром.

Основной показатель, из величины которого исходят при нормировании допустимого сопротивления изоляции – действующее в контролируемой цепи напряжение. Причем учитывается не только его абсолютное значение, но и тип питания (однофазное или трехфазное). Ниже приводится перечень некоторых электротехнических устройств и цепей с указанием соответствующего им нормы сопротивления изоляции:

- кабельные проводки, расположенные на местностях и объектах без отклонений климатических условий от нормальных – 0,5 МОм;
- стационарные электрические плиты – 1 МОм;
- щитовые с расположенными в них электропроводками и кабелями – 1 МОм;
- электротехнические приемники, работающие от напряжений до 50 Вольт – 0,3 МОм;
- электромоторы и агрегаты с питающим напряжением 100-380 Вольт – не менее 0,5 МОм.

Приборы для измерения сопротивления изоляции условно делятся на две группы: щитовые измерители переменного тока и малогабаритные приборы (они переносятся вручную). Первые образцы применяются в комплекте с подвижными или стационарными установками, имеющими собственную нейтраль. Конструктивно они состоят из релейной и индикаторной частей и способны непрерывно работать в действующих сетях 220 или 380 Вольт.

Чаще всего замеры сопротивления изоляции электропроводки организуются и проводятся с использованием мобильных устройств, называемых мегаомметрами. В отличие от обычного омметра, это прибор предназначается для измерений особого класса, основанных на оценке состояния изоляции при воздействии на нее высокого напряжения.

Известные модели этих приборов бывают аналоговыми и цифровыми. В первых из них для получения нужной величины испытательного напряжения используется механический принцип (как в «динамо-машине»). Специалисты нередко называют их «стрелочными», что объясняется наличием градуированной шкалы и измерительной головки со стрелкой.

Эти устройства достаточно надежны и просты в обращении, но на сегодня они морально устарели. Основное неудобство работы с ними состоит в значительном весе и больших габаритах. На смену им пришли современные цифровые измерители, в схеме которых предусмотрен мощный генератор, собранный на ШИМ контроллере и нескольких полевых транзисторах. Такие приборы отличаются сравнительно небольшим весом и малыми размерами, что очень удобно при проведении полевых испытаний.

Методы измерений сопротивления изоляции зависят от объекта, на котором требуется оценить ее качество. Это могут быть:

- электропроводка;
- силовые кабели высокого напряжения;
- низковольтные линии электропередач;
- контрольные кабели.

Для каждой из этих электротехнических категорий выбираются индивидуальные методики измерения сопротивления изоляции. Рассмотрим все перечисленные варианты более подробно.

Электропроводка

Перед началом измерительных процедур электропроводка и распределительные коробки осматриваются на предмет отсутствия разрывов и явных разрушений. После этого обследуются места подсоединения проводов к типовым розеткам и выключателям. Начинать замеры сопротивлений изоляции допускается лишь после того, как проводка полностью обесточена, а все потребители на объекте отключены от нее.

В однофазной сети измерение сопротивления изоляции проводят в следующей последовательности:

1. Сначала щупы мегаомметра подключаются между фазной и нулевой жилами проводки.
2. Затем определяется сопротивление изоляции между фазной и центральной жилой защитного заземления.
3. Количество проведенных измерений соответствует комплекту проводов в линии.

Если при снятии показаний мегаомметр показывает сопротивление менее 0,5 Мом – электрическую линию придется разбить на более короткие отрезки. По результатам последующих обследований каждого из них находится участок с неудовлетворительным качеством изоляции. Его в последствии нужно будет полностью заменить.

Силовые кабели высокого напряжения

Перед измерением изоляции силового кабеля последний проверяется на отсутствие на нем опасных напряжений. Кроме того, для подготовки измерительной схемы потребуется проделать следующие операции:

- прежде всего, с токоведущих жил посредством переносного заземления нужно снять остаточный заряд;
- кабель полностью очищается от пыли и грязи, мешающих измерительному процессу.
- необходимо ознакомиться с паспортными данными кабеля (там указывается искомый параметр, полученный по результатам заводских испытаний). Эта операция необходима для того, что заранее определиться с рабочим пределом, выставляемом на приборе.

Измерение сопротивления изоляции мегаомметром начинается с контрольной проверки каждой из фаз по отношению к заземленной стальной оболочке. И лишь после этого проверяется сопротивление между фазами. В процессе снятия показаний недопустимо, чтобы измерительные концы соприкасались между собой, а также контактировали с заземляющими конструкциями и стальной оболочкой.

Если обнаружится, что сопротивление изоляции ниже допустимого уровня – в соответствии с требованиями ПУЭ проводится дополнительные замеры. Они предполагают проведение измерений изоляции всех фаз по отношению к земле и оценку величины проводимости между фазными проводниками.

Для повышения точности снятия показаний, указывающих на величину сопротивления изоляции проводов, делается несколько замеров. Их общее число варьируется: для 3-х жильного кабеля в пределах 3-6 измерений, а для пятижильного может потребоваться 4, 8 или даже 10 подходов.

Согласно правилам ТБ эту операцию необходимо проводить в диэлектрических перчатках и следовать следующим правилам:

- у нулевых рабочих и защитных шин изоляция должна быть равноценна защитному покрытию фазных проводников;
- со стороны источников питающего напряжения и его приемника нулевые проводники следует отсоединять от заземленных элементов цепи;
- проведение замеров в силовых электропроводках проводится только при полностью снятом напряжении, выключенных вводных автоматах или рубильниках.

Последний пункт дополняется обязательным требованием вынуть предохранители, отключить все имеющиеся приемники и вывернуть электролампы.

Низковольтные силовые кабели

При работе с низковольтными силовыми линиями они в первую очередь проверяются на предмет отсутствия на их элементах опасных напряжений. Подобно уже рассмотренным высоковольтным кабелям перед обследованием этих изделий потребуется проделать следующие операции:

- с токоведущих жил при помощи переносного заземления снимается опасный остаточный заряд.
- по завершении этой операции оболочка кабеля и его рабочие жилы полностью очищаются от пыли и грязи.
- изучаются документы (паспорт, например), где указывается нормируемое сопротивление изоляции для испытуемого образца. Эта операция проводится с целью примерной оценки измеряемой величины и выбора нужного предела измерения на приборе.

Проводить измерения рекомендуется в следующей последовательности:

- сначала измеряется искомое сопротивление между фазными жилами испытуемой кабельной линии («А»-«В», «В»-«С» и «А»-«С»).
- затем по очереди оценивается состояние изоляция каждой из фаз относительно нулевого провода (N).
- проводится измерение сопротивления изоляции между каждой фазой и заземляющим проводом РЕ (проводится при проверке трехфазного пятижильного проводника). Для проведения этой операции нулевой провод отсоединяется от заземляющей шинки, после чего измеряются сопротивления между жилами N и РЕ.

По завершении каждого очередного действия необходимо «снимать» остаточный заряд.

Контрольные кабели

Порядок проведения измерений следующий:

1. Сначала с проверяемой стороны кабеля выводы токопроводящих жил аккуратно разделяются и зачищаются, а затем разводятся одна от другой на некоторое удаление (порядка 5-10 см).
2. Далее измеряемая жила подключается к одному из выводов мегаомметра, а все остальные жилы скручиваются и подсоединяются ко второму выводу.
3. Подается испытательное напряжение.
4. Испытания продолжаются не менее минуты, по истечении которой результат фиксируется по шкале, а затем заносится в учетный журнал.
5. Далее все описанные операции выполняются с каждой сигнальной жилой отдельно (она подключается к прибору, а все другие скручиваются и соединяются со вторым контактом, который в свою очередь связан с землей).

По окончании измерений с рабочих жил снимают остаточный заряд,

Заполнение протокола измерения сопротивления изоляции

По окончании проверки сопротивления изоляции заполняется протокол проверки.

Документ заполняется с одной стороны листа. В верхней его части слева прописывается полное наименование исполнителя замера с адресными данными. Также необходима информация того же формата о заказчике. Ниже в бланке расположено название договора. Рядом с ним ставится номер документа, заносимый в регистры. Здесь же ставится дата постановки подписи.

Для удобства предоставления информации конкретные данные о кабелях и их проводимости, согласно проведенным измерениям, представляются в виде двух таблиц.

Первая имеет следующие графы:

- порядковый номер.
- название присоединения.
- марка кабеля, количество жил, их сечение. По возможности нужно указывать, имеется ли на жилах кабеля изоляция и из какого материала состоит проводник (по умолчанию подразумевается медь, но есть и варианты проводников с внешней медной оболочкой, а внутренним содержанием из алюминия). Если исследуется на сопротивление провод, то тоже нужно указать, сколько у него жил, изолирован ли он.
- сопротивление изоляции в жиле L–N.
- сопротивление изоляции в L–PE.
- сопротивление изоляции в N–PE.
- заключение о соответствии.

Вторая описывает используемое при замерах оборудование и состоит из столбцов с такими сведениями, как:

- порядковый номер;
- название прибора;
- тип;
- заводской номер;
- диапазон доступных измерений;
- основная погрешность;
- номер свидетельства;
- дата последней проверки;
- дата очередной проверки прибора.

Примерный вид протокола приведен на рисунке 1.

Наименование организации: Адрес:														
Заказчик: Адрес:														
ПРОТОКОЛ №														
Измерение сопротивления изоляции проводов и кабелей Ураб. до 1000 В (система TN)														
г. _____ 20 г.														
№	Наименование, № фидера или	Марка кабеля (провода), количество жил (проводов), сечение	Испытательное напряжение, В	Сопротивление изоляции (МОм)										Заключение о соответствии
				L1-L2	L2-L3	L1-L3	L1-N	L2-N	L3-N	L1-PE (PEN)	L2-PE (PEN)	L3-PE (PEN)	N-PE (PEN-3*)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3* - корпус заземлен ТП, корпус распределительного щита, внешнего заземления проводником с корпусом заземлен ТП (исключено питание)														
Перечень применяемого оборудования и средств измерений														
№ шт	Наименование прибора	Тип	Заводской номер	Диапазон измерений	Основная погрешность	Номер свидетельства	Дата последней	Дата очередной						
Нормативный документ, на соответствие требованиям которого проведены испытания: _____ Заключение: _____														

Рисунок 1- Протокол проверки сопротивления изоляции

В обеих таблицах может быть заполнена как одна, так и несколько строк. Замеры совсем без оборудования проводиться не могут, поэтому заполнение второй таблицы при

существовании документа обязательно. В самом конце таблиц обязательно указывается нормативный документ, на соответствие которому была проверена изоляция конкретной однофазной цепи.

Исходя из данных таблиц и информации, встречающейся в документах, должен быть сделан вывод: соответствует изоляция проводника заявленным требованиям или нет. Он формулируется в письменном виде, в специальной графе «Заключение». В бланке для этого предусмотрена всего одна строка, так как достаточно будет одного слова или предложения «соответствует» либо «не соответствует».

Задание:

После ознакомления с теоретическим материалом письменно ответьте на вопросы:

1. Назовите причины старения изоляции кабелей.
2. Укажите нормы сопротивления изоляции кабелей для различных электрических цепей и электроустановок.
3. Какими приборами проводится измерение сопротивления изоляции кабелей?
4. Опишите порядок проведения измерения сопротивления изоляции кабелей для различных категорий электрических цепей.
5. В каком документе отражаются результаты измерения сопротивления изоляции и какие разделы он включает?

Форма предоставления результата: отчет с ответами на вопросы.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении задания ответы на вопросы приведены в полном объеме, с соблюдением установленных правил, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 2.5. Эксплуатация и ремонт оборудования трансформаторных подстанций и распределительных устройств

Практическое занятие № 8 Ремонт силовых трансформаторов

Цель работы:

Изучить основные виды ремонта силовых трансформаторов.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования;
- планировать ремонтные работы.

Материальное обеспечение: Конспект, учебник

Краткие теоретические сведения

Текущий ремонт трансформаторов (без выемки сердечника) проводят одновременно с ремонтом остального оборудования — трансформаторных подстанций, но не реже одного раза в четыре года. Повреждения трансформаторов вызывают нарушение действующих правил эксплуатации, аварийные и неправильные режимы работы, старение изоляции обмоток, некачественная сборка их на заводе или при монтаже и ремонте. Опыт монтажа и ремонта трансформаторов показывает, что две трети повреждений возникает в результате неудовлетворительного ремонта, монтажа и эксплуатации и одна треть — вследствие заводских дефектов.

Основные повреждения падают на обмотки, отводы, выводы и переключающие устройства (около 84 %). Серьезная неисправность трансформаторов возникает при повреждении магнитопровода, вследствие нарушения изоляции между отдельными листами стали и стягивающими их болтами. В стыковых магнитопроводах причиной аварий бывает нарушение изоляции в стыках между ярмом и стержнями. Местные нагревы стали магнитопровода (рис. 1) возникают в результате разрушения или износа изоляции стяжных болтов, повреждения межлистовой изоляции и плохого контакта электрических соединений.

В последнее время начато изготовление трансформаторов мощностью 160—630 кВ•А с пространственным магнитопроводом, который отличается от плоского тем, что вертикальные оси стержней находятся в разных плоскостях (рис. 1). Стальные листы стержня у такого магнитопровода спрессованы бандажом из изоляционного материала или стальной лентой с прокладкой изоляционного материала вместо шпилек. Трансформаторы с такой конструкцией стержней иногда называют бесшпильчными.

Эти магнитопроводы имеют ряд преимуществ перед обычными плоскими: уменьшаются трудозатраты на изготовление магнитопровода и его сборку; повышается надежность стержня, так как прессующие шпильки отсутствуют; уменьшаются потери холостого хода, так как сечение стержня увеличивается за счет отсутствия отверстий под шпильки, в результате чего при равных мощностях трансформаторов для пространственного магнитопровода требуется меньше стали.

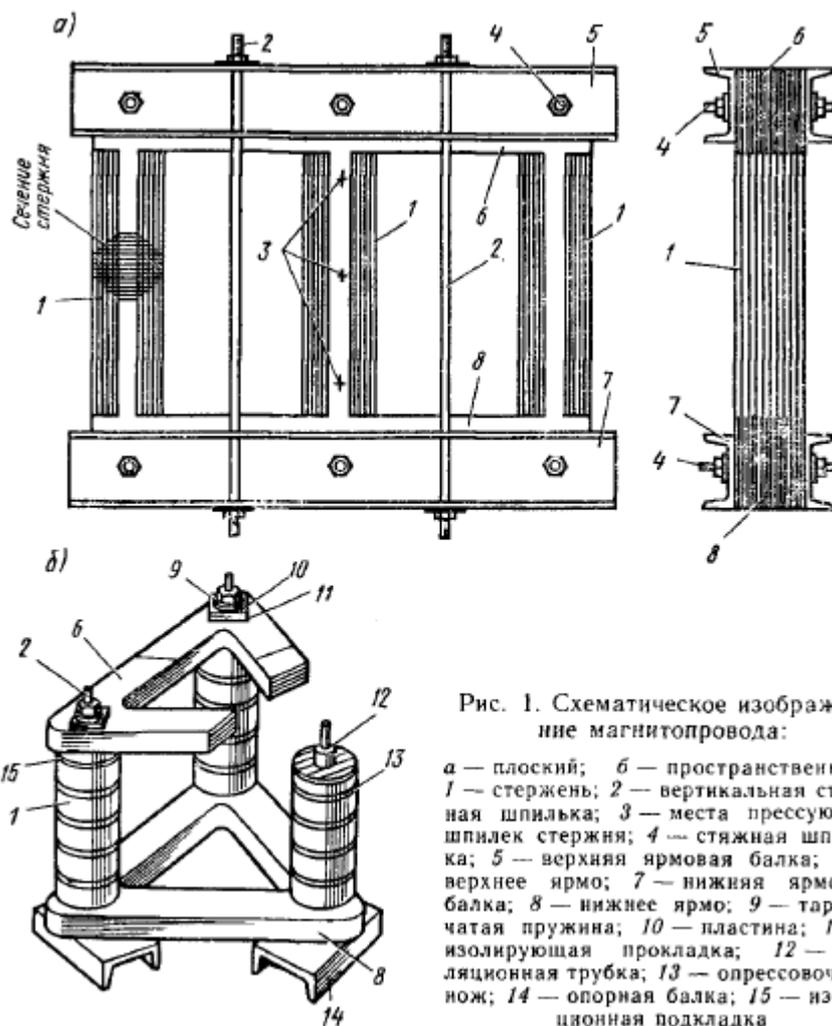


Рис. 1. Схематическое изображение магнитопровода:

а — плоский; б — пространственный;
 1 — стержень; 2 — вертикальная стяжная шпилька; 3 — места прессующих шпилек стержня; 4 — стяжная шпилька; 5 — верхняя ярмовая балка; 6 — верхнее ярмо; 7 — нижняя ярмовая балка; 8 — нижнее ярмо; 9 — тарельчатая пружина; 10 — пластина; 11 — изолирующая прокладка; 12 — изоляционная трубка; 13 — опрессовочный нож; 14 — опорная балка; 15 — изоляционная подкладка

Пространственный магнитопровод изготовляют не шихтованным, а стыковым. Ярмо и стержни соединяются в магнитную цепь стыковкой. Во избежание замыкания листов стали ярма и стержня между ними предусмотрена изоляционная прокладка. Межвитковые замыкания в обмотках и секционные пробойи и замыкания возникают при пикообразных нагрузках или коротком замыкании (к.з.) и в результате деформации секций от механических усилий при токах к. з. и при повреждении изоляции трансформатора от атмосферных перенапряжений. Обрывы заземления магнитопровода также приводят к повреждению трансформатора, поэтому все металлические части магнитопровода, кроме стяжных шпилек, соединяют с баком трансформатора, который надежно заземлен полоской луженой жести или латуни толщиной 0,5 и шириной 25—30 мм. Способы заземления магнитопровода зависят от его конструкции. Это соединение можно выполнить перемычкой между вертикальным прессующим болтом и болтом, крепящим крышку к баку трансформатора.

Обмотки — наиболее уязвимая часть трансформаторов, часто выходящая из строя. Наиболее распространенные повреждения обмотки — замыкания между витками и на корпус, межсекционные пробойи, электродинамические разрушения, обрыв цепи. Эти повреждения происходят в результате естественного износа изоляции, нарушения ее механической прочности при сроке работы свыше 15 лет. Изоляция разрушается также при длительных перегрузках трансформатора, сопровождаемых перегревом обмоток выше допустимого значения.

При сквозных токах к. з. вследствие динамических усилий наблюдается деформация обмоток, сдвиг их в осевом направлении и, как правило, механическое

разрушение изоляции. Отгорание выводных концов, электродинамические усилия, небрежное соединение концов вызывают обрыв цепи обмоток, замыкание их на корпус или пробой с выходом трансформатора из строя.

Основные неисправности выводов трансформаторов — трещины, сколы и разрушения изоляторов в результате атмосферных перенапряжений, наброса металлических предметов или попадания животных на трансформатор, что приводит к межфазному короткому замыканию на выводах, а также загрязнения изоляторов, некачественная армировка и уплотнение, срыв резьбы стержня при неправильном навинчивании и затягивании гайки. Наиболее характерные повреждения выводов — течь масла между фланцем вывода и крышкой, в армировке или в месте выхода стержня.

Фланец представляет собой чугунную обойму и предназначен для крепления фарфорового вывода (изолятора) на крышке трансформатора; фарфоровый изолятор армирован во фланце армировочной замазкой, а фланец закрепляется на крышке трансформатора болтами. Между фланцем и крышкой плотно уложена резиновая прокладка, которую следует осмотреть при ремонте.

Наиболее частые повреждения переключателей — оплавление или полное выгорание контактных поверхностей, вызываемое термическим действием токов к. з. при недостаточном давлении (нажатии) подвижных контактов на неподвижные или неполном их соприкосновении между собой.

Для подбора материалов, инструмента и приспособлений, необходимых для ремонта, предварительно в результате испытаний выясняют характер и виды неисправностей в работе трансформатора и устанавливают объем ремонтных работ и комплектность деталей трансформатора. Сведения о неисправностях (дефектации) трансформатора и о том, что именно подлежит исправлению, получают в первую очередь от персонала, ведущего эксплуатацию. Тщательно осмотрев трансформатор, составляют дефектную ведомость, в которой указывают объем ремонтных работ, перечисляют требующиеся материалы и инструменты. Одновременно с этим проверяют количество и качество масла, находящегося в трансформаторе, и состояние изоляции его обмоток. Если в результате такого обследования установлено, что внутренних неисправностей в трансформаторе нет и масло в нем годное для дальнейшей эксплуатации, то остальные видимые дефекты устраняют без выемки из бака сердечника с обмотками.

Более серьезные неисправности проводят с разборкой трансформатора.

Разборку масляных трансформаторов начинают со слива масла. Слив происходит при открытом отверстии в крышке.

После того как уровень масла понизится ниже рамы трансформатора, отвинчивают болты крышки и вместе с гайками и шайбами складывают их в отдельную тару. Если крышка не связана с активной частью магнитопровода, то, открыв на ней люки, отсоединяют отводы от контактных зажимов вводов и шарнирную часть привода переключателя. Если крышка связана с активной частью, отсоединения переключателя не требуется. У трансформаторов с устройством для регулировки напряжения под нагрузкой перед подъемом активной части снимают горизонтальный вал, соединяющий переключатель с контактами, отключают отводы от контактов, предварительно промаркировав их.

Подъем активной части выполняют осторожно, наблюдая за подкрышечным уплотнением, чтобы не порвать его. После подъема на высоту 150—200 мм проверяют правильность строповки, надежность тормозов и снова опускают активную часть на дно бака (затем расставляют людей по своим рабочим местам) и поднимают ее над баком на 200—300 мм. В таком положении активную часть оставляют на несколько минут для того, чтобы масло стекло полностью в поставленный противень. Затем активную часть перемещают в сторону от бака и опускают на надежный настил из шпал или досок или, отодвинув бак в сторону, опускают ее на место бака. При проверке креплений активной

части ослабленные гайки после их подтяжки раскернивают, а ослабленные деревянные шпильки обматывают нитками.

Подняв выемную часть трансформатора, осматривают ее. При этом проверяют чистоту обмоток. Твердые парафиновые отложения очищают плотными тряпками или мягкой кистью, смоченными в бензине. Почерневшие или подгоревшие места катушек свидетельствуют о межвитковом замыкании обмоток или пробое на корпус; при этом выявляют на ощупь места ослабления витков. В этих местах, как правило, поврежденной оказывается изоляция обмотки, обуглившаяся в результате межвитковых замыканий, не видимых с внешней стороны. Внешним осмотром проверяют состояние изоляции, отсутствие деформации и смещений обмоток или их витков, наличие изоляционных прокладок, клиньев, распорок.

При внешнем осмотре обращают внимание на состояние переключателей, бака, расширителя, соединительных трубопроводов и уплотнений, изоляторов выводов и их армировку, при этом все обнаруженные дефекты фиксируют в дефектационной карте стандартного образца.

Магнитопровод разбирают в следующем порядке: распаивают соединения катушек и выводов; снимают болты (шпильки), стягивающие верхнее ярмо; расшихтовывают его; записывают порядок укладки отдельных листов; обвязывают концы стержней сердечника миткалевой лентой, чтобы они не расходились веером и не портили изоляции катушек; снимают катушки. Затем, если это требуется для ремонта, следует расшихтовать весь магнитопровод.

Если листы магнитопровода проржавели или имеют видимые повреждения, то изготавливают новые. При изготовлении новых листов стали для магнитопровода руководствуются следующим: раскрой стали выполняют так, чтобы длинная сторона изготавливаемого листа была обязательно вдоль проката, так как совпадение направления магнитного потока с направлением проката снижает сопротивление магнитопровода; листы не должны иметь заусенцев — это достигается либо штамповкой листов, либо последующим снятием заусенцев, которые образуются при вырезании листов ножницами. Отверстия в стали для стяжных шпилек выполняют только штампом, сверление не допускается.

При ремонте очищают бак трансформатора осадков грязи. Места течи заваривают газосваркой, предварительно очистив место сварки от масла и краски. Также проверяют состояние и работоспособность расширителя, выхлопной трубы и крышки. Особое внимание обращают на переключатели напряжения.

Частыми повреждениями переключателей являются оплавления и подгорания контактных поверхностей. При значительных оплавлениях и полном выгорании контактов переключатель заменяют новым. Для устранения повреждений пружины переключатель проверяют путем переключения его по всем ступеням. Исправная пружина для переключателей должна обеспечивать усилие контактов в рабочем положении, равное 50—60 Н.

Каждое положение переключателя должно четко фиксироваться, что сопровождается щелчком. При осмотре переключателя его следует очистить, закрепить и подтянуть контакты. Иногда контактная поверхность переключателей покрывается очень стойкой, твердой и тонкой пленкой — продуктом старения масла. Ее удаляют, протирая поверхность колец и стержней контактов тряпкой, смоченной ацетоном. Применение для этой цели наждачной бумаги недопустимо, так как она может повредить никелированную поверхность. Другие неполадки в работе переключателей наблюдаются только вследствие неправильной регулировки головки привода из-за неточной установки конусной шайбы.

После того как отремонтированы все детали, приступают к сборке трансформатора. На стержни магнитопровода насаживают отремонтированные обмотки — сначала обмотки НН, затем обмотки ВН, вставляют в бак, закрывают крышку и устанавливают все другие элементы трансформатора. После сборки трансформатор сушат.

Существует несколько методов сушки выемной части трансформаторов, но наиболее распространенным и доступным в ремонтной практике является способ индукционного нагрева. При этом способе на наружные стенки бака, предварительно утепленные асбестом, наматывают изолированный провод. Необходимое количество витков определяют расчетом или опытом. По обмотке пропускают ток расчетной величины при определенном напряжении.

Для циркуляции в баке нагретого воздуха на крышке устанавливают вытяжную трубу высотой 1,5—2 м, а внизу бака открывают одно из отверстий. Температура контролируется термометрами. Сушку ведут непрерывно. Периодически замеряют сопротивление изоляции обмоток, и если оно в течение 6—8 ч не изменяет своего значения при постоянной температуре в баке 105 °С, то сушку считают законченной. Отремонтированный и высушенный трансформатор подвергают испытаниям, конечной целью которых является проверка качества ремонта, правильности сборки и соответствия технических характеристик собранного трансформатора требованиям стандарта. В процессе ремонта и сборки отдельных частей трансформатора проводят промежуточные испытания, по которым судят о качестве ремонта.

После капитального ремонта трансформаторов с заменой обмоток проводят химический анализ и проверяют масло на электрическую прочность — испытывают его повышенным напряжением переменного тока; определяют потери тока холостого хода; проверяют группы соединений и коэффициент трансформаций; измеряют омическое сопротивление обмоток, сопротивление изоляции постоянному току; проверяют изоляцию стяжных болтов и ярмовых балок, характеристики изоляции масляных трансформаторов, потери и напряжения к. з.; проводят испытание бака на отсутствие течи и просачивание масла, на нагрев, динамическую и термическую устойчивость при внезапных коротких замыканиях, давление контактов переключателя.

Трансформаторы испытывают в собранном состоянии с установленными на них деталями и узлами, которые могут оказать влияние на результаты испытаний. Все полученные результаты заносят в паспорт трансформатора. После капитального ремонта без смены обмоток из указанных испытаний не требуется определять ток холостого хода, проверять группы соединений и коэффициент трансформации. Для трансформаторов до 630 кВ • А включительно (без смены обмоток) количество испытаний сводят к минимуму и ограничиваются измерениями сопротивления изоляции и испытанием повышенным напряжением, анализом и испытанием масла.

Задание:

После ознакомления с теоретическим материалом письменно ответьте на вопросы:

1. Перечислите основные повреждения силовых трансформаторов.
2. Перечислите основные повреждения обмоток трансформаторов.
3. Назовите основные операции при разборке магнитопровода.
4. Как проверяют трансформаторы после ремонта?

Форма предоставления результата: отчет с ответами на вопросы.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении задания ответы на вопросы приведены в полном объеме, с соблюдением установленных правил, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах.

оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах;

оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками без соблюдения установленных правил ;

оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 2.5. Эксплуатация и ремонт оборудования трансформаторных подстанций и распределительных устройств

Практическое занятие № 9

Эксплуатация трансформаторного масла

Цель работы:

Изучить основные свойства трансформаторного масла и правила его эксплуатации

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования;
- планировать ремонтные работы.

Материальное обеспечение: Конспект, учебник

Краткие теоретические сведения

Особое значение в эксплуатации электроустановок имеет хорошее качество трансформаторного масла и правильная его эксплуатация, которое играет существенную роль в экономике энергохозяйства промышленных предприятий, так как при этом экономятся средства, расходуемые на масло, и сокращается необходимость в ремонте трансформаторов и других маслонаполненных аппаратов.

О состоянии и качестве трансформаторного масла судят по его химическим, механическим и электротехническим свойствам: кислотности, содержанию воды, механических примесей и взвешенного угля, вязкости, температуре вспышки и пробивному напряжению. Большое влияние на качество масла оказывает его окисление кислородом атмосферы, с которой масло находится в постоянном соприкосновении. Этому процессу способствуют солнечный свет, высокая температура и некоторые другие факторы. Повышение кислотности масла отрицательно отражается на изоляции обмоток трансформатора; приводит к ее химическому разрушению; понижает его электрическую прочность, являющуюся одной из важнейших характеристик трансформаторного масла.

Показателями, характеризующими степень окисления масла, являются кислотное число и реакция водной вытяжки. Кислотное число определяет количество миллиграммов едкого калия, которое требуется для нейтрализации всех свободных кислот в масле. Реакция водной вытяжки характеризует наличие в масле низкомолекулярных (нерастворимых) кислот. В годном для эксплуатации масле реакция водной вытяжки должна быть нейтральной. Важное значение в нормальной работе изоляционного масла имеет его вязкость и температура вспышки, т. е. температура, при которой пары масла, нагреваемого в закрытом сосуде, образуют смесь, вспыхивающую, когда к ней подносят пламя. Для того чтобы изоляционное масло лучше отводило теплоту от нагретых элементов, оно должно хорошо циркулировать, т. е. обладать небольшой вязкостью. Температура вспышки масла не должна быть ниже установленных значений во избежание воспламенения масла при повышении температуры, вызванном перегрузкой трансформатора или масляного выключателя.

Содержание в масле механических примесей также определяет его качество. Примеси могут появиться при эксплуатации масла в результате растворения красок, лаков и изоляции, в виде угля, который образуется при электрической дуге, и также в виде осадка (шлама), представляющего собой продукты распада масла. Механические примеси в масле оказывают неблагоприятное влияние на работу трансформаторов и масляных выключателей — вызывают перекрытие между изолированными друг от друга элементами, понижают электрическую прочность масла. Необходимо отметить, что

загрязнение и старение масла в процессе его эксплуатации ведет к повышению диэлектрических потерь в масле. Цвет масла в процессе эксплуатации изменяется и поэтому может также характеризовать его качество. Свежее масло имеет обычно светло-желтый цвет.

В процессе эксплуатации масло темнеет и приобретает темно-коричневую окраску. Изменение цвета масла происходит под влиянием его нагрева и загрязнения смолами и осадками. Вследствие того, что характеристика масла в процессе эксплуатации ухудшается, его качество приходится периодически проверять. Такие проверки осуществляют один раз в три года, делая сокращенный анализ масла. Масло, годное для эксплуатации, должно удовлетворять следующим определенным требованиям.

После капитальных ремонтов трансформаторов и других маслonaполненных аппаратов производят сокращенный анализ масла. Масло многообъемных масляных выключателей дополнительно проверяют на содержание взвешенного угля после отключения короткого замыкания (если токи к. з. превышают половину паспортного значения). Срок периодических испытаний при неблагоприятных для изоляционного масла условиях эксплуатации сокращают. К таким условиям относят, например, высокую рабочую температуру, влажный климат. Изоляционное масло, которое в эксплуатации не удовлетворяет указанным требованиям, восстанавливают.

При эксплуатации уровень масла в трансформаторах и выключателях постепенно понижается вследствие его испарения и периодических отборов для испытаний; поэтому время от времени масло доливают. В отдельных случаях смешение масел приводит к ухудшению их качества; поэтому смешивать масла можно лишь в том случае, если это подтверждается лабораторными испытаниями.

При применении масла в условиях низкой температуры особое значение приобретает температура застывания масла. При низкой температуре окружающей среды повышается вязкость масла, а это приводит к понижению скорости движения траверсы выключателя и ухудшает циркуляцию масла в маслonaполненных аппаратах. По нормам температура застывания масла для масляных выключателей, находящихся в неотапливаемых помещениях или на открытых РУ и ПС, в районах, где температура воздуха не бывает ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, должна быть не выше $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ для масляных выключателей и $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ для трансформаторов. Температура застывания масла для остальных районов должна быть не выше $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В настоящее время в эксплуатации находят применение кроме южных нефтей также и сернистые нефти западно-сибирских и восточных месторождений, отличающиеся от южных своим составом. Масло из сернистых нефтей можно смешивать с другими, но при условии, чтобы стабильность смеси была не хуже, чем у компонента с более низкой стабильностью. Масла из сернистых нефтей увеличивают переходное сопротивление на подвижных контактах и поэтому при вскрытии аппаратов, залитых этим маслом, осматривают контакты и измеряют их сопротивление постоянному току.

При отборе пробы масла для анализа и испытании соблюдают большую аккуратность, так как от этого в значительной мере зависят результаты проверок. Из основных правил, которыми руководствуются при отборе проб масла для его анализа, необходимо отметить следующее: перед отбором пробы масла следует тщательно протереть кран или пробку, через которые отбирается проба; для отбора пробы необходимо промыть маслопропускное отверстие путем выпуска некоторого количества масла; в качестве посуды для отбора масла пользуются хорошо промытыми стеклянными банками емкостью 0,5—1 л с притертыми пробками (моют и подготавливают банки в лаборатории, в которой испытывается масло); перед заполнением банок маслом для анализа их следует два раза сполоснуть маслом, предназначенным для анализа, лишь после этого банки заполняют маслом доверху и тщательно закрывают; пробы масла из аппаратуры открытых ПС необходимо брать лишь в сухую погоду, с тем чтобы в масло не мог попасть сырой воздух; пробы масла во избежание возможных в нем изменений

должны доставляться в лабораторию для анализа не позднее чем через семь дней после отбора масла; пробы масла снабжают ярлыками, в которых указывают, откуда и когда оно взято.

При работе персонала с маслом спецодежду (хлопчатобумажные костюмы летом и ватные телогрейки зимой) пропитывают маслом и она может при соприкосновении с огнем воспламениться, поэтому поверх спецодежды надевают куртку и брюки из капронового пластика, защищающего ее от масла.

В связи с тем, что капрон от нагревания плавится и загорается, хлопчатобумажную спецодежду дополнительно обрабатывают специальным огнезащитным составом, который защищает ее от воспламенения, горения и тления при кратковременном соприкосновении с огнем, раскаленными предметами, искрами и т. п.

Если не принимать профилактических мер, трансформаторное масло сравнительно быстро ухудшает свои качества. При этом его приходится часто проверять, подвергать очистке и смене. Все это в значительной мере удорожает расходы по его эксплуатации. В настоящее время принимаются меры, направленные на замедление процессов старения изоляционного масла. Например, широко применяется способ циркуляции масла через термосифонный фильтр, в котором находится силикагель, поглощающий продукты старения масла, благодаря чему качества масла непрерывно восстанавливаются. Термосифонная регенерация масла производится без отключения трансформаторов, что особенно важно при работе трансформаторов, не имеющих резерва трансформаторной мощности.

Применение трансформаторных масел с присадкой к ним антиокислителей ВТИ-1 повышает стабильность масла, так как при этом задерживается процесс его окисления. Одни из видов защиты масла от окисления — азотный. При этом способе соприкосновению масла с воздухом препятствуют создаваемые в баке трансформатора азотные подушки, предотвращающие также возможное его окисление.

Если масло не удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям, принимают меры к восстановлению его свойств. Метод восстановления масла, находившегося в эксплуатации, выбирают в зависимости от характера ухудшения качества масла. Если ухудшение качества масла не связано с изменением его химических свойств, а обуславливается наличием в нем нерастворимых механических примесей, частиц угля и воды, восстановить масло можно простым отстоем, фильтрованием и очисткой в центрифугах.

При фильтровании масло продавливается через фильтровальный картон, поглощающий воду из масла. При очистке масла центрифугированием применяют два способа: кларификация и пурификация (различаются сборкой тарелок барабана). При *кларификации* масло очищается главным образом от механических примесей, шлама и угля, оседающих в грязевике барабана. После такой очистки масло осветляется. В случае если масло содержит воду в значительном количестве, находят применение способ *пурификации*, при котором вода непрерывно отводится из центрифуги.

Изоляционное масло, подвергшееся окислению, указанными способами улучшить нельзя, и приходится прибегать к регенерации масла. Регенерация масла осуществляется путем его обработки щелочью, серной кислотой и отбеливающими землями. Обработка масла отбеливающими землями приводит к нейтрализации остаточных кислот в масле после его кислотной очистки.

Задание:

После ознакомления с теоретическим материалом письменно ответьте на вопросы:

1. Перечислите основные химические и электротехнические свойства трансформаторного масла и его показатели.

2. Каким требованиям должно удовлетворять трансформаторное масло для нормальной работы?
3. Назовите периодичность взятия проб масла из трансформаторов.
4. Перечислите правила, которые необходимо соблюдать при отборе проб масла.

Форма предоставления результата: отчет с ответами на вопросы.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении задания ответы на вопросы приведены в полном объеме, с соблюдением установленных правил, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах.

оценка «хорошо» выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах;

оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками без соблюдения установленных правил ;

оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если работа не выполнена.

Тема 2.5. Эксплуатация и ремонт оборудования трансформаторных подстанций и распределительных устройств

Практическое занятие № 10

Режимы работы силовых трансформаторов

Цель работы:

Изучить основные режимы работы трансформаторов

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- планировать и проводить профилактические осмотры электрооборудования;
- планировать ремонтные работы.

Материальное обеспечение: Конспект, учебник

Краткие теоретические сведения

Одной из главных задач эксплуатации трансформаторов является контроль режима их работы. Этот контроль осуществляется путем проверки нагрузки трансформатора, напряжения на обмотках, температуры масла и других параметров. На подстанциях с постоянным дежурством персонала контроль осуществляется с периодичностью 1...2 часа с фиксированием параметров режима в суточной ведомости.

На подстанциях без постоянного дежурства персонала контроль режима трансформаторов осуществляется при каждом посещении подстанции оперативным персоналом, но не реже 1 раза в месяц.

Силовые трансформаторы могут работать в различных режимах, характеризующихся нагрузкой, напряжением, условиями окружающей среды и другими факторами.

Номинальным режимом трансформатора называется режим его работы при номинальном напряжении, номинальной нагрузке и температуре охлаждающей среды (воздуха) +20°C.

Из приведенного определения видно, что длительный номинальный режим является идеализированным (практически недостижимым) режимом. Однако считается, что в таком режиме трансформатор способен проработать установленный заводом-изготовителем срок службы.

Нормальным называется режим работы трансформатора, при котором его параметры отклоняются от номинальных в пределах, допустимых стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами.

При нагрузке, не превышающей номинальную, допускается продолжительная работа трансформатора при *повышении напряжения* на любом ответвлении любой обмотки на 10% сверх номинального напряжения данного ответвления. При этом напряжение на любой обмотке не должно быть выше наибольшего рабочего напряжения $U_{раб.мах}$, определяемого надежностью работы изоляции и нормируемого ГОСТ 721-77

в следующих пределах от номинального напряжения электрической сети $U_{ном}$:

$U_{ном} = 6,10 \text{ кВ}$	$U_{раб.мах} = 1,2U_{ном}$
$U_{ном} = 35,110 \text{ кВ}$	$U_{раб.мах} = 1,15U_{ном}$
$U_{ном} = 220 \text{ кВ}$	$U_{раб.мах} = 1,1U_{ном}$

Допускается *режим параллельной работы* трансформаторов при условии, что ни один из них не будет перегружен. Для этого должны выполняться следующие условия:

- группы соединений обмоток трансформаторов должны быть одинаковыми;
- соотношение мощностей трансформаторов не более 1:3;
- отличие коэффициентов трансформации не более чем на 0,5%;
- отличие напряжений короткого замыкания не более чем на 10%;
- произведена фазировка трансформаторов.

При параллельной работе трансформаторов и переменном графике их суммарной нагрузки возможна оптимизация количества работающих трансформаторов в течение суток. Критерий оптимальности — минимум потерь активной мощности.

Режим холостого хода

Под холостым ходом трансформатора понимают такой режим его работы, при котором к зажимам первичной обмотки подводится напряжение, а вторичная обмотка разомкнута, при этом $I_2 = 0$.

В режиме холостого хода потребляемая трансформатором активная мощность расходуется только на покрытие потерь в стали магнитопровода и в первичной обмотке от тока холостого хода $I_0^2 \cdot r_1$. Потери, возникающие при этом в магнитопроводе, называют *магнитными* и обозначают P_M а суммарные потери в режиме холостого хода (при номинальных первичном напряжении и частоте) называют *потерями холостого хода* и обозначают P_0 :

$$P_0 = P_M + I_0^2 \cdot r_1,$$

где r_1 — активное сопротивление первичной обмотки трансформатора.

Особенностью потерь холостого хода является их постоянство и независимость от режима нагрузки трансформатора.

Режим нагрузки трансформатора

В трансформаторе различают потери активной мощности не зависящие от нагрузки (P_0); нагрузочные ($P_{нагр}$) и добавочные ($P_{доб}$) потери, определяемые режимом работы (величиной нагрузки) трансформатора:

$$\sum P = P_0 + P_{нагр} + P_{доб}$$

Мощность P_1 , получаемая трансформатором из сети, расходуется на полезную мощность P_2 , передаваемую потребителю, и на суммарные потери $\sum P$:

$$P_1 = P_2 + \sum P.$$

Отсюда кпд трансформатора определяют так;

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = \frac{P_2}{P_2 + \sum P} \cdot 100.$$

Полезную мощность, передаваемую потребителю, определяют как:

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2,$$

где U_2 и I_2 - вторичные напряжения и ток нагрузки,

$\cos\varphi_2$ - коэффициент мощности, зависящий от характера нагрузки (активная, индуктивная, смешанная).

При чисто активной нагрузке (например, осветительная электросеть) угол сдвига векторов вторичных тока и напряжения равен нулю, т. е. $\cos\varphi_2 = 1$ и $P_2 = U_2 \cdot I_2$.

Потребляемую трансформатором з сети имощность можно записать так:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1,$$

где U_1 и I_1 номинальные значения первичных напряжения и тока;

φ_1 - угол сдвига векторов первичных напряжения и тока, определяемый величиной потребляемой трансформатором реактивной мощности.

Режим короткого замыкания

Если соединительные провода, идущие от вторичной обмотки, замкнуть между собой, то возникает короткое замыкание вторичной обмотки трансформатора. В этом режиме вторичная обмотка будет продолжать получать энергию из первичной обмотки и отдавать ее во вторичную цепь, которая состоит теперь только из обмотки и части соединительных проводов. Трансформаторы выдерживают, как правило, короткие замыкания в те весьма малые промежутки времени, пока защита не отключит их от сети. За время работы (15-20 лет) трансформатор допускает несколько тяжелых коротких замыканий. Поэтому он должен быть так спроектирован и изготовлен, чтобы они не разрушили его и не привели к аварии. В этом отношении весьма существенную роль играет одна из важнейших характеристик трансформатора - напряжение короткого замыкания.

Напряжением короткого замыкания U_K называют напряжение, которое следует приложить к одной из обмоток (при другой короткозамкнутой), чтобы в обмотках установились номинальные токи I_1 и I_2 . Зная U_K , легко определить ток короткого замыкания в обмотке. Ток I_{1k} будет во столько раз больше номинального тока I_1 , во сколько первичное напряжение U_1 больше U_K , т. е.:

$$I_{1k} = I_1 \cdot \frac{U_1}{U_K}.$$

Учитывая, что U_K обычно выражают в процентах U_1 , получим:

$$I_{1k} = I_1 \cdot \frac{100}{U_K}.$$

Так, если U_K равно 5 %, то ток I_{1k} в $100/5 = 20$ раз больше тока I_1 при нормальной работе трансформатора.

Величины напряжений короткого замыкания в России стандартизованы для всех трансформаторов общего назначения в зависимости от их мощности и класса напряжения. ГОСТ 11920 установил для трансформаторов мощностью 1000—2500 кВА величину U_K , равную 5,5% для обмоток ВН на 10 кВ, и 6,5% - для обмоток ВН на 35 кВ. Для трансформатора мощностью 6300 кВ А с обмотками ВН на 35 кВ величина U_K должна быть 7,5%, а для трансформатора мощностью 80000 кВ А — 9,5%. Некоторые специальные трансформаторы, работающие в режимах частых коротких замыканий, по стандарту должны иметь еще более высокие U_K — до 10 и даже до 14%.

Аварийные режимы.

При отключении трансформатора защитой, не связанной с его внутренними повреждениями, например, максимальной токовой защитой, трансформатор может быть вновь включен в работу.

При отключении трансформатора защитами от внутренних повреждений (газовой, дифференциальной) этот трансформатор включается в работу только после осмотра, испытаний, анализа масла, анализа газа из газового реле и устранения выявленных дефектов.

При срабатывании газового реле на сигнал производится наружный осмотр трансформатора и отбор газа из газового реле для анализа. Если газ в реле негорючий, при наружном осмотре признаки повреждения не обнаружены, а отключение трансформатора вызывает недоотпуск электроэнергии, трансформатор может быть оставлен в работе до выяснения причин срабатывания газового реле на сигнал. После выяснения этих причин оценивается возможность дальнейшей нормальной эксплуатации трансформатора.

Аварийный вывод трансформатора из работы осуществляется:

- при сильном и неравномерном шуме или потрескиваниях внутри бака трансформаторы;
- ненормальном и постоянно возрастающем нагреве трансформатора при нагрузке, не превышающей номинальную, и нормальной работе устройств охлаждения;
- выбросе масла из расширителя или разрыве диафрагмы выхлопной трубы;
- течи масла или уменьшении уровня масла ниже уровня масломерного стекла в расширителе.

Задание:

После ознакомления с теоретическим материалом письменно ответьте на вопросы:

1. Чем отличается номинальный режим работы трансформатора от нормального?
2. Перечислите условия, необходимые для включения трансформаторов на параллельную работу?
3. Какой режим работы трансформатора называется режимом холостого хода?
4. Укажите, какие потери различают в трансформаторе при нормальном режиме работы.
5. Какой режим работы трансформатора называют режимом короткого замыкания?
6. Какое напряжение называют напряжением короткого замыкания?
7. При каких причинах осуществляется аварийный вывод трансформатора из работы?

Форма предоставления результата: отчет с ответами на вопросы.

Критерии оценки: оценка «отлично» выставляется студенту, если при выполнении задания ответы на вопросы приведены в полном объеме, с соблюдением установленных

правил, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах.

оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если при выполнении задания допущены незначительные ошибки, студент свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при ответах;

оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если задание выполнено с «грубыми» ошибками без соблюдения установленных правил ;

оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если работа не выполнена.