

Оглавление

1. Описание силового трансформатора ТДН-10000/110.....	3
1.1 Элементы конструкции.....	3
1.2 Основные дефекты, повреждения, возникающие при эксплуатации.....	8
2. Осмотр электроустановки.....	14
3. Отключение электроустановки и вывод её в ремонт.....	16
Список литературы.....	18

Введение

Цель организации работ в электроустановках – это обеспечение надёжной, безопасной и рациональной эксплуатации электроустановок и содержание их в исправном состоянии.

Организация эксплуатации электрохозяйства включает:

- определение конкретных задач электротехнического персонала, его прав и обязанностей, подтверждаемых должностными инструкциями и положениями;

- специальную подготовку персонала;

- технически грамотное составление графика планово-предупредительного ремонта электрооборудования и своевременное и квалифицированное выполнение его с соблюдением всех требований техники безопасности;

- чёткое оперативное обслуживание электроустановок, заключающееся в производстве оперативных переключений подготовки рабочих мест, в периодических осмотрах оборудования, проведение мелкого ремонта, вызванного производственной необходимостью в порядке текущей эксплуатации;

- правильное ведение и хранение постоянной (схемы, проекта, паспорта оборудования и др.) и оперативной (оперативный журнал, наряды, оперативные схемы и др.) технической документации.

1. Описание силового трансформатора ТДН-10000/110

Силовые трансформаторы, установленные на электростанциях и подстанциях, предназначены для преобразования электроэнергии с одного напряжения на другое. Наибольшее распространение получили трехфазные трансформаторы, так как потери в них на 12-15% ниже, а расход активных материалов и стоимость на 20-25% меньше, чем в группе трех однофазных трансформаторов такой же суммарной мощности.

К основным параметрам трансформатора относятся номинальные мощность, напряжение, ток, напряжение КЗ; ток ХХ; потери ХХ и КЗ.

Номинальной мощностью трансформатора называется указанное в заводском паспорте значение полной мощности, на которую непрерывно может быть нагружен трансформатор в номинальных условиях места установки и охлаждающей среды при номинальных частоте и напряжении.

1.1 Элементы конструкции



Рис. 1

Магнитопровод.

Магнитопровод, один из самых важнейших узлов трансформатора, является его магнитной системой, а также служит конструктивным основанием для установки и крепления обмоток, отводов и других деталей. Магнитопровод должен обладать жесткостью конструкции, достаточной для восприятия механических усилий, возникающих в процессе производства, транспортировки и эксплуатации трансформатора.

Указанные функции магнитопровода определяют его конструкцию состоящую из: активной части, непосредственно проводящей магнитный поток, предназначенной для усиления электромагнитной связи между обмотками трансформатора и неактивной части, придающей магнитопроводу механическую жесткость и являющейся основанием для установки крепления деталей узлов трансформатора.

Активную часть магнитопровода выполняют из электротехнической стали. Отдельные участки активной части магнитопровода в зависимости от их расположения относительно обмоток трансформатора условно названы стержнями и ярами.

Стержнями называют часть магнитной системы, на которой располагаются обмотки трансформатора. Часть магнитной системы, не несущей обмоток и служащей для замыкания магнитной цепи, называют ярами.

По взаимному расположению стержней и ярем магнитопроводы могут иметь плоское или пространственное исполнение.

К плоским относятся магнитопроводы, у которых продольные оси расположены в одной плоскости. Эта конструкция получила самое широкое распространение и долгие годы являлась основной.

Наиболее широко распространен магнитопровод стержневого типа. Стержни такого магнитопровода располагаются в трансформаторе, как правило, вертикально. Обмотки стержневого магнитопровода имеют в основном цилиндрическую форму, в связи с чем поперечное сечение

стержней стремятся приблизить к кругу, образуемого внутренними витками обмотки. Из-за больших технологических трудностей набора круглого сечения его выполняют ступенчатой формы, набирая из пакетов различной ширины.

Форма сечения ярма стержневого магнитопровода, как правило, повторяет форму сечения стержня, за исключением нескольких крайних пакетов, ширина которых с целью улучшения условий фиксации ярма увеличена до ширины соседнего внутреннего пакета.

Обмотки.

Обмотка трансформатора представляет собой часть электрической цепи (первичной и вторичной), в связи с чем она состоит из:

проводникового материала (обмоточный провод, медный или алюминиевый);

изоляционных деталей.

В комплект обмотки входят также вводные концы, ответвления для регулирования напряжения, емкостные кольца и электростатические экраны емкостной защиты от перенапряжений.

Непрерывная обмотка применяется главным образом для крупных трансформаторов. Непрерывная обмотка состоит из катушек, соединенных между собой последовательно. Катушки наматываются прямоугольным проводом.

Характерной особенностью непрерывной обмотки является выполнение так называемых перекладных катушек.

Перекладные катушки сначала наматываются как обычно, начиная от цилиндра, а затем витки этих катушек перекадываются в обратном порядке. Для облегчения перекладки натяжку провода несколько ослабляют, а затем, после перекладки, провод, идущий с барабана, опять натягивают. Благодаря такому способу намотки соединение катушек между собой получается без обрыва провода, т.е. без применения паяк. Вся обмотка при этом получается

более компактной и благодаря хорошей натяжке проводов механически более прочной.

Непрерывная обмотка наматывается на рейки и на бакелитовые цилиндры. Между катушками ставятся прокладки из электрокартона, создающие каналы для охлаждения обмотки. Эти прокладки укрепляются на рейках посредством выреза в виде "ласточкина хвоста".

Бак.

В трансформаторах с масляным охлаждением магнитопровод с обмотками помещен в бак, наполненный трансформаторным маслом.

Омывая обмотки и магнитопровод, трансформаторное масло отбирает от них тепло и, обладая более высокой теплопроводностью, чем воздух, через стенки бака и трубы радиатора отдает ее в окружающую среду. Наличие трансформаторного масла обеспечивает более надежную работу высоковольтных трансформаторов, так как электрическая прочность масла намного выше, чем воздуха. Масляное охлаждение интенсивнее воздушного, поэтому габариты и вес масляных трансформаторов меньше, чем у сухих трансформаторов такой же мощности.

В трансформаторах мощностью до 20-30 кВ*А применяют баки с гладкими стенками. У более мощных трансформаторов для увеличения охлаждаемой поверхности стенки бака делают ребристыми или же применяют трубчатые баки.

Масло, нагреваясь, поднимается вверх и, охлаждаясь, опускается вниз. При этом масло циркулирует в трубах, что способствует более быстрому его охлаждению.

У трансформаторов классов напряжения 110 кВ и выше для охлаждения применяют радиаторы.

Вводы.

Вводы предназначены для присоединения обмоток к сборным шинам подстанции. Ввод состоит из трех основных элементов:

токоведущей части (в виде стержня или кабеля); к ее нижнему концу, находящемуся в масле в баке трансформатора, присоединяют соответствующий отвод, соединенный с обмоткой, к ее верхнему концу, находящемуся в воздухе, присоединяют ошиновку;

металлического фланца, служащего для крепления к крышке бака;

фарфорового изолятора, представляющего собой основу изоляционной конструкции ввода. В такой конструкции присоединение ввода к отводу обмотки производится через люки в баке трансформатора, что не вполне удобно. В этом отношении более удобны так называемые "съёмные вводы", так как их установку, так же как и снятие с бака трансформатора, можно производить, не имея люков в баке. Масло, заполняющее внутреннюю полость вводов напряжением до 35 кВ включительно, сообщается с маслом трансформатора.

Маслонаполненные вводы 110 кВ и выше (кроме вводов с твердой изоляцией) имеют собственный объем масла, который не сообщается с маслом в баке трансформатора. Такие вводы имеют внутреннюю довольно сложную бумажно-масляную или маслбарьерную в старых конструкциях изоляцию. Верхняя и нижняя фарфоровые покрышки, стянутые втулкой, образуют изолированный объем масла и обеспечивают внешнюю изоляцию.

Вводы 110 кВ изготавливают также с твердой изоляцией. Для компенсации температурных изменений у негерметичных вводов применяется расширитель с указателем уровня масла, а у герметичных вводов - компенсирующее сильфонное устройство, помещенное в верхней части ввода или же в отдельном выносном баке, соединенном трубкой с вводом. Давление во внутренней полости герметичных вводов контролируется манометром. Расширители негерметичных вводов имеют воздухоосушители с масляным затвором.

Расширитель

Конструктивно расширитель представляет собой стальной цилиндрический бак, расположенный горизонтально над баком и

соединенный с ним трубой. Расширитель должен иметь съемное дно или люк для возможности его окраски внутри и очистки от осадков, выделяющихся из масла.

Расширитель имеет указатель уровня масла в нем с отметками уровня, соответствующими температуре масла -45 , $+15$, $+40^{\circ}$ С при неработающем трансформаторе.

Расширители с пленочной защитой отличаются большим объемом подготовительных работ. Эластичную емкость перед установкой в расширитель проверяют на маслоплотность путем заполнения емкости воздухом до избыточного давления 3 кПА, при этом внешнюю поверхность покрывают раствором мыльной пены для обнаружения мест утечек. После проверки внешняя поверхность должна быть тщательно промыта.

Одновременно проверяют на герметичность расширитель избыточным давлением воздуха 25 кПА. Пленку в расширитель устанавливают на монтажной (ремонтной) площадке до установки расширителя на трансформатор.

Расширители снабжаются воздухоосушителями с масляным затвором. Назначение воздухоосушителя заключается в извлечении влаги из воздуха, поступающего в расширитель при понижении в нем уровня масла. Воздух при этом проходит через адсорбент (силикагель) и уже осушенный поступает в расширитель. Масляный затвор служит для очистки воздуха и пыли и предохранения адсорбента от увлажнения окружающим воздухом.

1.2 Основные дефекты, повреждения, возникающие при эксплуатации

Повреждения или отклонения от нормального режима работы могут быть вызваны различными причинами: недоработкой конструкции, скрытыми дефектами изготовления, нарушениями правил перевозки, технологии монтажа или правил эксплуатации, некачественным ремонтом. В

большинстве случаев повреждение происходит не сразу, а после более или менее длительного воздействия неблагоприятного фактора. Своевременное выявление возникающего дефекта позволяет принять меры по предупреждению его развития и сохранению работоспособного состояния трансформатора.

Наиболее распространенным видом повреждения силовых трансформаторов напряжением 110 кВ и более является повреждение высоковольтных вводов. В настоящее время эксплуатируются негерметичные и герметичные маслонаполненные вводы, а также вводы с твердой изоляцией.

Наиболее слабым узлом негерметичных вводов является система защиты масла от воздействия влаги с помощью масляного гидрозатвора и силикагелевого воздухоосушителя. При длительной эксплуатации, особенно в случае несвоевременной замены силикагеля, масло увлажняется, ухудшаются его изоляционные характеристики, в результате чего могут возникнуть частичные разряды в масле. В дальнейшем по поверхности бумажной изоляции начинает образовываться так называемый "ползущий" разряд: от одной или нескольких исходных точек поврежденной поверхности изоляции как бы расползаются прожоги, образуя сложный рисунок с ослабленной поверхностной изоляцией. При приближении "ползущего" разряда к заземленной части происходит пробой изоляции с возникновением короткого замыкания. Пробой при значительном ухудшении изоляционных характеристик может возникнуть и без образования ползущего разряда.

Аналогичное повреждение может произойти и в том случае, если при ремонте ввода была плохо просушена бумажная изоляция.

Герметичные вводы менее трудоемки в эксплуатации и более надежны, чем негерметичные. В первые годы эксплуатации наблюдались повреждения вводов из-за образования алюминиевой пыли в сильфонах баков давления.

На устранение этого явления были направлены мероприятия, предусмотренные директивными материалами. Выполнение этих мероприятий не освобождает от необходимости продолжать контролировать

характеристики изоляции, сравнивая результаты измерений с данными, полученными непосредственно после замены выносных баков давления..

Как в негерметичных, так и в герметичных вводах может иметь место нарушение герметичности в зоне крепления верхней контактной шпильки.

Нарушение может возникнуть вследствие неправильной сборки узла, превышения создаваемого гибким спуском радиального усилия над расчетным значением и т.д. Этот узел находится в самой верхней точке трансформатора, и избыточное давление масла в нем, особенно в холодное время (т.е. при минимальном уровне масла в баке-расширителе), близко к нулю. При неплотностях влага может из атмосферы просачиваться в масло, создавая увлажнение изоляции трансформатора.

Другим распространенным видом повреждения трансформаторов является повреждение устройств регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). Нарушения в контактной системе избирателя могут возникать от неправильной регулировки контактов (недостаточное или чрезмерное нажатие, перекосы и др.), вследствие образования на контактах пленки окисла при редких переключениях и несвоевременно выполненных прокрутках устройства, при нарушениях в кинематической схеме.

Контактор устройства РПН может повреждаться при неправильной регулировке его контактной системы и кинематической схемы, а также вследствие несвоевременной замены трансформаторного масла. Время между срабатыванием вспомогательных и дугогасящих контактов контактора при переключении исчисляется десятными долями секунды. Если масло в контакторе потеряло свои дугогасящие свойства, процесс гашения дуги затягивается и соседние отпайки (ответвления) регулировочной обмотки трансформатора могут оказаться замкнутыми не через дугогасящий резистор, а через электрическую дугу, что приводит к тяжелым авариям с деформацией обмоток трансформатора.

К повреждениям устройств РПН могут приводить увлажнение и загрязнение изолирующих деталей, изготовление этих деталей из материалов,

не предусмотренных технической документацией, ослабление креплений и т.д. Нередки отказы вследствие нарушений в работе приводов.

К наиболее тяжелым последствиям приводят повреждения обмоток и главной изоляции трансформаторов. Плохо просушенные электрокартон или витковая бумажная изоляция, грязное или увлажненное трансформаторное масло вызывают местное ослабление твердой изоляции с возникновением ползущего разряда или без него с последующим пробоем. К нарушению работы твердой изоляции приводит также несоблюдение размеров (между листами электрокартона и др.), разбухание слабо намотанной изоляции, нарушения в работе системы охлаждения, чрезмерные перегрузки трансформатора по току и напряжению и др. В связи с разнообразием причин и тяжелыми последствиями от повреждений витковой и главной изоляции своевременному выявлению этого вида нарушений в работе трансформаторов уделяется наибольшее внимание.

В связи с постоянным ростом энергетических мощностей растут мощности короткого замыкания (КЗ). Вследствие этого роста, а также при ослабленной запрессовке обмоток электродинамическая стойкость обмоток к воздействию внешних КЗ (называемых также "сквозными" КЗ) может оказаться недостаточной. В результате при внешних КЗ обмотка может деформироваться или разрушиться, хотя ее изоляция перед повреждением находилась в хорошем состоянии.

Повреждения в активной стали трансформатора приводят к менее тяжелым последствиям и связаны, как правило, с образованием короткозамкнутых контуров внутри бака. Контур может образоваться как внутри пакета магнитопровода, так и через какую-либо конструктивную металлическую деталь, например через прессующее кольцо и элементы заземления магнитопровода.

При современных бесшпильных магнитопроводах короткозамкнутый контур обычно сцеплен не с главным потоком (замыкающимся только по активной стали), а с потоком рассеяния. Короткозамкнутый контур вызывает

повышенный местный нагрев (местный перегрев), обычно в местах контактов, ухудшающий свойства трансформаторного масла. Если своевременно не устранить дефект, то может произойти повреждение твердой изоляции трансформатора.

Таблица 1 - Характерные повреждения трансформаторов

Элементы трансформатора	Повреждение	Возможные причины
Обмотки	Межвитковое замыкание	Естественное старение и износ изоляции; систематические перегрузки трансформатора; динамические усилия при сквозных коротких замыканиях
	Замыкание на корпус (пробой); междуфазное замыкание	Старение изоляции, увлажнение масла и понижение его уровня; внутренние и внешние перенапряжения; деформация обмоток вследствие динамических нагрузок при коротких замыканиях
	Обрыв цепи	Отгорание отводов обмотки в результате низкого качества соединения или электродинамических нагрузок при коротких замыканиях
Переключатели напряжения	Отсутствие контакта	Нарушение регулировки переключающего устройства
	Оплавление контактной поверхности	Термическое воздействие сверхтоков на контакт
	Перекрытие на корпус	Трещины в изоляторах; понижение уровня масла в трансформаторе при одновременном загрязнении внутренней поверхности изолятора
	Перекрытие между вводами отдельных фаз	Повреждение изоляции отводов к вводам или переключателю
Магнитопровод	Увеличение тока холостого хода	Ослабление шихтованного пакета магнитопровода
	«Пожар стали»	Нарушение изоляции между отдельными пластинами стали или изоляции стяжных болтов; слабая прессовка пластин; образование короткозамкнутого контура при повреждении изоляционных прокладок между ярмом и магнитопроводом; образование короткозамкнутого контура при выполнении заземления магнитопровода со стороны вводов обмоток ВН и НН
Бак и арматура	Течь масла из сварных швов, кранов и фланцевых соединений	Нарушение сварного шва от механических или температурных воздействий; плохо притерта пробка крана; повреждена прокладка под фланцем

И, наконец, существенное влияние на общую работоспособность трансформатора оказывают вспомогательные узлы и устройства. Так,

например, повреждение маслососа в трансформаторах с системой охлаждения Ц и ДЦ (также НЦ и НДЦ) приводит к попаданию металлических частиц и других примесей в трансформаторное масло и, будучи несвоевременно выявленным, вызывает серьезные аварии. При нарушении резиновых и других уплотнений увлажняется трансформаторное масло. Неисправность стрелочного маслоуказателя приводит к недопустимому снижению или превышению уровня масла и т.д.

Приведенный краткий обзор основных видов повреждений показывает, что в большинстве случаев они развиваются постепенно. Следовательно, если правильно поставить работу по проверке состояния трансформаторов, возникающие дефекты можно выявить до того момента, когда будет превышена какая-то критическая точка. Тогда можно будет своевременно вывести трансформатор в ремонт, предотвратив возникновение аварии или отказа, не допустить недоотпуск электроэнергии, снизить время и расходы на ремонт.

2. Осмотр электроустановки

Осмотр трансформаторов (без отключения) производится: в электроустановках с постоянным дежурным персоналом - 1 раз в сут; в установках без постоянного дежурного персонала - не реже 1 раза в мес, а на трансформаторных пунктах - не реже 1 раза в 6 мес.

В зависимости от местных условий, конструкции и состояния трансформаторов указанные сроки их осмотра могут быть изменены лицом, ответственным за электрохозяйство.

Внеочередные осмотры трансформаторов производятся: при резком изменении температуры наружного воздуха (при резком понижении температуры окружающей среды масло может уйти из расширителя) и каждом отключении трансформатора действием газовой или дифференциальной защиты.

При осмотре трансформаторов должны проверяться: показания термометров и мановакуумметров; состояние кожухов трансформаторов и отсутствие течи масла, соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке и наличие масла в маслонаполненных вводах; состояние маслоохладяющих и маслосборных устройств, а также изоляторов; состояние ошиновки и кабелей, отсутствие нагрева контактных соединений; исправность устройств сигнализации и пробивных предохранителей; состояние сети заземления; маслоочистных устройств непрерывной регенерации масла, термосифонных фильтров и влагопоглощающих патронов, а также трансформаторного помещения.

Температуру масла трансформаторов мощностью менее 100 кВ А контролируют ртутными термометрами. При большей мощности трансформаторов для этой цели используют манометрические термометры, обладающие меньшей точностью, чем ртутные. Поэтому время от времени их показания сверяют с показаниями ртутных термометров.

По действующему ГОСТу температура верхних слоев масла при максимально допустимой температуре окружающего воздуха (35 °С) не должна превышать 95 °С, а превышение температуры масла над температурой окружающей среды не должно быть более 60 °С. Допускается работа силовых трансформаторов с отключенным дутьем, если температура верхних слоев масла не превышает 55 °С, а нагрузка трансформатора - 100 % номинальной мощности.

Однако при длительной работе трансформатора с предельной температурой сокращается срок его службы. Поэтому обычно устанавливают режим работы трансформаторов, при котором температура масла поддерживается на уровне 85 °С. Дальнейшее повышение температуры является признаком перегрузки трансформатора, его неисправности или недостаточного охлаждения. При работе трансформатора необходимо следить за уровнем и цветом масла, находящегося в трансформаторе: уровень масла должен находиться на контрольной черте; масло должно быть светло-желтого цвета.

При выполнении планового осмотра силового трансформатора в соответствующем порядке проверяется:

Наличие и работоспособность (по косвенным признакам) термосигнализаторов, маслоуказателей, газового, струйного реле, отсутствие признаков нарушения их работоспособности, отсутствие газа (воздуха) в газовом реле.

Состояние механического защитного кожуха и контрольного кабеля от газового реле.

Уровни масла в расширителях основного бака трансформатора и контактора, соответствие их температуре воздуха и масла трансформатора.

Соответствие положения технологических задвижек, перепускных кранов нормальному режиму работы трансформатора.

Полнота и достаточность мер по предотвращению хищений трансформаторного масла, деталей и узлов трансформатора.

Отсутствие течей масла.

Состояние маслоприемника, маслостоков, маслосборника, бортовых ограждений маслоприемника.

Состояние воздухоосушителей (комплектность, цвет индикаторного силикагеля, наличие масла в масляных затворах).

Состояние маслонаполненных вводов и изоляторов (отсутствие трещин, сколов, чистота фарфора, уровень давления масла, состояние воздухоосушителей вводов, отсутствие течей масла).

Состояние ошиновки трансформатора (целостность, наличие и положение термоиндикаторов, отсутствие нагрева контактных соединений).

Состояние устройств РПН – зафиксировать положение переключающего устройства (сравнить с указателем на щите управления), число переключений, комплектность привода, его работоспособность, уровень масла в баке контактора (для РПН типа РНТА), состояние арматуры привода.

Состояние заземляющих разъединителей, короткозамыкателей, конденсаторов, разрядников.

Состояние и работоспособность вентиляторов обдува трансформатора. Работоспособность автоматики обдува.

3. Отключение электроустановки и вывод её в ремонт

Для вывода силового трансформатора в ремонт должны быть произведены в указанном порядке следующие действия:

Остановка генератора Г-1;

Отключение выключателя МКП-110 на ОРУ-110

Отключение выключателя ВМПЭ-10 в КРУН-1;

Отключение разъединителя РЛНД-1-110/600 на ОРУ-110 и включение заземляющих ножей;

Отключение разъединителя РВЗ-1-10/1000 на отпайке 1 в ЗРУ-6, и включение заземляющих ножей;

Отключение разъединителя РВЗ-1-10/1000 на силовом кабеле, соединяющем генератор Г-1 с трансформатором Т-1, и включение заземляющих ножей;

Во избежание обратной трансформации обязательно отключаются не только силовые, но и измерительные трансформаторы, имеющиеся в схеме данного присоединения со стороны как низшего, так и высшего напряжения путем выемки предохранителей или отключением разъединителей с последующим включением заземляющих ножей.

Список литературы

1. «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок», Москва, «НЦ ЭНАС», 2007 г.
2. С.И. Лезнов, А.А. Тайц, Е.Н. Приклонский «Обслуживание электрооборудования электростанций и подстанций», Москва, «Высшая школа», 1995 г.
3. А.А. Филатов «Обслуживание электрических подстанций оперативным персоналом», Москва, Издательство «Энергоатомиздат», 1999 г.
4. А.А. Филатов «Переключения в электроустановках 0,4 – 10 кВ распределительных сетей», Москва, Издательство «Энергоатомиздат», 1999 г.
5. В.Б. Атабеков «Устройство и ремонт электрооборудования городских подстанций», Москва, Издательство «Высшая школа», 1993 г.
6. П.А. Умов «Обслуживание городских электросетей».
7. В.Н. Неклепаев, И.П. Крючков «Электрическая часть электростанций и подстанций», Москва, Издательство «Энергоатомиздат», 1989 г.
8. «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», Москва, 2005 г.
9. С.А. Мандрыкин, А.А. Филатов «Эксплуатация и ремонт электрооборудования электростанций и сетей», Москва, Издательство «Энергоатомиздат», 1992 г.
10. Э.М. Брусиловский, В.В. Петунин «Эксплуатация систем электроснабжения», Москва, Издательство, 1993 г.
11. Правила устройства электроустановок, М., 2007г., 7-е издание.
12. «Типовая инструкция по переключениям в электроустановках», М. Издательство «НЦ ЭНАС», 2008 г.