

Тема: Обслуживание оборудования трансформаторных подстанций и распределительных устройств

Трансформаторные подстанции в комплексе с распределительными устройствами (РУ) представляют собой сооружения, предназначенные для приёма, преобразования и распределения электрической энергии по отходящим линиям к конечным электропотребителям. Комплекс работ в рамках обслуживания трансформаторных подстанций и распределительных устройств включает в себя меры, направленные на предотвращение возникновения неисправностей в оборудовании путём профилактики, устранения неисправностей на начальных стадиях, когда они ещё не приводят к внезапным отказам аппаратов.

Таким образом при выполнении работ в полном объёме с заданной нормативными документами периодичностью (планово они проводятся дважды в год) будет обеспечена повышенная надёжность электроустановок в целом. Во время обслуживания трансформаторных подстанций и распределительных устройств выполняются следующие виды работ:

- измерение токовой нагрузки на отходящих линиях и шинах,
- удаление пыли, грязи с оборудования,
- контроль надёжности и прочности крепления соединений,
- контроль степени износа деталей и узлов, подверженных механическим нагрузкам, трению во время эксплуатации,
- регулировка контактов, приводов (в случае необходимости),
- устранение выявленных неисправностей.

Обслуживание трансформаторной подстанций

Техническое обслуживание – надёжный, проверенный временем и экономически выгодный комплекс мер для продления рабочего ресурса всего высоко- и низковольтного электрооборудования в период эксплуатации трансформаторной подстанции.

Правильно выполненное по графику техническое обслуживание – это основа безопасной эксплуатации трансформаторной подстанции, являющейся одним из главных звеньев системы электроснабжения. Выполнение ТО является одним из условий по оперативному восстановлению электрической схемы в момент аварийной ситуации.

Предназначение технического обслуживания

- Обеспечение надежности схемы электроснабжения потребителей.
- Минимизация простоев потребительских объектов во время перебоев с электроснабжением.
- Предупреждение выхода из строя электрооборудования в результате износа или неправильной эксплуатации с помощью своевременного выполнения ремонта.
- Улучшение качества проведения работ по ремонту при небольших затратах на финансы, время и труд.

При обслуживании [комплектных трансформаторных подстанций](#) руководствуются нормами ГОСТ 14695-80. Мощностью от 25 до 2500 кВА на напряжение до 10 кВ.

Список приоритетных проверок работоспособного технического состояния электрооборудования подстанции

В перечень входят предваряющие обслуживание визуальные осмотры, которые проводятся в единой форме в установленном порядке с выполнением обязательных условий.

Общий список проверок включает:

- Периодический осмотр электрооборудования без вывода из работы и отключения от сети напряжения (периодичность по ПТЭ глава 1.6.).
- Внеочередной осмотр, производится после срабатывания защит при отключении тока КЗ (короткого замыкания). Поверяются ячейки закрытого распределительного устройства, через которые проходил ток к. з.
- Текущий ремонт выполняют по графику, установленному лицом ответственным за электрохозяйство. Во время ремонта устраняются обнаруженные при осмотрах неисправности. Ремонт производится с соблюдением межотраслевых правил ПТБ и на отключенном и выведенном из работы электрооборудовании.
- Капитальный ремонт проводят по нормам ПТЭ и местным инструкциям.

К ТО относятся аварийно-восстановительные работы, их объем зависит от тяжести и количества повреждений, появившихся во время аварии.

Перечень работ, которым руководствуются при выполнении ТО

Качество ремонтных работ обязательно подтверждается приемо-сдаточными испытаниями, которые выполняют, руководствуясь ГОСТ 50571.16-99 и нормами ПУЭ (глава 1. 8.)

Производство ТО фиксируется записями типа выполненных работ и результатами в эксплуатационных журналах по обслуживанию электрооборудования, актами со списком устраненных дефектов, а также результатами испытаний.

ТО включает надзор за работой электрооборудования, выполнение необходимых регулировок, периодических промывок, очисток и проветриваний помещений.

Таблица 1 - Перечень работ, проводимых в период ТО трансформаторных подстанций.

№	Наименование работ	Периодичность проведения
Очередные осмотры		
1	Осмотр ТП электромонтерами	Один раз в год
2	Осмотр инженерно-техническим персоналом выборочного числа ТП	Один раз в год
Внеочередные осмотры		
3	Осмотр после стихийных явлений (осматриваются все ТП, находящиеся в зоне стихийных явлений)	По окончании внеочередного ремонта или на следующий день
4	Осмотр ТП после каждого случая:	
	срабатывания выключателей ТП на отключение КЗ (включение на КЗ)	При устранении причины и последствия или на следующий день
	перегорания предохранителей	При замене патрона с плавкой вставкой
5	Осмотр жизненно важных объектов (ЖВО)	Перед началом отопительного сезона
6	Проверка целостности заземления ТП	Тоже
Измерения		
7	Измерения токовой нагрузки на вводах 0,4 кВ силового трансформатора и отходящих линий	2 раза в год (в периоды минимальных и максимальных нагрузок)
8	Измерение напряжения на шинах 0,4 кВ	Совмещается с замерами нагрузок
9	Измерение уровня тока КЗ или сопротивления цепи "фаза-нуль" отходящих линий 0,4 кВ	По мере необходимости, но не реже 1 раза в 6 лет
Испытания, измерения		
10	Измерение сопротивления заземления или напряжения прикосновения к оболочкам и заземленным элементам	В сроки проведения ремонта ТП, один раз в 6 лет
Отдельные работы		
11	Очистка изоляции оборудования ТП, аппаратов, баков и арматуры от пыли и грязи	По мере необходимости
12	Зачистка, смазка и затяжка контактных соединений	Тоже

13	Устранение разрегулировки механизмов приводов и контактной части выключателей и разъединителей (выключателей нагрузки)	Тоже
14	Смазка шарнирных соединений и трущихся поверхностей оборудования	По мере необходимости
15	Обновление и замена диспетчерских надписей, мнемонических схем, предупредительных плакатов и знаков безопасности в РУ 0,4-10 кВ	Тоже
16	Замена плавких вставок предохранителя	При изменении режимов работы сети и параметров защищаемого оборудования, при перегорании плавких вставок
17	Доливка трансформаторного масла	По мере необходимости

Периодичность технического обслуживания комплектных трансформаторных подстанций производится согласно ПТЭЭП приведена в главе 1. 6 «Техобслуживание, ремонт, модернизация и реконструкция».

ТО трансформаторных подстанций выполняется в период эксплуатации электрооборудования с соблюдением нормального режима работы. Для этого разрешается использовать перерывы в работе, нерабочие дни и смены.

При проведении ТО по предварительному согласованию с диспетчерскими службами разрешается кратковременное отключение электрооборудования от сети напряжения согласно действующих предписаний.

Существуют два вида ТО – это регламентированное и нерегламентированное техническое обслуживание.

Регламент подразумевает надзор за работой и правильной эксплуатацией оборудования, уход и содержание устройств в исправном состоянии.

Нерегламентированное ТО

Необходимость нерегламентированных ТО возникает после проведения периодических осмотров и проверки, и диагностики состояния электрооборудования. ТО производится с целью устранения дефектов во время кратковременной остановки оборудования.

Нерегламентированное ТО включает:

1. Выполнение графика работы электрооборудования с целью сохранения непрерывности технических процессов и соблюдения условий использования. Руководствуются заводской инструкцией.

2. Соблюдение ограничений нагрузки на электрооборудование согласно паспортных сведений, необходимостью наблюдения за отсутствием перегруза, помимо специально оговоренных в инструкциях случаев, например, во время перезапуска.
3. Соблюдение эксплуатационных технических режимов работы электросетей.
4. Поддержание уровня охлаждения всей конструкции и отдельных узлов оборудования.
5. Выполнение порядка остановки и запуска в работу электроустановки с соблюдением инструкции.
6. Немедленная остановка электрооборудования при возникновении режимов, ведущих к появлению аварийной ситуации, выходу из строя для выполнения мер по обнаружению и ликвидации причин неисправности.
7. Определение износа и рабочего состояния узлов и отдельных деталей, и элементов механизма.
8. Проверка внешнего состояния оборудования, степени нагрева поверхности и определения нагрева контактных соединений, а также проверка функциональности систем охлаждения.
9. Контроль наличия утечек трансформаторного масла и прочих жидкостей, качественного состояния заземлений, пропуска газов в газовом реле трансформатора, состояние теплоизоляции.

Все замеченные нарушения и сведения о проведенном ТО заносятся в «Сменный журнал по учету выявленных дефектов и работ технического обслуживания».

Регламентированное техническое обслуживание

Регламентированное ТО выполняется по графику. Периодичность ТО меньше или равна расписанию выполнения текущего ремонта для плановых работ небольшого объема. (ПУЭ-7 гл. 4.2.)

Длительность ТО производимого по регламенту не более, чем выполнение текущего ремонта небольшой сложности.

Регламентированное ТО выполняется по графику, составленному энергетической службой предприятия или РЭС. Различаются плановые регламентированные ТО, периодические проверки и очередные и внеочередные визуальные осмотры.

Что входит в плановое регламентированное ТО

Плановое ТО в виде отдельных работ действует только для определенного типа оборудования и электросетей ввиду большой трудоемкости, длительности по времени и сложности подготовительных переключений, а также выполнения самих работ.

Техническое обслуживание включает:

1. Диагностирование электрооборудования.
2. Проверку функциональности и регулировку механизмов.
3. Очистку поверхностей от пыли, грязи и возможных подтеков масла
4. Протяжку контактных соединений.
5. Смазывание контактных и прочих трущихся деталей, и соединений.
6. Продувку оборудования и помещений.
7. Добавление при утечке трансформаторного масла и смазочных жидкостей.

8. Плановое ТО помогает выявить дефекты, возникающие при работе и несоответствие эксплуатации и нарушения техники безопасности.
9. Плановое ТО выявляет предполагаемую длительность ближайшего капитального ремонта, определением состояния электрооборудования.

Дефекты, не нуждающиеся в срочном устранении, заносят в «ремонтный журнал».

Регламентированные ТО включают осмотры оборудования, производимые по плану для оценки работоспособности инженерно-техническим персоналом.

Осмотры включают:

1. Определение правильности действий оперативного и ремонтного персонала при выполнении ТО и оценки качества и достаточности работ.
2. Выявление дефектов, вследствие которых возникает внезапный выход оборудования из строя.
3. Определение работоспособности и степени износа важных узлов и элементов оборудования для выявления задач предстоящего планового ремонта.

Перечень работ по ТО высоковольтного оборудования трансформаторных подстанций выполняется по графику планово-предупредительных ремонтов.

Таблица 2 - Расчет ТО на трансформаторную подстанцию и вводной фидер.

№	Наименование видов работ	Норма времени/ на единицу операции и /час	Периодичность	Примечание
1	Осмотр предохранителей 6кВ	0,14	Не реже 1 раза в месяц	
2	Проверка целостности и соответствия нагрузкам предохранителей 6кВ	1,22	Не реже 1 раза в месяц	
3	Проверка соответствия уровня масла температурной отметке в расширителе и отсутствия течи масла трансформаторов	0,46	Не реже 1 раза в месяц	
4	Проверка состояния кожухов трансформаторов	0,20	Не реже 1 раза в месяц	
5	Визуальная проверка состояния и крепления коммутационных аппаратов, изоляторов, ошиновок и кабелей	0,82	Не реже 1 раза в месяц	
6	Проверка наличия и исправности	0,57	Не реже 1 раза в	

	заземляющих проводников (по графику)		3 месяца	
7	Протирка доступных частей оборудования (по графику)	0,20	Не реже 1 раза в 3 месяца	
8	Проверка отсутствия перегрева контактных соединений токоведущих частей (по графику, по мере необходимости)	0,41	Не реже 1 раза в 3 месяца	
9	Протяжка контактных соединений (по графику)	0,61	Не реже 1 раза в 3 месяца	
10	Осмотры ЛЭП-6кВ выборочные / внеочередные (по графику / по мере необходимости)	1,5/1,7	Не реже 1 раза в год	на 1 км
11	Проверка состояний бирок на кабеле (по графику)	0,12	Не реже 1 раза в 3 месяца	
12	Укладка кабеля на кабельные конструкции (по мере необходимости)	0,53	Не реже 1 раза в 3 месяца	на 10 м.п.
13	Проверка состояния противопожарного инвентаря на подстанциях (по графику, по мере необходимости, комплектация АО "ТТК")	0,1	Не реже 1 раза в 3 месяца	
14	Проверка наличия, исправности предупредительных плакатов, знаков безопасности и ограждений (по графику, по мере необходимости, комплектация АО "ТТК")	0,1	Не реже 1 раза в месяц	
15	Проверка наличия и состояния диспетчерских наименований электроустановок (по мере необходимости)	0,1	Не реже 1 раза в 3 месяца	
16	Проверка наличия, исправности и соответствия ПТЭ и ПОТ РМ защитных средств и сроков их испытаний (комплектация АО "ТТК")	0,1	Не реже 1 раза в месяц	
17	Проверка наличия и исправности площадок обслуживания, замков и запорных устройств оборудования	0,2	Не реже 1 раза в 3 месяца	

	подстанций (по графику, по мере необходимости)			
18	Верховой осмотр воздушных линий (по графику / по мере необходимости)	6,93/6,98	Не реже 1 раза в год	На участок до границ раздела
19	Визуальный осмотра кабельной и линейно-сцепной арматуры, заземляющих спусков на опорах ВЛ (по графику / по мере необходимости)	0,21/0,4	Не реже 1 раза в 3 месяца	
20	Ведение технической документации	0,2	Постоянно	Комплект

Техническое состояние ПС оценивается в РЭС, который обслуживает данные электрические сети.

Обслуживание распределительных устройств

Основными задачами обслуживания распределительных устройств (РУ) являются: обеспечение заданных режимов работы и надежности электрооборудования, соблюдение установленного порядка выполнения оперативных переключений, контроль за своевременным проведением плановых и профилактических работ.

Надежность работы распределительных устройств принято характеризовать удельной повреждаемостью на 100 присоединений. В настоящее время для РУ 10 кВ этот показатель находится на уровне 0,4. Наиболее ненадежными элементами РУ являются выключатели с приводом (от 40 до 60 % всех повреждений) и разъединители (от 20 до 42 %).

Основные причины повреждений: поломка и перекрытие изоляторов, перегрев контактных соединений, поломка приводов, повреждения за счет неправильных действий обслуживающего персонала.

Осмотр РУ без отключения должен производиться:

- на объектах с постоянным дежурным персоналом — не реже 1 раза в трое суток,
- на объектах без постоянного дежурного персонала — не реже 1 раза в месяц,
- на трансформаторных пунктах — не реже 1 раза в 6 месяцев,
- РУ напряжением до 1000 В — не реже 1 раза в 3 месяца (на КТП — не реже 1 раза в 2 месяца),
- после отключения короткого замыкания.

При проведении осмотров проверяют:

- исправность освещения и сети заземления,
- наличие средств защиты,
- уровень и температуру масла в маслонаполненных аппаратах, отсутствие течи масла,
- состояние изоляторов (запыленность, наличие трещин, разрядов),
- состояние контактов, целостность пломб счетчиков и реле,
- исправность и правильное положение указателей положения выключателей,
- работу системы сигнализации,
- исправность отопления и вентиляции,
- состояние помещения (исправность дверей и окон, отсутствие течи в кровле, наличие и исправность замков).

Внеочередные осмотры открытых распределительных устройств проводят при неблагоприятных погодных условиях — сильном тумане, гололеде, усиленном загрязнении изоляторов. Результаты осмотра записывают в специальный журнал для принятия мер по устранению выявленных дефектов.

Помимо осмотров оборудование распределительных устройств подвергается профилактическим проверкам и испытаниям, выполняемым согласно ППР. Объем проводимых мероприятий регламентирован и включает ряд общих операций и отдельные специфичные для данного вида оборудования работы.

К общим относятся: измерение сопротивления изоляции, проверка нагрева болтовых контактных соединений, измерение сопротивления контактов постоянному току. Специфичными являются проверки времени и хода подвижных частей, характеристик выключателей, действия механизма свободного расцепления и др.

Контактные соединения — одни из самых уязвимых мест в распределительных устройствах. Состояние контактных соединений определяется внешним осмотром, а при проведении профилактических испытаний — с помощью специальных измерений. При внешнем осмотре обращают внимание на цвет их поверхности, испарение влаги при дожде и снеге, наличие свечения и искрения контактов. Профилактические испытания предусматривают проверку нагрева болтовых контактных соединений термоиндикаторами.

В основном используется специальная термопленка, которая имеет красный цвет при нормальной температуре, вишневый — при 50 - 60°C, темно-вишневый — при 80°C, черный — при 100 °C. При 110°C в течение 1 ч она разрушается и принимает светло-желтую окраску.

Термопленка в виде кружков диаметром 10 - 15 мм или полосок наклеивается в контролируемом месте. При этом она должна быть хорошо видна оперативному персоналу.

Шины РУ 10 кВ не должны нагреваться выше 70 °C при температуре окружающего воздуха 25 °C. В последнее время для контроля температуры контактных соединений начали использоваться электротермометры на базе термосопротивлений, термосвечи, тепловизоры и пирометры (действуют на принципе использования инфракрасного излучения).

Измерение переходного сопротивления контактных соединений проводится для шин на ток более 1000 А. Работа выполняется на отключенном и заземленном оборудовании с помощью микроомметра. При этом сопротивление участка шины в месте контактного соединения не должно превышать сопротивление такого же участка (по длине и сечению) целой шины более чем 1,2 раза.

Если контактное соединение находится в неудовлетворительном состоянии, его ремонтируют, для чего разбирают, зачищают от оксидов и загрязнения, покрывают специальной смазкой от коррозии. Обратную затяжку выполняют ключом с регулируемым крутящим моментом во избежание деформации.

Измерение сопротивления изоляции проводится для подвесных и опорных изоляторов мегаомметром на 2500 В, а для вторичных цепей и аппаратуры РУ до 1000 В — мегаомметром на 1000 В. Изоляция считается нормальной, если сопротивление каждого изолятора не менее 300 МОм, а сопротивление изоляции вторичных цепей и аппаратуры РУ до 1000 В — не менее 1 МОм.

Помимо измерения сопротивления изоляции опорные одноэлементные изоляторы подвергаются испытанию повышенным напряжением промышленной частоты в течение 1 мин. Для низковольтных сетей испытательное напряжение 1 кВ, в сетях 10 кВ — 42 кВ. Контроль многоэлементных изоляторов осуществляется при положительной температуре окружающего воздуха с помощью измерительной штанги или штанги с постоянным искровым промежутком. Для отбраковки изоляторов используются специальные таблицы распределения напряжений по гирлянде. Изолятор бракуется, если на него приходится напряжение менее допустимого.

В процессе эксплуатации на поверхности изоляторов откладывается слой загрязнения, которое в сухую погоду не представляет опасности, но при морозящем дожде, тумане, мокром снеге становится проводящим, что может привести к перекрытию изоляторов. Для устранения аварийных ситуаций изоляторы периодически очищают, протирая вручную, с помощью пылесоса и полых штанг из изоляционного материала со специальным наконечником в виде фигурных щеток.

При очистке изоляторов на открытых распределительных устройствах используют струю воды. Для повышения надежности работы изоляторов их поверхность обрабатывают гидрофобными пастами, обладающими водоотталкивающими свойствами.

Основными повреждениями разъединителей являются подгорание и приваривание контактной системы, неисправность изоляторов, привода и др. При обнаружении следов подгорания контакты зачищают или удаляют, заменяя на новые, подтягивают болты и гайки на приводе и в других местах.

При регулировании трехполюсных разъединителей проверяют одновременность включения ножей. У правильно отрегулированного разъединителя нож не должен доходить до упора контактной площадки на 3 - 5 мм. Усилие вытягивания ножа из неподвижного контакта должно составлять 200 Н для разъединителя на номинальные токи 400 ... 600 А и 400 Н — на токи 1000 - 2000 А. Трущиеся части разъединителя покрывают незамерзающей смазкой, а поверхность контактов — нейтральным вазелином с примесью графита.

При осмотрах масляных выключателей проверяют изоляторы, тяги, целостность мембраны предохранительных клапанов, уровень масла, цвет термопленок. Уровень масла должен быть в пределах допустимых значений по шкале указателя уровня. Качество контактов считается удовлетворительным, если переходное сопротивление их соответствует данным завода-изготовителя.

При осмотрах маслообъемных выключателей обращают внимание на состояние наконечников контактных стержней, целость гибких медных компенсаторов, фарфоровых тяг. При обрыве одной или нескольких тяг — выключатель немедленно выводят в ремонт.

Ненормальная температура нагрева дугогасящих контактов вызывает потемнение масла, подъем его уровня и характерный запах. Если температура бачка выключателя превышает 70 °С, его также выводят в ремонт.

Наиболее повреждаемыми элементами масляных выключателей остаются их приводы. Отказы приводов наступают из-за неисправностей цепей управления, разрегулирования запирающего механизма, неисправностей в подвижных частях и пробоя изоляции катушек.

Текущий ремонт распределительных устройств проводится для обеспечения работоспособности оборудования до следующего планового ремонта и предусматривает восстановление или замену отдельных узлов и деталей. Капитальный ремонт выполняется для восстановления полной работоспособности. Проводится с заменой любых частей, в том числе и базовых.

Текущий ремонт распределительных устройств напряжением выше 1000 В выполняется по мере необходимости (в сроки, установленные главным инженером энергопредприятия). Капитальный ремонт масляных выключателей проводится 1 раз в 6 - 8 лет, выключателей нагрузки и разъединителей — 1 раз в 4 - 8 лет, отделителей и короткозамыкателей — 1 раз в 2 - 3 года.

Текущий ремонт распределительных устройств напряжением до 1000 В проводится не реже 1 раза в год на открытых ТП и через 18 месяцев на закрытых ТП. При этом контролируется состояние концевых заделок, проводится очистка от пыли и грязи, а также замена изоляторов, делается ремонт шин, подтяжка контактных соединений и других механических узлов, выполняется ремонт цепей световой и звуковой сигнализации, проводятся установленные нормами измерения и испытания.

Капитальный ремонт распределительных устройств напряжением до 1000 В проводят не реже 1 раза в 3 года.