

Лабораторная работа № 14

Тема: Монтаж трансформаторных подстанций и силовых трансформаторов

Цель работы: Изучить технологию монтажа трансформаторных подстанций и силовых трансформаторов, провести послемонтажную ревизию силового трансформатора, повести монтаж и подключение понижающего трансформатора

Оборудование: силовой трансформатор, понижающий однофазный трансформатор 220/36В, набор инструментов электромонтера, мультиметр, измеритель сопротивления изоляции МС-3, мегаомметр ЭС0202/2г, торс, натяжители, комплект светильников и ламп, ответвительные коробки.

Введение

Главная функция ТП заключается в приеме и преобразовании напряжения, при этом в зависимости от нужд потребителя оборудование обеспечивает либо повышение, либо понижение значения данного параметра. Именно с такой целью разработаны самые разные типы трансформаторных подстанций, каждый из которых отличается по ряду технических характеристик.

В качестве основных элементов выступают: силовой трансформатор (один или несколько), распределительное устройство, узел автоматики, обеспечивающий управление техникой, а также его защиту. Помимо этого, в состав входят и другие, вспомогательные аппараты и системы.

ТП классифицируются по большому количеству критериев:

- типу силового трансформатора (масляный, сухой);
- типу распределительного устройства высокого напряжения (далее РУВН) (проходной, тупиковый);
- способу выполнения трансформаторной нейтрали на низкой стороне (глухозаземленная, изолированная);
- условиям обслуживания (односторонние, двусторонние);
- числу трансформаторов (один, два и более);
- назначению шкафов распределительных устройств низкого напряжения (далее РУНН) (вводные, секционные, кабельные, шинные, линейные);
- выполнению высоковольтного ввода (шинный, кабельный, воздушный);

- способу установки автоматических выключателей в распределительных устройствах (далее РУ) (стационарные, выкатные, втычные);
- конструкционные (бетонные, сэндвичные, металлические);
- прочие

1 Классификация и комплектация трансформаторных подстанций

1.1 Типы трансформаторных подстанций.

Существуют несколько категорий, которые в полной мере могут охарактеризовать **типы трансформаторных подстанций**. Чтобы разобраться для чего, собственно, эти виды необходимы и оценить всю их важность, необходимо рассмотреть каждый вид отдельно.

Итак, главной целью понижающих подстанций является преобразование первичного напряжения данной электросети во вторичное, которое является значительно меньше, нежели первое.

Второй тип имеет название – повышающие трансформаторы. Их цель полностью противоположна понижающим. Главная их задача заключается в том, чтобы выработанное напряжение генераторами преобразовать в значительно высшее.

Виды **трансформаторных подстанций** также условно можно разделить на местные и районные. Главной их задачей является распределение электроэнергии по объектам – потребителям. Чтобы достигнуть конечной цели сначала подстанции принимают электроэнергию, затем осуществляется передача. Для технически верного решения по распределению электроэнергии существует **схема трансформаторной подстанции**.

Отличаются виды подстанций и по значению напряжения. Всего существует четыре основных вида, такие как:

- Узловая распределительная подстанция – это подстанция, которая рассчитана на напряжение 110... 220 кВ. Она получает электроэнергию от энергосистемы и распределяет ее по подстанциям глубокого ввода, не осуществляя трансформаций.
- Подстанция глубокого ввода – подстанция для напряжения 35...220 кВ, которая получает питание от энергосистемы или центрального распределительного пункта. Используется для того, чтобы обеспечить группу подстанций либо крупные предприятия.
- Главные понижательные. Данный вид подстанций осуществляет распределение энергии по всему предприятию и, в свою оче-

редь, подпитывается благодаря энергии всего района, трансформаторные подстанции питают непосредственно приемники полученного напряжения.

- Отдельным видом подстанций можно считать тяговые подстанции. Они используются для того, чтобы обеспечить такие объекты-потребители, как трамваи, троллейбусы и другой транспорт электрической энергией.

Если углубляться дальше, то следует уяснить и разобрать, какие же еще существуют подвиды трансформаторных подстанций. Если говорить о типах получения энергии самой подстанции, то таких имеются два:

- тип понижающего принципа работы. Для последующего распределения по объектам он преобразовывает напряжение в более низкое;

- тип повышающего принципа работы. В свою очередь, данный тип наоборот намного повышает напряжение, чтобы достигнуть необходимого результата.

Охватываемая территория также является влияющим фактором, по которому можно классифицировать тип трансформаторной подстанции. В таком разрезе можно выделить основные группы трансформаторных подстанций:

1. Локальные. Получают напряжение от одного до нескольких крупных объектов, которые находятся на небольшом расстоянии друг от друга либо непосредственно рядом. Примером может быть развлекательный комплекс и парк.

2. Местные, которые осуществляют преобразование напряжения для набора объектов, находящихся в границах микрорайона.

3. Районные трансформаторные подстанции несут ответственность за обработку (т.е. они могут преобразовывать, распределять) напряжение по всему населенному пункту.

Также абсолютно все подстанции оборудованы средствами защиты от перепадов и скачков при осуществлении подачи электроэнергии. На тот случай, когда подача напряжения прекратится, во множестве локальных систем электроснабжения предусмотрены средства, которые осуществляют автоматический ввод резерва, сокращенно – АВР. Когда происходит спад либо сбой при подаче напряжения, это устройство подключает резервный источник электропитания. Данная система может визуально выглядеть шкафом, стойкой, панелью и монтирована разными способами. Эти способы

можно также выделить в **подвиды трансформаторных подстанций**.

Например, столь популярная **комплектная трансформаторная подстанция** бывает различных типов:

1. Столбового типа. Имеют большую популярность ввиду того, что такие подстанции дешевы и монтируются на опору ЛЭП, хотя подвержены внешним факторам из-за слабой защищенности.

2. **Мачтовая трансформаторная подстанция** – это самая компактная из группы подстанций, в отличие от столбового типа. **Мачтовая трансформаторная подстанция** монтируется не на опору линии электропередач.

3. Подстанции киоскового типа, которые являются подстанциями наружной установки. Главной их задачей является прием электрической энергии, а именно переменного тока трех фаз. Киосковые подстанции являются сборносварочной конструкцией.

4. Наружной установки. Такой тип служит для приема энергии, ее преобразования и распределения. В основном применяются в газовой промышленности.

5. Внутренней установки. Зачастую широко применяются в народном хозяйстве в районах, которые обладают умеренным климатом. Необходимо обратить внимание на то, что данный тип подстанций является довольно важным и с ним нужно разобраться более детально.

Закрытый тип подстанций делится на такие виды, как:

1. Пристроенные – это такие подстанции, которые являются примыкающими к основному зданию и никак иначе.

2. Встроенные, еще их называют закрытыми подстанциями. Они являются вписанными в контур самого основного здания.

3. Внутрицевые. Они соответственно располагаются внутри самого здания.

Корпус подстанции играет значительную роль, ведь производя **обслуживание трансформаторных подстанций**, важно иметь в виду безопасность и нужно быть уверенным в том, что подстанция не будет повреждена внешними факторами, какого бы типа она ни была. Например, **мачтовые трансформаторные подстанции** не должны подвергаться вибрациям и ударам.

Рассмотрим некоторые основные виды трансформаторных подстанций и способы их монтажа.

1.2 Мачтовые трансформаторные подстанции (МТП) сооружены на А-, П- или АП-образных конструкциях, изготовляемых из железобетонных или деревянных стоек. На А-образной конструкции, которая одновременно является и концевой опорой линии 6—10 кВ, монтируют все оборудование подстанции: разъединитель, предохранители, разрядники, однофазный силовой трансформатор мощностью 4, 5 или 10 кВ-А и распределительный щит напряжением 0,23 кВ. Подстанция не имеет площадки обслуживания и лестницы и обслуживается с телескопической вышки или гидроподъемника.

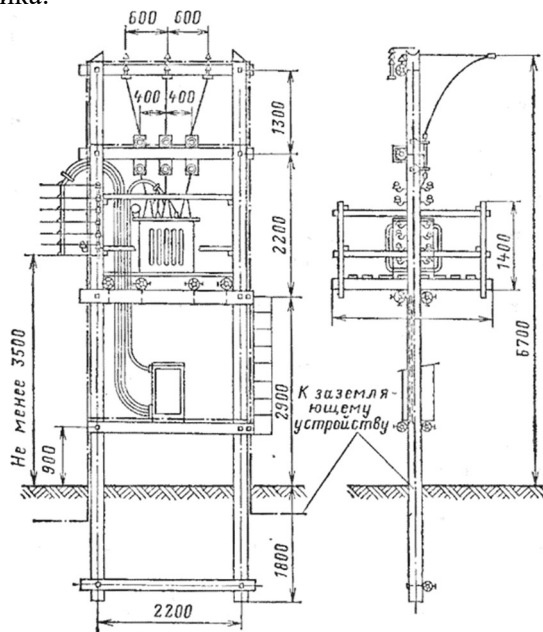


Рисунок 14.1 - Общий вид подстанции на П-образной деревянной опоре.

П-образные конструкции используются для подстанций с трехфазными трансформаторами мощностью до 100кВА включительно (рисунок 14.1). В комплект оборудования МТП входят: разъединитель с приводом, предохранители, разрядники 6—10 кВ и распределительное устройство 0,38 кВ. Трансформатор размещается на площадке на высоте от земли не менее 3 м. Разъединитель установлен на концевой опоре линии 6—10 кВ, что позволяет обеспечить безопасные условия работы на подстанции после его отключения. С этой же целью

предусмотренная для подъема на площадку и запирающаяся в сложенном положении лестница сблокирована с приводом разъединителя; блокировка, выполненная с помощью механических блокировочных замков, не позволяет открыть лестницу при включенном разъединителе.

Для подстанций с трансформаторами мощностью до 250 кВ-А включительно применяют АП-образные конструкции, на которых монтируют все оборудование, включая разъединитель.

Монтаж мачтовых трансформаторных подстанций

В настоящее время заводами изготовителями выпускаются МТП мощностью от 25 до 250 кВА, напряжением 10/0,4 (6/0,4) кВ, которые поставляются в комплекте состоящем из: силового трансформатора, разъединителя, высоковольтных разрядников (ограничителей перенапряжения), предохранителей и шкафа распределительного устройства низкого напряжения (РУНН).

Монтаж МТП включает в себя следующие операции: доставку оборудования на место (включая опоры для МТП), сборку и установку опор в котлованы, выверку по шнуру и отвесу, установку основного оборудования МТП, электрическое соединение аппаратов одного с другим, подключение кабелей, ревизию и регулировку аппаратов.

В зависимости от сложности конструкции опор (А-, П-, АП-образная) выполняют их установку, по технологии аналогичной технологии монтажа ВЛ. Если МТП монтируется на одиночной опоре или тупиковая МТП на П-образной опоре, то необходимо предусмотреть концевую опору ВЛ 10 кВ в непосредственно близости от МТП, не далее 3 м.

Монтаж основного оборудования начинают с установки силового трансформатора, который поднимают на опору при помощи крана, при строповке в местах изгибов стропов необходимо устанавливать надежные распорки, предохраняющие окраску оборудования и проходные изоляторы трансформатора от повреждения. Трансформатор на железобетонных опорах закрепляют на металлической раме-основании, предварительно надежно закрепленной на опоре при помощи металлических хомутов.

Силовой трансформатор на АП-образной опоре монтируется на подготовленную площадку размером 3500х2500 мм.

Выше устанавливают высоковольтные предохранители и разрядники. Разъединитель допускается монтировать как выше на опо-

ре, так и на концевой опоре ВЛ. Все оборудование крепится болтами к основаниям, которые заранее закреплены на опоре.

МТП мощностью до 40 кВА как правило выполняются на одну отходящую линию (реже на две), поэтому ВЛ 0,4 кВ подключается к выводам трансформатора через предохранители без шкафа РУНН. Если МТП имеет две и более отходящих линий необходимо применение РУНН.

РУНН представляет собой металлический шкаф, с защищенными от попадания влаги вводами, которые выполнены в виде трубостоек от выводов НН трансформатора к РУНН и от РУНН к изоляторам отходящих линий запирающийся на замок во избежание попадания посторонних лиц. Устанавливается на высоте 1000 – 1200 мм от уровня земли. В нем располагаются коммутационные аппараты и аппараты защиты отходящих линий.

Отходящие линии 0,4 кВ могут выполняться как воздушными, так и кабельными.

По окончании установки основного оборудования МТП выполняют соединение (обвязку) высоковольтной аппаратуры при помощи голых проводов и наконечников. Выполняют измерения, изготовление и присоединение шлейфов от ввода высокого напряжения трансформатора к предохранителям, разрядникам и разъединителю. Присоединяют ВЛ 10(6) кВ к разъединителю, при отключенной ВЛ, обязательно соблюдая требования техники безопасности.

В завершение проводят ревизию и контрольные испытания установленного оборудования, после чего включают установку в сеть.

1.3 Комплектная трансформаторная подстанция (КТП) заводского изготовления с воздушным вводом 6—10 кВ позволяет устанавливать трансформатор мощностью до 250кВ·А. Подстанция (рисунок 14.2, а) состоит из вводного устройства 6—10 кВ, трансформатора (не входит в комплект поставки) и РУ 0,38 кВ. Силовой трансформатор монтируется на салазках рамы под шкафом предохранителей высокого напряжения. Изоляторы трансформатора закрываются кожухом, закрепленным за заднюю стенку РУ 6—10 кВ. Разрядники напряжением 6—10 кВ крепятся снаружи к верхней части шкафа. Рядом с силовым трансформатором (рисунок 14.2, а) устанавливается шкаф низкого напряжения. Разъединитель монтируется на концевой опоре питающей ВЛ. На стороне 6—10 кВ предусмотрена блокировка, не позволяющая открыть двери шкафа высокого напряжения без отключения главного рубильника и вклю-

чения заземляющих ножей разъединителя в сторону КТП. Подстанция размещается на фундаменте, высота которого принимается из условий минимально допустимого расстояния до земли от вводов высшего напряжения.

Согласно [1] это расстояние должно быть не менее 4 м. На рисунке 14,2 б приведена принципиальная схема КТП с трансформатором и указано комплектующее оборудование.

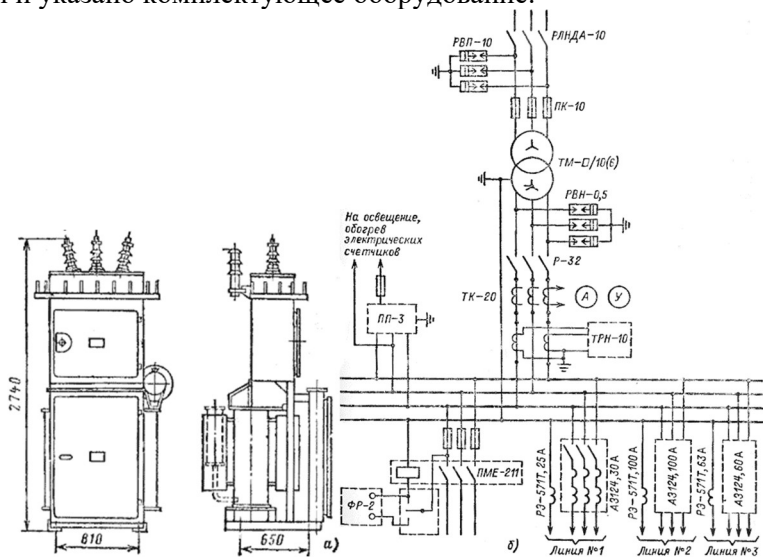


Рисунок 14.2 - Комплектная трансформаторная подстанция: а — общий вид; б — принципиальная схема и комплектующее оборудование КТП-100

Монтаж комплектных трансформаторных подстанций

Монтаж КТП включает в себя следующие операции: доставку блоков оборудования на место, их установку на закладные основания, выверку по шнуру и отвесу, стягивание болтами, приварку к основанию, электрическое соединение блоков одного с другим или прокладку сборных шин, подключение кабелей, ревизию и регулировку аппаратов.

В помещении или на площадке, где устанавливается КТП (КТПН), должны быть полностью закончены основные и отделочные строительные работы. Кабельные каналы и проемы должны быть выполнены точно в соответствии с чертежами. Строительные работы по их устройству, включая покрытие плитами, должны быть

закончены, а трубы для прохода кабеля – заложены в соответствии с проектом.

Способы доставки блоков КТП на место монтажа определяются конкретными условиями строительства данного объекта. Целесообразно обеспечивать доставку блоков на место с помощью кранов и автомобильного или железнодорожного транспорта без промежуточной выгрузки.

Погрузку и выгрузку блоков КТП и трансформаторов выполняют только с помощью подъемного крана грузоподъемностью 20 т. При строповке в местах изгибов стропов необходимо устанавливать надежные распорки, предохраняющие окраску оборудования от повреждения, особенно если блоки поставляются не в ящиках, а в обшивке. Блоки в помещении устанавливаются с помощью лебедок на катках, специальных тележек и приспособлений. Перед окончательной установкой на направляющие швеллеры блоки распаковывают.

В зависимости от типа грунта и местных условий КТП устанавливают на двух (или четырех) железобетонных стойках, закрепленных в сверленных котлованах. В качестве стоек используют типовые приставки (ПТО-1,7) опор воздушных линий длиной 3,25 м и 4,25 м или унифицированные стойки УСО-3А (УСО-4А, УСО-5А). Высота установки КТП над уровнем земли должна быть не менее 1,8 м, а расстояние от земли до высоковольтного ввода – не менее 4,5 м. Ограждать КТП не обязательно, кроме случаев, когда они располагаются в местах возможного скопления людей (школы и т. п.).

Для удобства обслуживания на высоте 0,5...0,75 м от поверхности земли предусмотрена площадка, шарнирно соединенная со стойками, которую после окончания работ поднимают в вертикальное положение и запирают на замок.

КТП можно ставить на железобетонные блоки или приставки ПТО-1,7, положенные горизонтально на песчаное основание. Этот вариант рекомендуется при скальных грунтах, при песчаных грунтах с крупной галькой и валунами, когда бурение котлованов затруднительно, а также при монтаже КТП киоскового типа. Раму-основание КТП приваривают к железобетонным элементам фундаментов.

До начала монтажа обязательно проверяют закладные основания под трансформаторы. Они должны быть установлены по уровню и точно соответствовать чертежу проекта (отклонения от уровня не должны превышать 1 мм на 1 м длины и 5 мм на всю длину). Несущие поверхности обоих швеллеров должны быть в одной строго го-

горизонтальной плоскости и выступать из чистого пола на 10 мм. Не менее чем в двух местах швеллеры необходимо присоединить к контуру заземления полосовой сталью 40 х 4 мм.

При сборке подстанций соединяют выводы обмоток низкого напряжения трансформатора с распределительным устройством, устанавливают автоматы, монтируют заземление. Шины соединяют обычно с помощью сжимных плит. При этом контактные поверхности шин нельзя зачищать стальными щетками и наждачной шкуркой во избежание повреждения противокоррозионного покрытия, поэтому для их очистки используют чистую ткань, смоченную в бензине. Блоки устанавливают поочередно, предварительно сняв специальные заглушки, закрывающие выступающие концы шин, и подъемные скобы с опорных швеллеров. Проверяют совпадение вертикальных и горизонтальных осей втычных контактов и ножей, а также выдвижных автоматических выключателей низкого напряжения, определяют с помощью динамометра усилие нажатия, которое у каждого втычного контакта должно быть 100 Н. Кроме того, проверяют совпадение осей симметрии подвижных и неподвижных вспомогательных контактов, которые должны иметь провал 1,5... 2 мм. Для вкатывания и выкатывания автоматических выключателей применяют специальное устройство, поставляемое заводом.

Установку блочных (объемных) КТП проводят следующим образом. Роют котлован и строят из кирпича или железобетонных блоков фундамент. На фундаменте размещают блоки со смонтированным на заводе оборудованием. Мощные силовые трансформаторы, привозят отдельно и устанавливают позже.

Каждый блок выполняется из вибропрокатных скорлуп толщиной 88 мм. Электрооборудование во всех блоках монтируется на заводе. Масса полностью смонтированного блока без трансформаторов составляет около 14 т. Наружные поверхности такой подстанции окрашивают, а двери делают стальными.

Перевозка каждого блока объемной подстанции осуществляется отдельно, их габаритные размеры допускают транспортировку по железным и автомобильным дорогам. Приемка железобетонных объемных блоков в тех случаях, когда они доставляются строителями для монтажа электрооборудования в МЭЗ или непосредственно на место установки, заключается в проверке расположения закладных конструкций, кабельного подполья, маслосборной ямы, качества отделки потолков, стен, полов и кровли. Необходимым услови-

ем при приемке подстанций, состоящих из нескольких блоков, является проверка их сопрягаемости и комплектности деталей для их сборки.

После установки силовых трансформаторов выполняют работы по присоединению кабелей высокого и низкого напряжений к устройству внешнего контура заземления. Компоновка блочной КТП представлена на рисунке 4.59, она состоит из двух объемных железобетонных блоков 2 и 4, изготавливаемых на заводе, и размещенных в них трансформаторов и распределительных устройств.

Монтаж завершается проверкой исправности проводок и приборов, надежности крепления болтовых соединений, исправности электрической изоляции, присоединением кабелей высокого напряжения к трансформаторам и кабелей отходящих линий, а также присоединением к сети заземления металлических частей конструкции.

Первые объемные КТП выполнялись только из железобетонных элементов и изготавливались вместе со строительной частью на железобетонном заводе, где производились также установка, ревизия и наладка смонтированного электрооборудования. Затем они доставлялись на трейлере к месту монтажа и устанавливались на заранее подготовленную площадку или фундамент. Для пуска такой подстанции необходимо было лишь присоединить внешние кабельные или воздушные линии.

Объемные трансформаторные подстанции из железобетонных панелей все чаще стали вытесняться подстанциями с металлическим каркасом – киоскового типа, обшитым стальным оцинкованным гофрированным листом. Такая подстанция изготавливается также вне строительной площадки, т. е. на заводе или в монтажных мастерских в ней монтируется все электрооборудование (кроме трансформаторов) и в готовом виде она доставляется на объект и устанавливается на фундамент. КТП киоскового типа дешевле и менее материалоемка, чем подстанция из железобетонных панелей и тем более кирпичная. Масса такой подстанции без трансформатора не превышает 5 т.

КТП киоскового типа разделена на отдельные отсеки в которых расположено основное оборудование. Это трансформаторный отсек, РУВН, РУНН. Каждый отсек имеет свою дверь, запирающуюся на замок и имеющую ряд блокировок, препятствующих открытию того или иного отсека при включенном коммутирующем устройстве.

зации строительства ЗТП собираются полностью из сборных железобетонных конструкций. В таких подстанциях РУ 6—10 кВ монтируется из камер КСО, а РУ 0,38 кВ — из панелей типа ЩО-70 (ЩО-59).

На рисунке 14.3,б показана схема электрических соединений ЗТП, оснащенной АВР на резервном вводе. Основной ввод питания подстанции осуществляется через выключатель нагрузки ВН-16, вводы отходящих линий через выключатели нагрузки ВНП-17, резервная линия подключена через масляный выключатель ВМГ-133 (ВМГ-10) и разъединители. Для питания цепей защиты и автоматики на резервном вводе установлены трансформаторы тока ТПЛ-10 и трансформатор напряжения НОМ-10. В цепях силовых трансформаторов применены разъединители РВ-10. Секция шин 10 кВ защищена комплектом разрядников РВП-10, присоединяемых к шинам через разъединители с заземляющими ножами.

Присоединение шин 0,38 к трансформаторам осуществляется через рубильники с предохранителями при отсутствии АВР на стороне низшего напряжения или через рубильники и автоматические выключатели при наличии АВР. Шины 0,38 кВ секционируются с помощью рубильника при отсутствии АВР или рубильников и автоматического выключателя при наличии АВР. Отходящие линии 0,38 кВ, максимально возможное число которых по заполнению щита составляет 16, присоединяются к шинам через рубильники и предохранители.

С учетом необходимости, а также наличия оборудования схема заполнения РУ 6—10 кВ может иметь различные варианты по числу ячеек, виду оборудования.

Закрытая ТП с кабельными вводами 6—10 и 0,38 кВ представляет собой одноэтажное здание с помещениями для силовых трансформаторов, РУ 6—10 и 0,38 кВ, схемы заполнения которых аналогичны рассмотренным.

Монтаж закрытых трансформаторных подстанций

Монтаж ЗТП включает в себя следующие операции: доставку узлов оборудования на место, их установку на основания, стягивание болтами, электрическое соединение блоков одного с другим и прокладку сборных шин, подключение кабелей, ревизию и регулировку аппаратов.

В помещении, где устанавливается ЗТП, должны быть полностью закончены основные и отделочные строительные работы. Ка-

бельные каналы и проемы должны быть выполнены точно в соответствии с чертежами. Строительные работы по их устройству, включая покрытие плитами, должны быть закончены, а трубы для прохода кабеля – заложены в соответствии с проектом.

Способы доставки узлов ЗТП на место монтажа выполняют аналогично КТП.

ЗТП размещается в нескольких отдельных помещениях. Ввод высокого напряжения выполняется как воздушной линией, так и кабелем. Два помещения занимают силовые трансформаторы, и по одному помещению занимают распределительные устройства высокого и низкого напряжения.

Силовые трансформаторы монтируют на фундаменте. Установку на фундамент выполняют с помощью грузоподъемных механизмов, а если это невозможно закатывают по направляющим с помощью полиспаста или лебедки. Силовые трансформаторы мощностью от 160 кВА заводом изготовителем могут комплектоваться транспортными роликами. В качестве направляющих используются швеллеры или рельсы (зависит от вида роликов).

Трансформаторы надежно закрепляют, нейтраль присоединяют к заземляющему устройству при помощи сварки. Заземляющее устройство выполняют заблаговременно, заземляющую шину выполняют полосой 40х4 мм и выводят в помещения трансформаторов.

В помещениях распределительных устройствах ВН и НН приступают непосредственно к установке укрупненных узлов, из которых они собираются.

РУВН 10(6) кВ как правило, собираются из ячеек КСО.

В состав камеры КСО входит малогабаритный вакуумный выключатель, пришедший на замену малообъемных масляных выключателей. Основными достоинствами данного выключателя являются:

- высокий механический ресурс;
- малое потребление электроэнергии по цепям включения и отключения;
- малые габариты и вес;
- возможность управления как по цепям оперативного постоянного, так и оперативного переменного токов;
- отсутствие необходимости ремонта в течение всего срока службы.

Ячейки КСО имеют различную внутреннюю наполняемость оборудованием в зависимости от их назначения, при одинаковых

габаритных и установочных размерах, что позволяет без труда собрать распределительное устройство любой конфигурации и сложности. Конструктивно камера КСО состоит из отсеков – высоковольтного, низковольтного, кабельного и отсека сборных шин. При существенно меньших (по сравнению с камерами других серий) габаритах, высота кабельного отсека обеспечивает удобство проведения работ в отсеке.

Камеры КСО надежны, просты в обслуживании и безопасны, что обеспечивается следующим:

- в камере КСО предусмотрена блокировка линейного и шинного разъединителя с использованием герконовых блокираторов, исключающая включение выключателя при промежуточном положении разъединителя, а также исключающих операции с разъединителями при включенном выключателе;

- наличие механических блокировок линейного и шинного разъединителей от включения заземляющих ножей при включенных главных ножах, а также от включения главных ножей при включенных заземляющих ножах;

- наличие аварийной кнопки ручного отключения выключателя;

- предусмотрена возможность управления выключателем от независимого источника питания – блока автономного включения BAV/TEL или аккумуляторной батареи = 24В, (например, автомобильной).

После установки данные камеры закрепляют и собирают между собой. Выполняют электрическую обвязку, т.е. соединяют сверху шинами, согласно требуемой схемы, присоединяют питающие кабели и кабели отходящих линий.

РУНН 0,4 кВ собирают из распределительных шкафов низкого напряжения (ШРНН) или щитов одностороннего обслуживания (ЩО-70), электрическое соединение которых между собой осуществляется при помощи сборных шин, рассчитанных на токи порядка нескольких тысяч ампер. Это связано с тем, что на стороне НН после силового трансформатора мощностью, например 630 кВА протекают токи уже порядка 1000 А, и это делает невозможным применение проводов и кабелей для соединения оборудования из-за их большого поперечного сечения.

Щафы распределительные серии ШРНН на напряжение 0,4 кВ служат для приема, распределения электрической энергии в сетях напряжением 380/220 В переменного тока частотой 50 Гц с глухоза-

земленной нейтралью, защиты от перегрузок и токов короткого замыкания отходящих линий. Шкафы имеет небольшие габариты, просты, удобны и безопасны в эксплуатации.

Панели распределительных щитов серии ЩО-70 предназначены для комплектования распределительных устройств напряжением 380/220 В переменного тока частотой 50 Гц с глухозаземлённой нейтралью и служат для приёма, распределения электрической энергии и защиты от перегрузок и токов короткого замыкания, а панели ЩО-70-3-АВР, также для осуществления автоматического включения резерва (АВР) питающих линий 0,4 кВ в ручном или автоматическом режимах и для учёта активной и реактивной энергии на стороне 0,4 кВ, ручного или автоматического управления уличным освещением. Панели предусматривают шинный ввод.

Данные устройства позволяют оборудовать РУНН любой сложности, и организовать секционирование, защиту и учет электроэнергии на отходящих кабельных линиях.

По периметру помещения РУНН прокладывают магистраль заземления, присоединенную к заземляющему устройству ЗТП. К нему присоединяют все металлические корпуса шкафов и щитов РУНН, при помощи сварки или гибкими медными перемычками.

После установки данные щиты или шкафы закрепляют и собирают между собой. Выполняют электрическую обвязку, т.е. соединяют сверху и подводят питание от силовых трансформаторов шинами, согласно требуемой схемы, присоединяют кабели отходящих линий к соответствующим коммутационным аппаратам.

После выполнения электромонтажных работ проверяют контроль качества смонтированного оборудования, соответствие проекту, проводят испытания и вводят в эксплуатацию.

2 Монтаж комплектных распределительных устройств

2.1 Монтаж КРУ напряжением до 1 кВ.

Щиты поставляют на объект монтажа отдельными блоками длиной до 4 м со всеми деталями для их соединения, а сборные шины, измерительные приборы, реле и аппаратуру — в отдельных упаковках. В мастерских электромонтажных заготовок комплектные РУ собирают в упакованные блоки по несколько панелей с полностью законченной ошиновкой, подсоединением цепей вторичных соединений, предварительной наладкой и маркировкой в местах разъема блоков и связей вторичных цепей. После этого блоки доставляют на место монтажа.

Установку блоков и сборку панелей щитов осуществляют на заранее подготовленные фундаментные рамы или закладные металлоконструкции. После установки первого монтажного блока на раму выверяют его положение в пространстве и крепят к фундаментной раме. Затем устанавливают другие блоки, также выверяя, прикрепляя и соединяя их между собой, выполняют монтаж сборных шин в соответствии с маркировкой, монтируют и крепят приборы и аппараты. Перед установкой осматривают (без разборки) реле, приборы и аппараты и, убедившись в исправности, размещают их на панелях, соединяя концы проводов в соответствии со схемой присоединения. Одновременно выполняют работы по прокладке и разделке кабелей, монтаж концевых заделок для подсоединения их к панелям. Опорную часть каждой панели приваривают в нескольких точках к заземленной раме. Осуществляют наладку смонтированного оборудования.

При проверке и регулировке аппаратов подгоняют контактные поверхности губок предохранителей и рубильников так, чтобы при включений ножи легко, плотно и без перекосов входили в губки по всей поверхности контакта. Плотность прилегания проверяют щупом толщиной 0,05 мм и шириной 10 мм, который должен с трудом проходить между ножом и губкой. Фиксаторы положения приводов должны работать четко, не допуская самопроизвольного отключения рубильника.

Сопротивление изоляции всех вторичных цепей вместе с приборами и аппаратами измеряют мегаомметром 500—1000В (оно должно быть не менее 0,5 МОм). Механическую прочность крепления рубильников и переключателей проверяют 30-кратными включениями и отключениями.

2.2 Монтаж КРУ напряжением 6—10 кВ.

Монтаж комплектных РУ состоит из следующих этапов: доставка на место установки укрупненных блоков или камер; распаковка; проверка комплектности и исправности аппаратов и приборов; установка на заранее подготовленные фундаментные рамы панелей и камер и выверка в пространстве их положения; крепление к основанию и между собой отдельных блоков и камер; установка сборных шин; подключение кабелей и приводов.

При монтаже шкафов КРУ в помещении ширина прохода с фасадной стороны для однорядной установки должна быть равной

длине выкатной тележки плюс 0,8 м, а для двухрядной — длине выкатной тележки плюс 1 м.

После установки камер КСО и КРУ в щиты соединяют болтами корпуса блоков, начиная с крайнего, и в первую очередь затягивают нижние болты, а затем верхние. Далее проверяют по шнуру прямолинейность верхней части щита и при необходимости регулируют с помощью стальных подкладок.

Правильность установки шкафов проверяют медленным вкатыванием тележки, добиваясь совпадения подвижных и неподвижных частей разъединяющих и заземляющих контактов при четкой фиксации положения тележки роликами. Выверенные камеры КСО прикрепляют сварочным швом длиной 60—70 мм к направляющим в четырех углах, а камеры КРУ — опорными швеллерами к раме не менее чем в двух точках каждый.

На панелях камер КСО и релейных шкафах камер КРУ устанавливают измерительные приборы, реле защиты, сигнализации и управления, заземляют вторичные обмотки трансформаторов тока, а неиспользованные вторичные обмотки закорачивают перемычками непосредственно на их выводах.

Смонтированные шкафы и камеры очищают от пыли, грязи и приступают к ревизии оборудования. Проверяют уровни масла в маслonaполненных аппаратах и при необходимости доливают. Осматривают все элементы, подтягивают крепежные болтовые соединения. Измеряют мегаомметром сопротивление изоляции вторичных обмоток измерительных трансформаторов. Проверяют регулировку, масляных выключателей, сигнальных контактов, работу механизма доводки выкатывания тележки, блокировку и действие разъединяющих контактов. Затем присоединяют питающие и отходящие кабели, а также кабели и провода цепей вторичных соединений.

После установки камер КСО и КРУ все металлические конструкции, на которых они смонтированы, присоединяют к сети заземления.

3 Силовой трансформатор

3.1 Назначение, классификация и конструкция силовых трансформаторов

Трансформатор предназначен для преобразования (трансформирования) переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения — более низкого или более высокого. Транс-

форматоры, понижающие напряжение, называются понизительными, повышающие напряжение — повысительными. Обмотка трансформатора, включенная в сеть источника электроэнергии, называется первичной; обмотка, к которой присоединены электроприемники, — вторичной.

Трансформаторы разделяются: по назначению — на силовые, измерительные, сварочные и другие специального назначения; по способу охлаждения — масляные, сухие, с дутьевым и водомасляным охлаждением; по исполнению — внутренней и наружной установки, герметичные, уплотненные; по числу фаз — одно- и трехфазные; по числу обмоток — двух- и трехобмоточные; по способу регулирования напряжения — под нагрузкой и при снятом напряжении.

Трансформаторы различаются также своими основными электрическими параметрами — мощностью, классом напряжения обмотки высшего напряжения (ВН) и низшего напряжения (НН).

Этой классификации соответствуют и условные обозначения силовых трансформаторов. Обозначения типов трансформаторов построены по определенной системе. Они состоят из букв, характеризующих отличительные признаки трансформатора, его конструкцию, и цифр, обозначающих мощность и класс напряжения обмоток.

Для трансформаторов с одинаковыми параметрами одной и той же конструкции, изготавливаемых на нескольких предприятиях, указывается год начала выпуска трансформаторов данной конструкции.

Основным узлом в конструкции трансформатора является его активная часть, состоящая из магнитопровода с расположенными на нем обмотками НН и ВН, отводов и переключателя напряжения. В трехобмоточном трансформаторе имеется третья обмотка среднего напряжения (СН), что позволяет снабжать электрической энергией две различные группы электроприемников.

Активная часть погружена в бак трансформатора, представляющий собой стальной резервуар овальной формы. Бак у масляных трансформаторов заполнен трансформаторным маслом, которое служит охлаждающей и изолирующей средой. Масло отводит тепло, выделяющееся в магнитопроводе и обмотках, и отдает его в окружающую среду через стенки и крышку бака, а также повышает изоляцию между токоведущими частями и заземленным баком. Поэтому масло, которым заполняется бак трансформатора и других маслонаполненных аппаратов, должно удовлетворять требованиям и нормам по своему химическому составу и электрической прочности.

Некоторые трансформаторы по соображениям пожарной безопасности заполняют негорючими составами, такими как совтол, совол, пиранол, кварцевый кристаллический песок, так как трансформаторное масло является горючим материалом.

В этих трансформаторах, имеющих обозначение ТНЗ, в качестве жидкого диэлектрика и охладителя вместо масла применена негорючая пожаро- и взрывоопасная электроизоляционная жидкость — совтол-10. В связи с токсичностью совтола (он выделяет ядовитые пары хлористого водорода и хлора) трансформаторы с совтоловым заполнением имеют специальную герметизированную конструкцию.

В помещениях, к которым предъявляются повышенные требования пожарной безопасности, устанавливают сухие трансформаторы.

Для увеличения поверхности охлаждения баки изготовляют ребристыми, вваривают в них трубы или снабжают радиаторами, которые присоединяют к стенкам бака при помощи патрубков со специальными радиаторными кранами.

Отводы — это соединительные провода, идущие от концов обмоток и их ответвлений и предназначенные для регулирования напряжения.

Переключатели напряжения служат для регулирования напряжения на стороне обмоток ВН путем изменения коэффициента трансформации (соотношения между числом витков обмоток ВН и НН).

Есть два вида переключения: переключение без возбуждения ПБВ, т. е. после отключения от сети, и переключение (регулирование) под нагрузкой — РПН. На рисунке 14.4 и 14.5 показаны трансформаторы масляный ТМ и сухой ТС.

На крышке бака трансформатора расположен расширитель — добавочный бак цилиндрической формы, служащий для защиты масла от окисления и увлажнения. Там же размещены выхлопная труба, вводы, газовое реле и другие узлы и детали трансформатора. Расширитель сообщается с атмосферой через так называемую дыхательную трубку и с баком посредством патрубка, который расположен в расширителе выше его дна, чтобы исключить попадание осадков масла в бак. Расширитель обеспечивает постоянное заполнение бака трансформатора маслом и ограничивает поверхность соприкосновения масла с воздухом, которое происходит только в расширителе через дыхательную трубку. На патрубке установлены пробка для слива масла или кран с указателем положения и газовое реле. Для

контроля уровня масла расширитель снабжен маслоуказателем, на котором нанесены три контрольные черты, соответствующие уровню масла при температуре — 35, +15 и -f-35° С. Объем расширителя составляет 8—10% объема масла трансформатора. Трансформаторы типа ТМЗ не имеют расширителя, и в них защита масла осуществляется при помощи азотной «подушки».

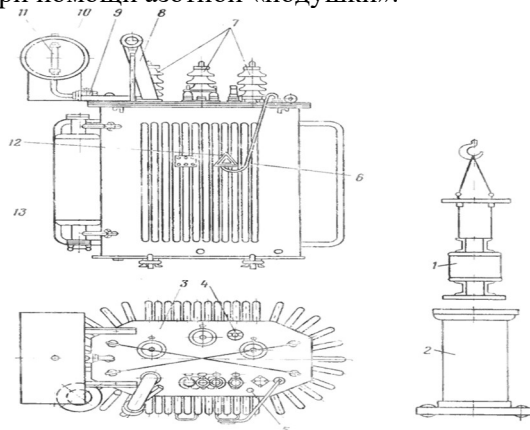


Рисунок 14.4 - Силовой трехфазный трансформатор ТМ: 1 — активная часть; 2 — бак; 3 — крышка бака; 4 — переключатель; 5 — пробивной предохранитель; 6 — радиаторы; 7 — вводы; 8 — выхлопная труба; 9 — газовое реле; 10 — расширитель; 11 — маслоуказатель; 12 — термометрический сигнализатор; 13 — фильтр.

Для очистки воздуха, поступающего в расширитель, от влаги и пыли на дыхательной трубке расширителя устанавливают воздухоосушитель. Воздухоосушитель представляет собой цилиндр, заполненный силикагелем. В нижней его части расположен масляный затвор, предусмотренный для защиты засасываемого воздуха от загрязнения и увлажнения, а в верхней части — патрон с индикаторным адсорбентом. При увлажнении он меняет свою окраску с голубой на розовую. При отсутствии патрона весь цилиндр заполняется индикаторным силикагелем. В качестве адсорбента употребляется силикагель марки КСМ, пропитанный раствором хлористого кальция и дополнительно раствором хлористого кобальта. Адсорбент, доставляемый в негерметической упаковке, должен быть перед его засыпкой просушен при температуре 140 °С в течение 8 ч или 300 °С в течение 2 ч. Индикаторный силикагель сушат при 100—120°С.

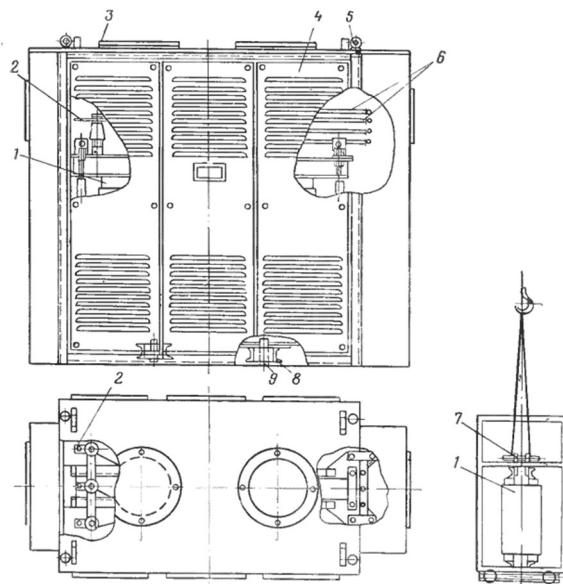


Рисунок 14.5 - Силовой трансформатор (ТС): 1 — активная часть; 2 — ввод ВН; 3 — крышка люка; 4 — кожух; 5 — кольцо для подъема трансформатора; 6 — шины НН; 7 — планка для подъема активной части; 8 — тележка; 9 — каток.

Трансформаторы мощностью 1000 кВ-А и выше снабжены выхлопными (предохранительными) трубами. Назначение трубы — предохранить бак от деформации и разрыва при бурном газовыделении вследствие интенсивного разложения масла при внутренних повреждениях трансформатора. Одной стороной труба соединена с крышкой бака, а на другой установлена тонкая стеклянная мембрана, которая разрушается при давлении свыше 0,05 МПа и дает выход газа и масла наружу раньше, чем произойдет деформация бака.

Газовое реле предназначено для защиты трансформатора от внутренних повреждений, сопровождающихся выделением газов, а также при утечке масла и при попадании воздуха в бак. Оно устанавливается на трубопроводе, соединяющем расширитель с баком. Выделяющиеся газы приводят в действие простой механизм реле, действующий на предупредительную сигнализацию и на отключение.

На трансформаторах мощностью 160 кВ-А и выше устанавливаются термосифонные фильтры, предназначенные для очистки

трансформаторного масла от продуктов старения и удлинения тем самым сроков его службы. Фильтр присоединяется параллельно радиаторам. Он заполнен активным материалом — сорбентом, масло циркулирует через фильтр сверху вниз (более нагретое масло верхних слоев, проходя через охлаждающее устройство, опускается вниз) и непрерывно очищается.

Кроме того, на трансформаторах установлены: приборы для измерения температуры масла — термометры, термометрические сигнализаторы, дистанционные термометры сопротивления (в зависимости от мощности трансформаторов); пробивные предохранители; приспособления для перемещения и подъема; арматура в виде кранов, вентилей и пробок для трансформаторного масла (заливка, отбор пробы, спуск и фильтрация).

В зависимости от мощности и напряжения трансформаторы разделяются на шесть габаритных групп. Рассматриваемые в настоящей книге силовые трансформаторы напряжением до 10 кВ относятся к первым трем группам. Начало фаз обмоток ВН обозначают буквами А, В и С, концы этих обмоток Х, У, Z, выведенная нулевая точка обозначается 0. Начало фаз обмоток НН обозначают буквами а, б и с, концы фаз х, у и z, вывод нулевой точки 0. Обмотки трехфазных трансформаторов могут быть соединены в звезду (У и треугольник (Л)).

Коэффициент трансформации показывает, во сколько раз ВН больше НН или во сколько раз витков обмотки ВН больше числа витков обмотки НН. Режим, при котором вторичная обмотка трансформатора разомкнута, а на зажимы первичной обмотки подано переменное напряжение, называется холостым ходом трансформатора. Наибольший ток, потребляемый первичной обмоткой трансформатора при холостом ходе, называется током холостого хода. Обычно значение его равно 3,5—10% тока при номинальной нагрузке трансформатора.

Напряжение короткого замыкания. Короткое замыкание трансформатора в эксплуатационных условиях является аварийным режимом. Но если зажимы вторичной обмотки трансформатора замкнуть накоротко, а к первичной обмотке подвести такое пониженное напряжение, при котором в обмотках трансформатора будут протекать нормальные токи, то при этом с трансформатором ничего опасного не произойдет. Это напряжение называется напряжением

короткого замыкания U_k , оно характеризует индуктивное сопротивление обмотки и измеряется в процентах номинального напряжения.

Согласно ГОСТ U_k для отечественных трансформаторов равняется 5,5—10,5%. Напряжения короткого замыкания определяют распределение нагрузки между трансформаторами при их параллельной работе. Если у включенных на параллельную работу трансформаторов U_k равны, то нагрузка распределяется между ними пропорционально их мощности. И наоборот, при одинаковых мощностях трансформаторов, включенных на параллельную работу, нагрузка распределяется между ними пропорционально U_k .

Для возможности параллельной работы трансформаторов требуются еще одинаковые коэффициенты трансформации и одинаковые группы соединения обмоток. Величина U_k указывается в фирменных табличках, укрепленных на кожухе трансформатора.

3.2 Монтаж трансформаторов

Монтаж силовых трансформаторов складывается из ряда операций: погрузки, транспортирования и выгрузки; ревизии и сушки; сборки и установки; пробного включения под напряжение. В комплексе операций по монтажу трансформаторов значительное место по трудоемкости занимают такелажные работы.

Отгрузку трансформаторов производят, как правило, железнодорожным или автомобильным транспортом. Доставку трансформаторов к месту установки осуществляют преимущественно автомобильным транспортом соответствующей грузоподъемности, тракторами на специальных транспортных приспособлениях или тягачами на автотрайлерах.

Погрузку и выгрузку трансформаторов с железнодорожной платформы или автомашины производят подъемными кранами с помощью стальных стропов за четыре подъемных крюка, приваренных к стенкам верхней рамы бака. Эти крюки рассчитаны на подъем полностью собранного и залитого маслом трансформатора. Угол наклона строп к вертикали не должен превышать 30° . Подъем производят также с помощью специальной траверсы. Для предохранения троса от перетираания в местах его касания крышки бака подкладывают металлические прокладки.

При отсутствии крана разгрузку и перемещение трансформаторов производят с помощью лебедок и домкратов. Перемещение по наклонной плоскости применяют для трансформаторов массой не более 10—15 т, при этом угол наклона трансформатора к вертикали

не должен превышать 15° , для чего длина наклонного настила должна быть не менее его четырехкратной высоты.

После выгрузки проверяют состояние трансформатора и ведут подготовку его к монтажу или к длительному хранению, если монтаж переносится на более поздний срок.

Приемка трансформатора производится по внешнему осмотру. Проверяют отсутствие вмятин и повреждений бака, радиаторов, расширителя, выхлопной трубы и других деталей, герметичность уплотнений, целостность сварных швов, отсутствие трещин и отбитых краев у вводов, комплектность деталей по накладной и по демонтированной спецификации завода-изготовителя, наличие пломб на всех кранах для масла. У трансформаторов мощностью до 1600 кВ·А включительно и напряжением до 35 кВ, транспортируемых с установленными расширителями и заполненных маслом до нормального уровня, герметичность уплотнений проверяется наличием масла в пределах отметок маслоуказателя в расширителе. При транспортировании трансформатора с маслом, но без расширителя проверку его герметичности производят давлением столба масла высотой 1,5 м в течение 3 ч, для чего на крышке бака трансформатора устанавливают трубку длиной 1,5 м, диаметром 1—1,5 дм с воронкой.

Порядок и условия хранения трансформаторов до монтажа имеют большое значение как с точки зрения сокращения затрат труда на ревизию и монтаж, так и длительности срока их службы после монтажа в процессе эксплуатации. Правильное хранение трансформатора обеспечивает возможность включения его под напряжение без сушки.

Трансформаторы, поступившие с установленным расширителем и заполненные маслом до нормального уровня, хранятся как резервные, подготовленные к эксплуатации с соблюдением всех требований, предъявляемых правилами технической эксплуатации к силовым трансформаторам, находящимся в резерве. Периодически проверяют уровень масла в расширителе и при понижении его в связи с изменением температуры производят доливку сухим и чистым маслом, периодически открывают пробку грязевика расширителя и спускают накопившиеся там осадки; наблюдают за электрической прочностью масла и при снижении ее ниже установленных норм производят сушку и очистку масла.

Трансформаторы, транспортируемые частично демонтированными, но с баком, заполненным маслом, после испытания на герме-

тичность и установки расширителя доливают сухим чистым маслом, не позднее чем через 6 мес после отправки с завода.

3.3 Монтаж ошиновки

Первичные цепи подстанций выполняют неизолированными шинами, преимущественно плоскими или профильными алюминиевыми, и сравнительно редко для ошиновок используют медные и стальные шины. Они служат для распределения и передачи электроэнергии к приемникам или к отходящим линиям потребителей.

Шины можно подразделить на сборные, ответвительные, соединительные, шинные мосты и переходы.

Сборные шины служат для приема электроэнергии от источников питания и дальнейшего распределения ее между потребителями. Ответвительные шины соединяют сборные шины с ближайшим аппаратом, соединительные — один аппарат с другим. Шинные мосты и переходы соединяют между собой первичные цепи элементов распределительных устройств, расположенных отдельно, например вдоль разных стен одного помещения или в разных помещениях.

Шины монтируют на опорных изоляторах; проходы через стены, перегородки и перекрытия выполняются с помощью проходных изоляторов.

Монтаж шин и в особенности контактных соединений является весьма ответственной операцией — их переходное сопротивление определяет надежность работы установки.

Заготовку и обработку шин, сборку шин в узлы и пакеты производят централизованно на заводах или в монтажных мастерских по заготовительным чертежам или же по методу предварительных замеров, на поточных линиях, с применением специальных механизмов и приспособлений.

На монтажную площадку поступают полностью обработанные и заготовленные узлы ошиновки в виде пакетов и отдельных заготовок. На месте монтажа производят только сборку готовых шинных коммуникаций.

Готовые пакеты шинных коммуникаций и отдельные шинные заготовки при установке их на место закрепляют на опорных изоляторах с помощью крепежных болтов или с помощью специальных шинодержателей различного исполнения.

При креплении шин к изоляторам учитывают их продольное перемещение при изменении температуры. Чтобы при большой длине шин избежать их деформации вследствие линейных расширений,

устанавливают компенсаторы, состоящие из набранных в пакет тонких лент (из материала шин), суммарное сечение которых равно сечению шины. Ленты по концам сварены в общий монолит и, как правило, привариваются встык в месте разреза шин. Жесткое крепление шин к изоляторам выполняют лишь в середине линии, а при наличии компенсаторов — в середине участка между шинными компенсаторами. Шины в местах присоединения должны свободно без натяжений примыкать к контактным выводам аппаратов.

При монтаже шин требуется выполнять большое количество контактных соединений между шинами и в местах их присоединений к аппаратам. Болтовые контактные соединения менее надежны, чем целые шины, и являются ослабленными участками цепи. Поэтому рекомендуется широко применять электро- и газосварку шин между собой и присоединений к выводам аппаратов, например к выводам реакторов. Болтовые соединения шин выполняют внахлестку, встык при помощи накладок и внахлестку при помощи сжимов.

Болтовые контактные соединения шин в закрытых распределительных устройствах и подстанциях выполняют при помощи полученных оцинкованных, имеющих непрерывную и правильную резьбу болтов и гаек, а также чистых шайб. Допускается при соединении шин из однородных металлов применение в сухих помещениях вороненых крепежных изделий.

При соединении алюминиевых шин рекомендуется под головки болтов и гайки подкладывать специальные шайбы увеличенных размеров, а при соединении алюминиевых шин с медными подкладывать специальные шайбы только со стороны алюминиевой шины. При отсутствии шайб увеличенного размера устанавливают две нормальные шайбы вместо одной специальной.

Контрящие приспособления (контргайки, стопорные шайбы и т. п.) на болтовых контактных соединениях шин устанавливать не требуется. Пружинные разрезные шайбы рекомендуется устанавливать только при соединениях стальных и медных шин, так как при соединениях алюминиевых шин они не эффективны.

Присоединение прямоугольных шин к плоским контактным выводам аппаратов производят сквозными болтами, проходящими через отверстия в шинах и контактных выводах. Крепежные болты и другие детали поставляются заводом вместе с аппаратами.

Присоединение алюминиевых шин к плоским выводам аппаратов с номинальными токами до 600 А выполняют непосредственно,

а свыше 600 А — через медные или медно-алюминиевые переходные пластины. Ширина шины в месте присоединения должна быть не меньше ширины контактного вывода аппарата.

Присоединение прямоугольных шин к стержневым нарезным контактными выводам аппаратов производят путем надевания на стержень через отверстия в шине и зажатия концов присоединяемых шин между контактными медными или латунными гайками увеличенного размера, поставляемых с аппаратом. В отдельных случаях допускается применение гаек нормального размера. Присоединение алюминиевых шин к выводам до 600 А выполняют непосредственно, свыше 600 А — через медные или медно-алюминиевые переходные пластины, стальных шин — непосредственно. Ширина шин, а также переходных пластин при этом должны быть не менее двойного диаметра выводных стержней аппарата.

Присоединения шин к любым выводам аппаратов выполняют таким образом, чтобы шины свободно и без натяжения примыкали к контактными выводам.

Для обеспечения свободного и правильного подсоединения шин отверстия на концах подключаемых шин, выполняемые в монтажных мастерских, делают немного больше диаметра болтов. При диаметре болтов или стержней 6 мм и выше диаметры отверстий в шинах должны быть соответственно на 1 или 2 мм больше. Рассверливать отверстия в плоских контактных выводах аппаратов под увеличенные размеры болтов запрещается.

При сборке болтовых и сжимных контактных соединений шин и мест присоединения шин к любым аппаратам с обработанных в монтажных мастерских контактных поверхностей шин и аппаратов сухой чистой тряпкой удаляют защитный слой вазелина. В необходимых случаях контактные поверхности повторно зачищают вручную при помощи драчевого напильника, щетки из кардоленты или плоского деревянного бруска с наклеенной на него стеклянной бумагой № 1, 2 и 3. На очищенные контакты наносят тонкий слой свежего вазелина, в отверстия шин и плоские контакты аппаратов вставляют болты сверху, снизу и сбоку с шайбами и гайками, но таким образом, чтобы при эксплуатации был удобен осмотр и обслуживание гаек. Длина болтов в местах соединения шин и подсоединения к аппаратам после полной сборки контактного соединения должна быть достаточной, при этом концы болтов должны выступать из гаек на 2—3 нитки резьбы.

Затяжку болтов в контактных соединениях производят нормальными гаечными или разводными ключами соответствующего размера. Затяжку производят постепенно и в два приема.

После затяжки болтов наружные поверхности контактных соединений и линии швов очищают чистой тряпкой от выдавленного вазелина. Качество затяжки контактных соединений определяют выборочной проверкой, при этом 2—3% соединений разбирается с проверкой правильности обработки контактных поверхностей и наличия между ними вазелина.

Шины окрашивают в установленные стандартом цвета:

при переменном токе фаза А—в желтый, фаза В — в зеленый и фаза С — в красный; нулевые шины при заземленной нейтрали — зелено-желтый (двухцветный), при изолированной нейтрали — голубой. Резервная шина окрашивается в цвет резервируемой фазы;

при постоянном токе положительная шина (+) — в красный, отрицательная (—)— в синий и нейтральная — в белый цвет.

В закрытых распределительных устройствах и подстанциях при переменном трехфазном токе необходимо учитывать, что сборные шины при вертикальном расположении должны быть: верхняя А — желтая, средняя В — зеленая, нижняя С — красная; при расположении шин горизонтально, наклонно или по треугольнику шина А, наиболее удаленная от персонала,—желтая, средняя В — зеленая и ближайшая к персоналу С — красная. Ответвления от сборных — левая А — желтая, средняя В — зеленая, правая С — красная (если смотреть из коридора обслуживания, а для панелей — со стороны фасада панели).

4 Ревизия и испытания силовых трансформаторов

4.1 Ревизия трансформаторов.

Ревизия силовых трансформаторов производится для выявления и устранения неисправностей и повреждений. Ревизии подвергают не все трансформаторы. В соответствии с ГОСТ 11677-75 следует производить включение в эксплуатацию трансформаторов без осмотра активной части при соблюдении требований к их транспортированию и хранению, изложенных в специальной инструкции.

При нарушении требований или при обнаружении неисправностей производят подъем активной части для ревизии деталей, находящихся внутри бака. Вскрытие трансформатора для осмотра активной части возможно только при соблюдении условий, предохраняющих изоляцию трансформатора от увлажнения. Осмотр активной

части рекомендуется производить в помещении, защищенном от попадания атмосферных осадков и пыли.

4.2 Наружный осмотр

При наружном осмотре проверяют целостность бака, радиаторов и изоляторов, а также пломбы и закраску головок болтов (гаек) у заглушки крана, отсутствие следов подтекания масла и уровень масла, залитого в трансформатор, который должен быть в пределах отметок маслоуказателя. Подтягивать уплотняющие болты до проверки герметичности не разрешается. Необходимо обратить внимание на наличие заземления бака трансформатора.

4.3 Измерение сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции между каждой обмоткой и корпусом и между обмотками трансформатора измеряют мегомметром на напряжение 2500 в.

Для исключения влияния токов утечки по поверхности изоляторов, особенно при измерениях во влажную погоду, накладывают экранные кольца из голой медной проволоки, соединяемые с зажимом «экран» мегомметра (рисунок 14.6).

Перед началом измерения сопротивления изоляции испытуемую обмотку трансформатора заземляют на 2—3 мин и тщательно протирают поверхность вводов. Показания мегомметра отсчитывают через 15 и 60 сек после начала вращения рукоятки, что соответствует значениям R15 и R60. Рукоятку мегомметра следует вращать равномерно со скоростью 110—120 об/мин. Желательно применять мегомметр с моторным приводом типа ПМ-89 или с кенотронной выпрямительной приставкой.

Для трансформатора напряжением до 35 кВ включительно, мощностью менее 10 МВА при различной температуре обмотки величина сопротивления изоляции должна быть не менее указанных величин:

Таблица 14.1 - Величина сопротивления изоляции.

Температура обмотки в °С	10	20	30	40	50	60	70
R ₆₀ в МОм.	450	300	200	130	90	60	40

Измеренную величину сопротивления изоляции сопоставляют со значением сопротивления изоляции по данным завода-изготовителя (по протоколу заводских испытаний).

Перед сопоставлением значение R_{60} , измеренное на заводе, приводят к температуре измерения на монтаже путем умножения на коэффициент пересчета K_1 .

Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора

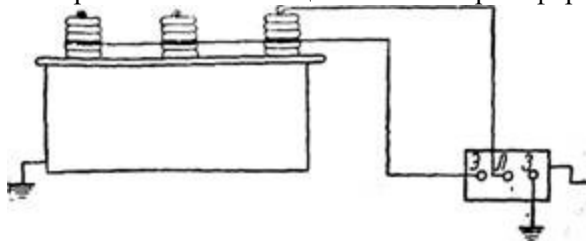


Рисунок 14.6 - Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора с наложением экранных колец

Сопротивление изоляции на монтаже должно быть не ниже 70% сопротивления изоляции по данным протокола заводских испытаний.

4.4 Определение увлажненности обмоток

Трансформаторы всех мощностей и напряжений могут вводиться в эксплуатацию без предварительной сушки, если результаты испытаний изоляции, произведенных на монтаже, при сопоставлении с данными заводских испытаний соответствуют требованиям «Инструкции по контролю состояния изоляции трансформаторов перед вводом в эксплуатацию».

Увлажненность изоляции определяют обычно для решения вопроса о необходимости сушки гигроскопической изоляции электрических машин и трансформаторов. Методы определения степени увлажненности изоляции основываются на физических процессах, происходящих в изоляции при приложении к ней напряжения.

Емкость изоляции может быть представлена геометрической емкостью, определяемой геометрическими размерами изоляции, и емкостью абсорбционной, т. е. емкостью, образуемой в толще изоляции неоднородностями изоляционного материала, а также различными включениями в виде воздушных промежутков, влаги, загрязнений и др.

При приложении напряжения через изоляцию в первый момент проходит ток заряда геометрической емкости, быстро прекращающийся в связи с процессом зарядки этой емкости.

Абсорбционная емкость проявляется не сразу после приложения к изоляции напряжения, а спустя некоторое время после заряда гео-

метрической емкости в результате последующего перераспределения зарядов в толще изоляции и накопления их на границах отдельных слоев, образующих из-за неоднородностей как бы цепочку последовательно включенных емкостей. Следствием заряда соответствующих отдельных емкостей (поляризации) является ток абсорбции в изоляции.

После прекращения поляризации, т. е. заряда абсорбционной емкости, ток абсорбции становится равным нулю, но через изоляцию продолжает проходить ток сквозной проводимости (ток утечки), значение которого определяется сопротивлением изоляции постоянному току.

Определение влажности по коэффициенту абсорбции основано на сравнении показаний мегомметра, снятых через разные промежутки времени после приложения напряжения.

$$K_{a6} = R_{60} / R_{15} \quad (14.1)$$

где: R_{60} и R_{15} - сопротивление изоляции, измеренное соответственно через 60 и 15 с после приложения напряжения мегомметра.

Для неувлажненной обмотки при температуре 10 - 30 °С $K_{a6} = 1,3-2,0$, а для увлажненной обмотки коэффициент абсорбции близок к единице. Это различие объясняется разной длительностью заряда абсорбционной емкости у сухой и влажной изоляции.

4.5 Измерение сопротивления обмоток трансформатора постоянному току

Измерение сопротивления обмоток трансформатора постоянному току производится с целью выявления обрывов обмотки и ответвлений, плохих контактов, нарушения паяк и обнаружения витковых замыканий в катушках. Сопротивление обмоток измеряют мостовым методом или при помощи мультиметра.

Приборы, применяемые для измерения, должны быть класса точности не ниже 0,5. Величина тока при измерениях не должна превышать 20% номинального тока обмотки, чтобы не внести дополнительной погрешности в измерения за счет нагрева обмотки.

Сопротивления следует измерять при установившейся температуре; температура, при которой произведены измерения, должна быть замерена и указана в протоколе испытания.

Измеряют линейные сопротивления всех обмоток трансформатора, а при наличии переключателя ответвлений — на всех его положениях.

Величины сопротивлений отдельных фаз трансформатора не должны отличаться одна от другой и от заводских данных более чем на 2%. Если расхождение с заводскими данными превышает 2%, но одинаково для всех фаз, следует искать ошибку в измерениях.

4.6 Испытание изоляции обмоток трансформаторов повышенным напряжением переменного тока.

Испытание повышенным напряжением переменного тока промышленной частоты является основным, подтверждающим исправное состояние изоляции обмоток трансформатора и наличие необходимого запаса их электрической прочности. Этому испытанию подвергают каждую обмотку трансформатора по отношению к корпусу, к которому на время испытания присоединяют остальные, предварительно закороченные обмотки.

Трансформаторы малой мощности испытывают при помощи аппарата типа АИИ-70, а трансформаторы большей мощности — при помощи специального повысительного трансформатора.

Испытательное напряжение повышают плавно с быстротой, допускающей возможность уверенного отсчета показаний измерительных приборов. Длительность испытания 1 мин, после чего напряжение плавно снижают до нуля.

Величину испытательного напряжения допускается измерять по вольтметру, включенному с низкой стороны испытательного трансформатора.

Величина испытательного напряжения принимается не более 90% испытательного напряжения на заводе-изготовителе. Величина заводских испытательных напряжений приведена в табл. 2.

Таблица 14.2 - Величина заводских испытательных напряжений

Тип изоляции трансформатора	Испытательное напряжение в В при номинальном напряжении обмоток в кВ						
	до 0,525	3	6	10	15	20	30
Нормальная	5	18	25	35	45	55	85
Облегченная	3	10	16	24	37		

Повреждения изоляции при испытании выявляются по резким толчкам стрелок приборов, измеряющих испытательное напряжение и ток установки, по характерному звуку разрядов внутри бака трансформатора или выделению дыма из дыхательной пробки, либо по отключению автомата со стороны питания испытательной установки.

Порядок выполнения практической части работы

Подготовка к работе

Для выполнения лабораторной работы необходимо изучить классификацию и назначение трансформаторных подстанций; устройство и принцип работы силового трансформатора; технологию монтажа и ревизии силового трансформатора; технологию монтажа трансформаторных подстанций различных типов.

Упражнение 1 Изучить технологию монтажа трансформаторных подстанций и силового трансформатора:

1.1 Монтаж МТП

1.2 Монтаж КТП

1.3 Монтаж ЗТП.

1.4 Монтаж силовых трансформаторов

Упражнение 2 Провести ревизию силового трансформатора,

2.1 Проверить комплектность (см. п.3.1 методических указаний):

2.2 Провести внешний осмотр элементов силового трансформатора: (см. п.4.2 методических указаний).

2.2.1 Проверить целостность бака

2.2.2 Проверить целостность радиаторов охлаждения

2.2.3 Проверить заглушки кранов

2.2.4 Проверить уровень масла и следы подтекания масла

2.2.5 Проверить состояния вводов (проходные изоляторы ВН и НН)

2.2.6 Определить состояние переключателя

2.3 По итогам проведенных операций заполните таблицу 14.3:

Таблица 14.3 – Комплектность силового трансформатора

Исследуемая часть трансформатора	Состояние	Вывод
Переключатель		
...		

Упражнение 3 Провести испытание и измерения параметров силового трансформатора.

3.1 Провести измерения сопротивления изоляции между обмотками и обмотками корпусом(см. п.4.3 методических указаний).

3.2 Определение увлажненности обмоток(см. п.4.4 методических указаний).

3.3 Провести измерение сопротивления обмоток постоянному току (см. п.4.5 методических указаний)

3.5 По итогам проведенных операций заполните таблицу 14.4. сделайте вывод о состоянии предоставленного силового трансформатора.

Таблица 14.4 – Результаты измерений

Исследуемая часть трансформатора	Используемый прибор	Измеренное значение	Вывод
Сопротивление изоляции ВН-НН	Мегаомметр		
...			

3.6 По итогам проведённых упражнений 2 и 3 сделать общее заключение о состоянии силового трансформатора и его работоспособности.

Упражнение 4 Монтаж и подключение понижающего трансформатора согласно предложенной схемы.

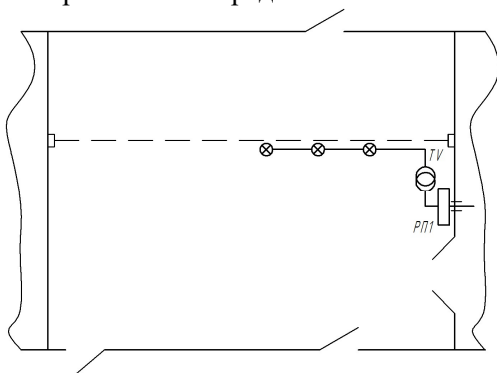


Рисунок 14.7 – Схема монтажа понижающего трансформатора

4.1 Смонтировать трансформатор на кронштейны.

4.2 Смонтировать элементы тросовой проводки и подвесить светильники.

4.3 Подключить силовой понижающий трансформатор на 220В.

4.4 Подключить светильники от вторичной обмотки трансформатора через выключатели

4.5 Проверить работоспособность схемы.

Контрольные вопросы

- 1) Каково назначение трансформаторных подстанций?
- 2) Как подразделяются трансформаторные подстанции по уровню напряжения?

- 3) Как подразделяются потребительские ТП по конструктивному исполнению?
- 4) Из каких элементов комплектуется МТП?
- 5) Какой мощности бывают МТП?
- 6) Какие применяются виды опор для монтажа МТП?
- 7) Назовите основные элементы МТП.
- 8) Что представляет собой КТП?
- 9) Какие типы трансформаторов применяются в КТП, чем они отличаются?
- 10) Назовите этапы строительства ТП.
- 11) Какие вы знаете типы силовых трансформаторов?
- 12) Для чего служат переключатели напряжения?
- 13) Для чего служит расширительный бак?
- 14) Как контролируют температуру масла трансформатора?
- 15) Опишите конструкцию сухого силового трансформатора.
- 16) Что такое коэффициент абсорбции?
- 17) Как определить степень увлажнения изоляции?
- 18) Для чего измеряют сопротивление обмоток трансформатора постоянному току?
- 19) Опишите технологию монтажа ошиновки ТП.
- 20) Каков порядок испытания изоляции трансформатора повышенным напряжением?

ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

1. Отчет следует выполнять в тетради для практических работ по дисциплине «Монтаж и обслуживание электроустановок».
2. В отчете должны быть освещены следующие пункты:
 - Номер и название практической работы.
 - Цель работы.
 - Общие сведения (теория вопроса и применяемые приборы).
 - Результаты выполненных упражнений в которых требуются ответы на вопросы в конспективной форме.

Список использованных источников

1. Костенко, Е. М. Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного и бытового электрооборудования : практ.

пособие для электромонтера/сост. Е. М. Костенко. – Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005.–320 с.

2. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электротермического оборудования: учеб. пособие для студ. Сред. Проф. оборудования / под. Общ. Ред. Н.Ф. Котеленца.– Москва: Издательский центр «Академия», 2006.– 296 с.

3.Пястолов А.А. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования / Пястолов А.А., Мешков А.А., Вахрамеев А.Л. - М.: Колос, 1981. - 331 с.: ил.

Дополнительная

4. Сибиркин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2 кн.: учебник для нач. проф. образования / Ю.Д. Сибиркин.– Москва: Издательский центр «Академия», 2007.– 464 с.

5. Павлович, С.Н. Ремонт и обслуживание электрооборудования: учеб. пособие/ С.Н. Павлович, Б.И. Фираго. – Минск: Выш. Школа, 2005.– 245с.

Технические нормативные правовые акты

6. ТКП 181-2009. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Текст]. – Введ.01.09.09.– Минск : Энергопресс, 2010. – 308 с.

7. ТКП 339-2011. «Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний» [Текст]. - Введ.23.08.11.– Минск : Энергопресс, 2011. – 601с.