

1. Общая часть.

1.1. Настоящая инструкция предназначена для правильной и безопасной эксплуатации, технического обслуживания силовых трансформаторов работающих в электроустановках.

1.2. При эксплуатации силовых трансформаторов, дополнительно к настоящей инструкции, необходимо пользоваться нормативно-техническими документами, перечисленными в таблице 1.1.

Нормативно-технические документы

Таблица 1.1

ПУЭ	Правила устройства электроустановок
ПОТ РМ-016-2001	Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок
ПТЭЭП	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей
ИОТ Р 10-053-04	Инструкция по охране труда электромонтёра по ремонту и обслуживанию электрооборудования и электроустановок
ИОТ Р 10-202-04	Инструкция по охране труда для электромонтёра по эксплуатации распределительных сетей
ИОТ Р 10-204-04	Инструкция по охране труда для электромонтёра по обслуживанию подстанций

1.3. После приемки кабельной линии эксплуатирующая организация должна оформить всю техническую документацию по данному силовому трансформатору.

Все данные силовых трансформаторов должны быть отражены в паспорте электроустановки, в состав которой входит данный силовой трансформатор как её составная часть. Если силовой трансформатор является отдельной единицей, либо отдельной электроустановкой (отсутствует распределительное устройство, ВЛ или КЛ и т.п.), то на него должен быть заведён отдельный паспорт.

2. Назначение и технические данные.

2.1. Трансформаторы трёхфазные силовые, как регулируемые, так и не регулируемые (независимо от способа и устройства регулирования напряжения), включаемые в сеть переменного тока частотой 50 Гц, предназначены для преобразования электроэнергии в сетях энергосистем и потребителей электроэнергии.

2.2. Силовые трансформаторы классифицируются:

- по условиям работы – на трансформаторы, предназначенные для работы в нормальных и специальных условиях;
- по виду изолирующей и охлаждающей среды – на масляные, сухие, заполненные негорючим диэлектриком и с литой изоляцией;
- по типам, характеризующим назначение и основное конструктивное исполнение, - однофазные и трёхфазные; наличие и способ выполнения регулирования напряжения и т.п.

2.3. Завод-изготовитель определяет условия эксплуатации для каждого типа трансформаторов.

2.4. Тип силового трансформатора обозначается с помощью набора букв и цифр. В таблице 2.1 приведён букворяд условного обозначения силовых трансформаторов. Цифры в обозначении силовых трансформаторов следуют за условным буквенным обозначением и обозначают мощность трансформатора и напряжение обмоток: например ТМ-1000/10 – трёхфазный масляный трансформатор с естественным охлаждением, мощностью 1000кВА и напряжением первичной обмотки – 10кВ (класс напряжения).

Буква в обозначении трансформатора	Расшифровка
I цифра	А – автотрансформатор; О – однофазный трансформатор; Т – трёхфазный трансформатор;
II и (или) III цифра	Р – расщеплённая обмотка (при наличии буква в обозначении ставится второй, все остальные буквы в обозначении смещаются); М – масляный, с естественной циркуляцией; МЗ – масляный, с защитой жидкого диэлектрика с помощью азотной подушки без расширителя; Д – масляный с принудительной циркуляцией воздуха; МЦ – масляный, с естественной циркуляцией воздуха и принудительной циркуляцией масла; ДЦ – масляный, с принудительной циркуляцией воздуха и масла; С – сухой, с естественным охлаждением при открытом исполнении; СЗ – сухой, с естественным охлаждением при защищённом исполнении; СГ – сухой, с естественным охлаждением при герметичном исполнении; СД – сухой, с воздушным охлаждением с принудительной циркуляцией воздуха.
III и (или) IV цифра	Н – трансформатор с РПН (регулирование под нагрузкой); Г – геафолевая изоляция; Л – литая изоляция;

2.5. Номинальные данные силового трансформатора обозначены на специальной табличке (табличка с паспортными данными), которая прикрепляется к баку (к корпусу) трансформатора.

2.6. На паспортной табличке обозначаются следующие данные:

- номинальная мощность трансформатора: $S_{\text{ном}}$ (кВА);
- номинальное напряжение обмоток: $U_{\text{ном}}$ (кВ);
- номинальный ток обмоток: $I_{\text{ном}}$ (А);
- схема соединения обмоток: Y/Y – 0, Δ/Y – 11;
- ток холостого хода: I_{xx} (% от $I_{\text{ном}}$);
- напряжение холостого хода: U_{xx} (% от $U_{\text{ном}}$);
- параметры регулирования: кол-во ступеней и % регулир.

В паспорте трансформатора могут быть указаны дополнительные данные, такие как потери холостого хода, потери короткого замыкания, активное сопротивление обмоток и т.д.

2.7. Электроизоляционные материалы, применяемые при изготовлении силовых трансформаторов, разделяются на семь классов по нагревостойкости (эти же классы материалов применимы и для других электрических машин). В таблице 2.2 приведены значения температуры изоляции в зависимости от класса. На практике силовые трансформаторы оборудуются устройствами контроля температуры. Датчики устройств контроля температуры в сухих трансформаторах закладываются непосредственно в обмотки (раздельно по всем фазам) и железо, для обеспечения непосредственного контроля. В масляных трансформаторах малой мощности температура контролируется по показаниям термометра (чаще всего обычного ртутного), в трансформаторах большой мощности контроль осуществляется с помощью датчиков, установленных в верхней части бака (датчик может быть оборудован специальными контактами через которые сигнал превышения температуры выводится в схему защиты). В масляных трансформаторах, оборудованных расширителем, температуру можно ориентировочно определить по уровню масла (бак оборудован специальными делениями).

Предельная температура обмоток по классу изоляции

Таблица 2.2

Класс нагревостойкости	Y	A	E	B	F	H	C
Предельно допустимая температура, °C	90	105	120	130	155	180	>180

2.8. В зависимости от исполнения трансформатора, он может устанавливаться в помещении, на улице. Как уже было сказано выше, исполнение трансформатора обозначается на заводе. В таблице 2.3 приведены условные обозначения степеней защиты электрической машины (силового трансформатора).

Условные обозначения и описания степеней защиты Таблица 2.3

Условное обозначение	Характеристика степени защиты
IP00	Машина, не имеющая специальной защиты обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями машины, защиты от попадания твёрдых тел внутрь корпуса, защиты от проникновения воды.
IP01	Машина, защищённая от капель воды, падающих вертикально на оболочку и не имеющая специальной защиты обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями машины, защита от попадания твёрдых тел внутрь корпуса
IP10	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела (например, руки), от проникновения твёрдых тел размером более 50 мм, защита от проникновения воды отсутствует
IP11	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела (например, руки), от проникновения твёрдых тел размером более 50 мм и от капель воды, падающих вертикально на оболочку
IP12	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела (например, руки), от проникновения твёрдых тел размером более 50 мм и от капель воды, падающих вертикально на оболочку при наклоне оболочки на любой угол до 15° относительно нормального положения.
IP13	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела (например, руки), от проникновения твёрдых тел размером более 50 мм и от капель воды, падающих на оболочку под углом 60° от вертикали
IP20	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной более 80 мм, от проникновения твёрдых тел размером свыше 12 мм, защита от проникновения воды отсутствует
IP21	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной более 80 мм, от проникновения твёрдых тел размером свыше 12 мм и капель воды, падающих вертикально на оболочку
IP22	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной более 80 мм, от проникновения твёрдых тел размером свыше 12 мм и капель воды, падающих вертикально на оболочку при наклоне оболочки на любой угол до 15° относительно нормального положения
IP23	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной более 80 мм, от проникновения твёрдых тел размером свыше 12 мм и капель воды, попадающих на оболочку под углом 60° от вертикали
IP43	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки проволоки и твёрдых тел размером более 1 мм и капель воды, падающих на оболочку под углом 60° от вертикали
IP44	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки проволоки и твёрдых тел размером более 1 мм и от воды, разбрызгиваемой на оболочку в любом направлении
IP54	Машина, не полностью защищённая от проникновения внутрь оболочки пыли (одна-

Условное обозначение	Характеристика степени защиты
	ко пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия) и от воды, разбрызгиваемой на оболочку в любом направлении
IP55	Машина, не полностью защищённая от проникновения внутрь оболочки пыли (однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия) и защищённая от струй воды, попадающих на оболочку в любом направлении
IP55	Машина, не полностью защищённая от проникновения внутрь оболочки пыли (однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия) и защищённая от волн воды (вода при волнении не попадает внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения)

2.9. .

3. Устройство и работа.

3.1. Устройство силовых трансформаторов практически одинаково, независимо от исполнения и типа.

3.2. Каждый силовой трансформатор оборудован активной частью (магнитопровод или ярмо), на которой размещены обмотки (смотри рисунок 1). Активная часть с обмотками закрепляется в баке (в случае с масляным трансформатором) или устанавливается в специальный корпус (в случае с сухими трансформаторами).

3.3. Бак трансформатора заполняется специальным трансформаторным маслом, которое выполняет одновременно роль дополнительной изоляции и охлаждающей средой. Баки трансформаторов большой и средней мощности снабжаются радиаторами – для обеспечения необходимого теплоотвода.

3.4. Активная часть сухих трансформаторов обычно закрывается стальными листами, которые выполняют роль защиты от прямого прикосновения персонала к токоведущим частям и являются корпусом сухого трансформатора.

3.5. Обмотки сухих трансформаторов свободно охлаждаются окружающим воздухом.

3.6. Для изменения номинального напряжения трансформаторы снабжаются специальными устройствами – переключателями, с помощью которых изменяется коэффициент трансформации.

Переключатели могут работать под напряжением (РПН – регулирование под напряжением) или



Рис. 1. Магнитопровод силового трансформатора в собранном виде.



Рис. 2. Обмотки сухого трансформатора с ПБВ.

без напряжения (ПБВ – переключение без возбуждения) на выводах трансформатора. На рисунке 1 ПБВ масляного силового трансформатора кругового действия – переключение по кругу, на рисунке 2 – ПБВ сухого трансформатора с переключением с помощью перемычек.

3.7. Установка трансформаторов должна осуществляться в соответствии с правилами устройства электроустановок и нормами технологического проектирования подстанций. Особенно важно соблюдать требования к качеству установки для мощных силовых трансформаторов, снабжённых газовыми реле. Масляный силовой трансформатор должен быть установлен таким образом, чтобы наклон крышки бака обеспечивал подъём в сторону расширителя на уровень 2° . При этом маслопровод к расширителю должен иметь уклон не менее $2 - 4^\circ$.

3.8. Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию трансформаторов должны выполняться в соответствии с руководящими документами (инструкциями) заводов-изготовителей.

3.9. .

4. Подготовка к работе.

4.1. Силовые трансформаторы перед включением в работу должны подвергаться испытаниям в объёме, предусмотренном ПУЭ и ПТЭЭП.

4.2. Включение трансформатора в сеть должно осуществляться толчком на полное напряжение. Трансформаторы, работающие в блоке с генератором, могут включаться в работу вместе с генератором подъёмом напряжения с нуля.

4.3. Подготовка к работе силового трансформатора силами оперативного персонала (оперативно-ремонтного персонала) производится в следующем порядке:

- произвести внешний осмотр силового трансформатора;
- произвести осмотр (визуальную выверку схемы) распределительного устройства которое питается от данного трансформатора;
- проверить надёжность установки деталей корпуса сухого трансформатора и уровень масла, а также отсутствие течи масляного трансформатора;
- снять (проверить отсутствие) ПЗ на выводах трансформатора, на выключателе нагрузки, а также на шинах питаемого РУ;
- доложить старшему оперативному персоналу о готовности трансформатора к включению.

5. Требования к безопасному производству работ.

5.1. На дверях трансформаторных пунктов и камер, с наружной и внутренней стороны, должны быть указаны подстанционные номера трансформаторов, а также с наружной стороны должны быть предупреждающие знаки. Двери должны быть постоянно заперты на замок.

5.2. Гравийная засыпка маслоприёмников трансформаторов должна содержаться в чистом состоянии и не реже одного раза в год промываться. При загрязнении гравийной засыпки (пылью, песком и т.д.) или замасливания гравия его промывка должна проводиться, как правило, весной и осенью. При образовании на гравийной засыпке твёрдых отложений от нефтепродуктов толщиной более 3мм, появления растительности или невозможности его промывки должна осуществляться замена гравия.

5.3. На баках трёхфазных трансформаторов наружной установки должны быть указаны подстанционные номера. На группах однофазных трансформаторов и реакторов подстанционный номер указывается на средней фазе. На баки группы однофазных трансформаторов и реакторов наносится расцветка фаз. Трансформаторы и реакторы наружной установки окрашивают

ся в светлые тона краской, устойчивой к атмосферным воздействиям и воздействию трансформаторного масла. На каждой трансформаторной подстанции на видном месте на корпусе трансформатора.

5.4. Осмотр и техническое обслуживание высоко расположенных элементов трансформаторов (более 3 метров) должны выполняться со стационарных лестниц с перилами и площадками наверху с соблюдением правил безопасности.

5.5. Для каждой электроустановки в зависимости от графика нагрузки с учётом надёжности питания потребителей и минимума потерь должно определяться число одновременно работающих трансформаторов.

5.6. Резервные трансформаторы должны содержаться в состоянии постоянной готовности к включению в работу.

5.7. При автоматическом отключении трансформатора действием защит от внутренних повреждений трансформатор можно включать в работу только после осмотра, испытаний, анализа газа, масла и устранения выявленных дефектов. В случае отключения трансформатора от защит, действие которых не связано с его внутренним повреждением, он может быть включен вновь без проверок.

5.8. Трансформатор должен быть аварийно выведен из работы при:

- сильном неравномерном шуме и потрескивании внутри трансформатора;
- ненормальном и постоянно возрастающем нагреве трансформатора при нагрузке ниже номинальной (нагрев обмоток трансформатора не должен превышать допустимую температуру для данного класса изоляции, смотри таблицу 2.1);
- выбросе масла из расширителя или разрыве диафрагмы выхлопной трубы;
- течи масла с понижением его уровня ниже уровня масломерного стекла.

Трансформаторы выводятся из работы также при необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных анализов.

5.9. На каждой трансформаторной подстанции, находящейся за территорией Потребителя, должно быть нанесено её наименование, адрес и телефон владельца.

5.10. При производстве работ на силовом трансформаторе, а также на присоединениях в состав которых входит трансформатор, схему трансформатора необходимо разобрать с двух сторон во избежание возможности обратной трансформации.

6. Техническое обслуживание

6.1. При эксплуатации силовых трансформаторов (автотрансформаторов) должна обеспечиваться их надёжная работа. Нагрузки, уровень напряжения, температура, характеристики масла и параметры изоляции должны находиться в пределах установленных норм; устройства охлаждения, регулирования напряжения, защиты, маслохозяйство и другие элементы должны содержаться в исправном состоянии.

6.2. Допускается параллельная работа трансформаторов при условии, что ни одна из обмоток не будет нагружена током, превышающим допустимый ток для данной обмотки.

Параллельная работа трансформаторов разрешается при следующих условиях:

- группы соединения обмоток одинаковы;
- соотношение мощностей трансформаторов не более 1:3;
- коэффициенты трансформации отличаются не более чем на 0,5% в ту или иную сторону;
- напряжения короткого замыкания отличаются не более чем на 10% в ту или иную сторону;
- произведена фазировка трансформаторов.

6.3. В аварийных режимах допускается кратковременная перегрузка трансформаторов сверх номинального тока при всех системах охлаждения независимо от длительности и значе-

нии предшествующей нагрузки и температуры охлаждающей среды в пределах, указанных в таблицах 6.1 и 6.2.

Длительность перегрузки масляных трансформаторов в аварийном режиме Таблица 6.1

Перегрузка по току (%)	30	45	60	75	100
Длительность перегрузки (мин).	120	80	45	20	10

Длительность перегрузки сухих трансформаторов в аварийном режиме Таблица 6.2

Перегрузка по току (%)	20	30	40	50	60
Длительность перегрузки (мин).	60	45	32	18	5

6.4. Для масляных трансформаторов допускается продолжительная нагрузка любой обмотки током, превышающим на 5% номинальный ток ответвления, если напряжение не превышает номинальное напряжение соответствующего ответвления.

6.5. Допускается продолжительная работа трансформаторов (при нагрузке не выше номинальной мощности) при повышении напряжения на любом ответвлении любой обмотки на 10% сверх номинального напряжения данного ответвления. При этом напряжение на любой из обмоток должно быть не выше наибольшего рабочего напряжения.

6.6. Текущие ремонты трансформаторов производятся по мере необходимости. Периодичность текущих ремонтов устанавливает главный инженер предприятия.

6.7. Капитальные ремонты трансформаторов должны проводиться в зависимости от их состояния и результатов диагностического контроля.

6.8. Внеочередные ремонты трансформаторов должны выполняться, если дефект в каком-либо их элементе может привести к отказу. Решение о выводе трансформатора в ремонт принимает ответственный за электрохозяйство.

6.9. Потребитель, имеющий на балансе маслонеполненное оборудование, должен хранить неснижаемый запас изоляционного масла не менее 110% объема наиболее вместимого аппарата.

6.10. Уровень масла в расширителе неработающего трансформатора (реактора) должен находиться на отметке, соответствующей температуре масла трансформатора (реактора) в данный момент. Обслуживающий персонал должен вести наблюдение за температурой верхних слоев масла по термосигнализаторам и термометрам, которыми оснащаются трансформаторы с расширителем, а также за показаниями мановакуумметров у герметичных трансформаторов, для которых при повышении давления в баке свыше 50 кПа ($0,5 \text{ кгс/см}^2$) нагрузка должна быть снижена. При номинальной нагрузке трансформатора температура верхних слоев масла должна быть не выше (если заводами-изготовителями в заводских инструкциях не оговорены иные температуры) у трансформаторов с системой масляного охлаждения + 95° С. На номинальную нагрузку включение трансформаторов с системой **М** допускается при любой отрицательной температуре.

6.11. Периодичность осмотра зависит от того, является данная установка обслуживаемой или необслуживаемой. Согласно ПТЭЭП осмотр трансформаторов без их отключения должен производиться в следующие сроки:

- главных понижающих трансформаторов подстанций с постоянным дежурством персонала - 1 раз в сутки;
- остальных трансформаторов электроустановок с постоянным и без постоянного дежурства персонала - 1 раз в месяц.
- на трансформаторных пунктах - не реже 1 раза в месяц.

В зависимости от местных условий и состояния трансформаторов указанные сроки могут быть изменены ответственным за электрохозяйство.

6.12. Внеочередные осмотры трансформаторов производятся: при резком понижении температуры наружного воздуха, при каждом отключении трансформаторов от действия газовой или дифференциальной защиты.

6.13. При осмотре трансформаторов должны быть проверены:

- показания термометров, термосигнализаторов и мановакуумметров;
- состояния кожухов трансформаторов и отсутствие течи масла (для маслonaполненных силовых трансформаторов);
- соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке и наличие масла в маслonaполненных вводах (для маслonaполненных силовых трансформаторов);
- состояние маслоохлаждающих и маслосборных устройств (для маслonaполненных силовых трансформаторов);
- состояние изоляторов (сколы фарфора на изоляторах, следы перекрытия);
- состояние ошиновки и кабелей, отсутствие нагрева контактных соединений;
- состояние сети заземления, маслоочистительных устройств непрерывной регенерации масла, термосифонных фильтров и влагопоглощающих патронов (для маслonaполненных силовых трансформаторов);
- состояние трансформаторного помещения, отсутствие течи в крыше и состояние нормальной его вентиляции;
- исправность запоров дверей в камерах;
- характер гудения сердечника;

6.14. При осмотре трансформаторов одновременно проверяется состояние строительной части установки. У трансформаторов, установленных на открытом воздухе, проверяется состояние фундаментов и маслoприёмников, устраиваемых для сбора масла при тяжёлых авариях с трансформаторами.

6.15. Обнаруженные недостатки фиксируют в журнале дефектов оборудования, а при необходимости немедленно устраняют с сообщением ответственному за электрохозяйство.

7. Вывод из эксплуатации.

7.1. При окончании срока эксплуатации и демонтажа трансформатора, при невозможности его дальнейшего использования на объектах, необходимо провести следующие мероприятия:

- а) разобрать трансформатор и отделить цветные и черные металлы для их последующей переработки или использования;
- б) оставшиеся части трансформатора утилизировать в соответствии с инструкцией на утилизацию данного материала.