



Выпускная письменная работа на тему: «Техническое обслуживание и ремонт трехфазных силовых трансформаторов»

Разработал:
Руководитель:

Малякин М.А., гр.ЭР-19
Булатова Ф.А.



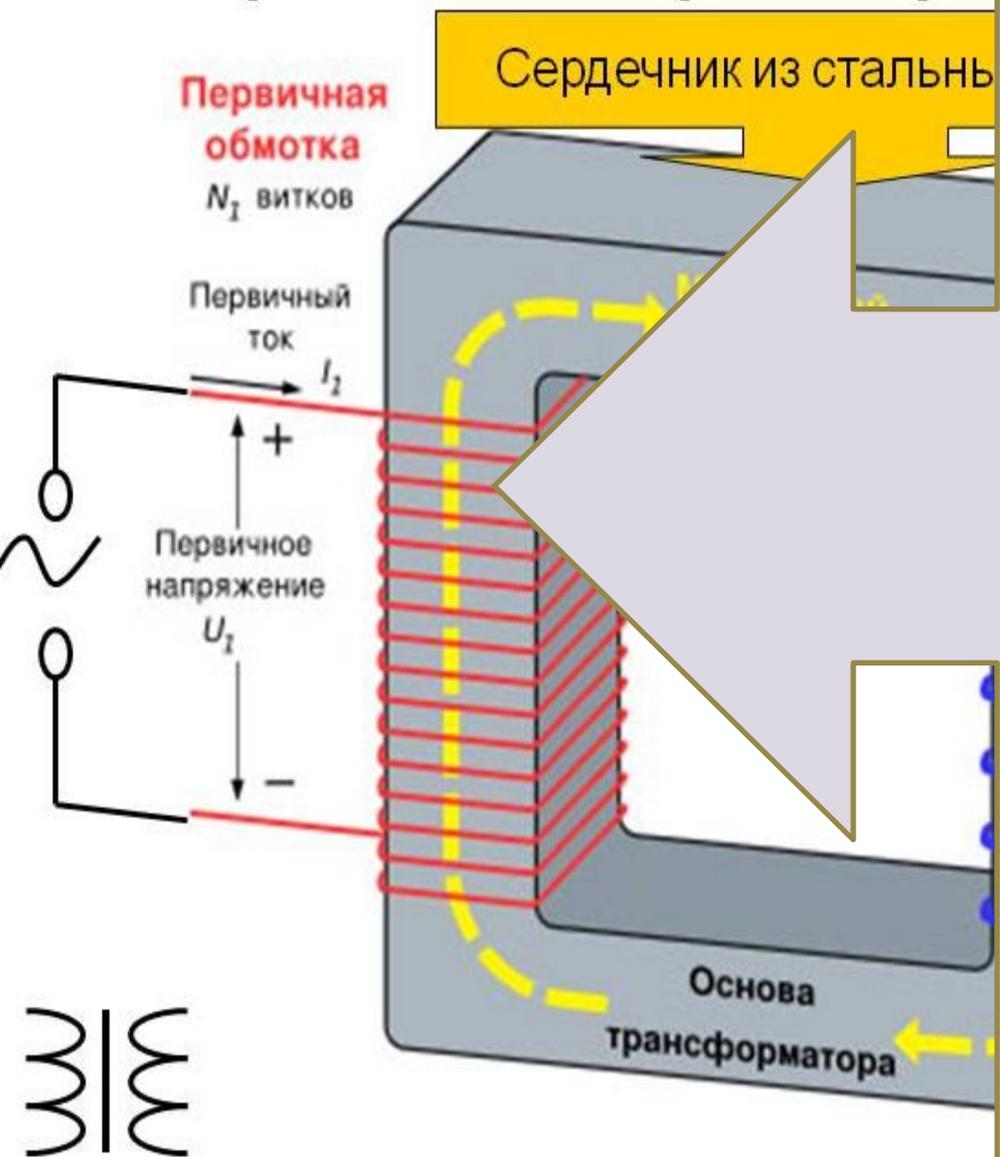
Наиболее большим спросом пользуются несколько серий трансформаторов: ТМГ - силовые масляные; ТМГ11 - трехфазные масляные; ТС - сухие силовые трансформаторы. Наибольшее распространение получили трехфазные трансформаторы, так как потери в них на 12—15% ниже, а расход активных материалов и стоимость на 20—25% меньше, чем в группе трех однофазных трансформаторов такой же суммарной мощности.

Трансформаторы – наиболее распространенные устройства в современной электротехнике. Трансформаторы большой мощности на напряжение до сотен киловольт составляют основу систем передачи электроэнергии от электростанций в линии электропередачи. Эти трансформаторы повышают напряжение переменного тока до значений, необходимых для экономичной передачи электроэнергии на значительные расстояния. В местах распределения электроэнергии между потребителями применяют трансформаторы, понижающие напряжение до требуемых для потребителя значений.

Трансформатором называют статическое электромагнитное устройство, имеющее две (или более) индуктивно связанные обмотки и предназначенное для преобразования посредством явления электромагнитной индукции одной (первичной) системы переменного тока в другую (вторичную) систему переменного тока.



Устройство трансформатора

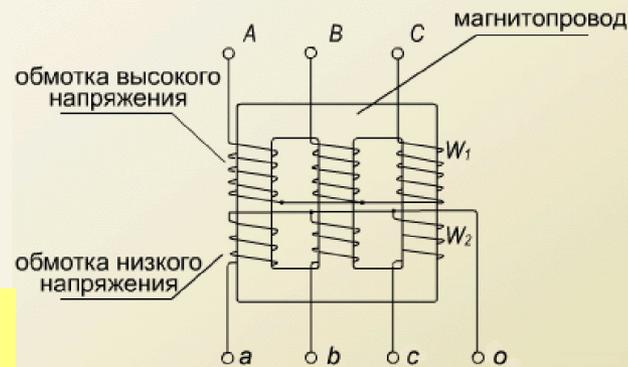


Трансформатор представляет собой стальной сердечник с двумя катушками, имеющими обмотки. Одна из обмоток называется первичной, другая – вторичной. При прохождении переменного тока по первичной обмотке в сердечнике появляется переменный магнитный поток, который возбуждает ЭДС во вторичной обмотке.

Сила тока во вторичной обмотке, не присоединенной к цепи, потребляющей энергию, равна нулю. Если цепь подсоединена и происходит потребление электроэнергии, то в соответствии с законом сохранения энергии сила тока в первичной обмотке пропорционально возрастает. Таким образом и происходит преобразование и распределение электрической энергии.

Устройство:

Трансформатор состоит из двух основных частей: магнитопровода (сердечника) и обмоток. На магнитопроводе располагаются обмотки высшего и низшего напряжения. Для уменьшения потерь от вихревых токов, возникающих при перемагничивании, сердечники набирают из отдельных тонких пластин электротехнической стали. Эта трансформаторная сталь характеризуется узкой петлей гистерезиса и большим электрическим сопротивлением.



Корпус трансформатора состоит из масляного бака и крышки. На крышке трансформатора установлены через проходные изоляторы вводы высшего и низшего напряжения, привод переключателя, расширитель, на котором расположены маслоуказатель, осушитель.



Виды трансформаторов

Автотрансформатор — вариант трансформатора, в котором первичная и вторичная обмотки соединены напрямую, и имеют за счёт этого не только электромагнитную связь, но и электрическую. Обмотка автотрансформатора имеет несколько выводов (как минимум 3), подключаясь к которым, можно получать разные напряжения. Недостатком является отсутствие электрической изоляции (гальванической развязки) между первичной и вторичной цепью. Преимущество автотрансформатора - более высокий КПД, меньший расход стали для сердечника, меди для обмоток, меньший вес и габариты, и в итоге — меньшая стоимость.

Силовой трансформатор - трансформатор, предназначенный для преобразования электрической энергии в электрических сетях и в установках, предназначенных для приёма и использования электрической энергии.

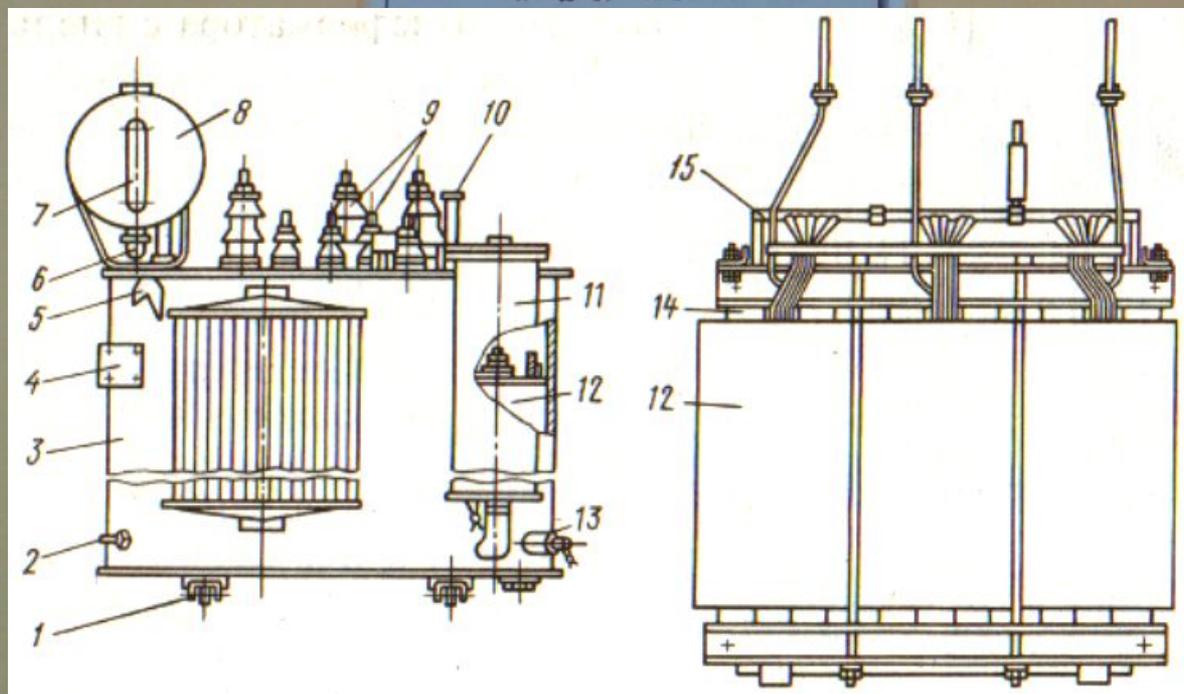
Разделительный трансформатор — это трансформатор, питающийся от источника напряжения. Типичное применение - преобразование высокого напряжения в низкое в цепях. Применение трансформатора позволяет изолировать логические цепи защиты и цепи измерения от цепи высокого напряжения.

Трансформатор тока — трансформатор, питающийся от источника тока. Типичное применение - для снижения первичного тока до величины, используемой в цепях измерения, защиты, управления и сигнализации. Силовые разделительные трансформаторы предназначены для повышения безопасности электросетей, при случайных одновременных прикосновениях к земле и токоведущим частям или нетокведущим

повышения безопасности электросетей, при случайных одновременных прикосновениях к земле и токоведущим частям или нетокведущим



Масляный трансформатор



- 1-транспортны ролик, 2- болт заземления, 3-бак, 4-щиток, 5-подъемный крюк, 6-воздухоосушитель, 7-маслоуказатель, 8-расширитель, 9-вводы ВН и НН, 13-пробка для отбора проб и слива масла, 24-магнитопровод, 15-переключатель напряжения



Магнитопровод (7) собирают из изолированных друг от друга листов электротехнической стали.

Обмотки (12) изготовляют из медного или алюминиевого провода. Концы обмоток выводят из бака через расположенные на крышке вводы-**фарфоровые изоляторы**. (9)

Бак (3) трансформатора имеет радиаторные охладители, **болт заземления** (2) и **пробку для отбора масла** (13)

Расширитель (8) служит для уменьшения поверхности соприкосновения и компенсации изменения объема масла при его нагревании и охлаждении.

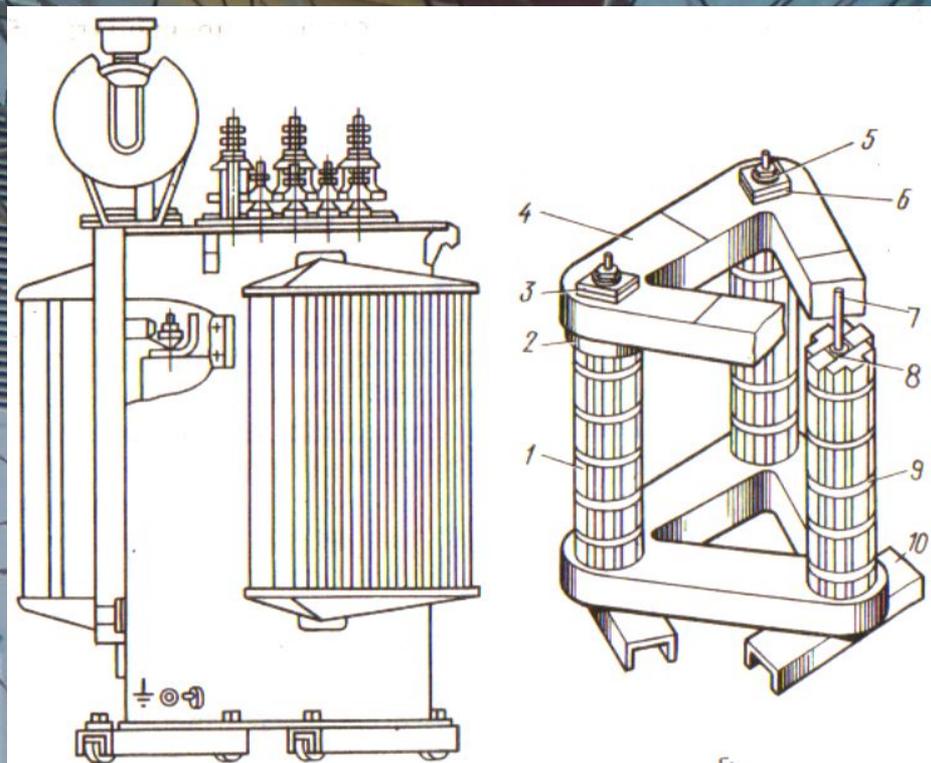
Контроль уровня масла осуществляется с помощью **маслоуказателя** (7).

Во избежание попадания в трансформатор влаги расширитель снабжают **воздухоосушителем** (6).

Контроль за температурой масла осуществляют с помощью **ртутного термометра** (10), устанавливаемого на крышке трансформатора



Сухой трансформатор



а-общий вид; б-магнитопровод: 1-стержень, 2,6-изолирующие прокладки, 3-пластина, 4-яро, 5-тарельчатая пружина, 7-шпилька, 8-изолирующая трубка, 9-опрессовочный пояс, 10-опорная балка





Сухой трансформатор также состоит из магнитопровода, обмоток ВН и НН, заключенных в защитный кожух.

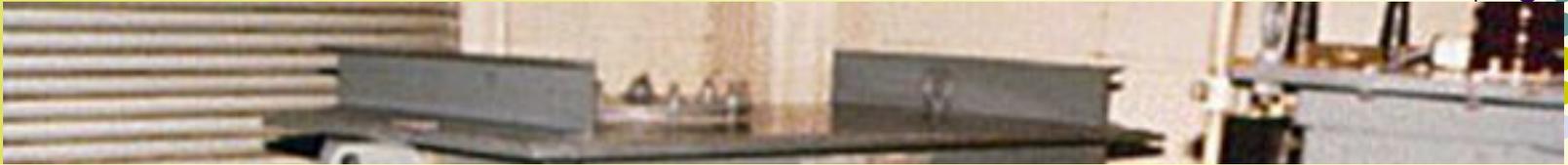
Основной изолирующей и охлаждающей средой является атмосферный воздух

Сухие трансформаторы изготавливают с обмотками со стеклоизоляцией и изоляцией на лаках

Сухие трансформаторы имеют большие габариты, размеры и массу и используются для работы в закрытых помещениях с влажностью не более 80%.

К преимуществам сухих трансформаторов относят их пожаробезопасность (отсутствие масла), сравнительную простоту конструкции и малые затраты на эксплуатацию





- *Сухой трансформатор* – трансформатор небольшой мощности до 1600 кВА, в котором в качестве хладагента и изоляции используется воздух. Сухие трансформаторы довольно редко выполняются на высокое напряжение и имеют в этом случае весьма ограниченное использование. Наиболее часто они используются в жилых домах, магазинах. Обмотки сухих трансформаторов изготавливаются из алюминиевого провода со стекловолоконистой изоляцией, причём этот провод предварительно покрывается в вакууме силиконовым лаком, что затрудняет возгорание обмотки. Сухие трансформаторы практически не нуждаются в каком-либо уходе. При напряжении первичной обмотки 10кВ их номинальная мощность не превышает 1600 кВА.





Подготовка к работе.

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

2. Включение трансформатора в сеть должно осуществляться толчком на полное напряжение.

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**

Техническое обслуживание трансформаторов

Объемы и нормы приемосдаточных испытаний силовых трансформаторов устанавливаются ПУЭ



Периодичность осмотров: :



Осмотры без отключения производят:

- ***Один раз в сутки в установках с постоянным дежурным персоналом***
- ***Не реже одного раза в месяц – в установках без постоянного дежурного персонала***
- ***Не реже одного раза в 6 месяцев- на трансформаторных пунктах***



Периодичность осмотров:



Внеочередные осмотры производят:

- при резком изменении температуры наружного воздуха
- при каждом отключении трансформатора от действия токовой защиты
- **Выводят из работы:**
- Потрескивание внутри трансформатора и неравномерного шума
- Постоянно возрастающем нагреве трансформатора при нормальных нагрузках
- Выбросе масла из расширителя
- Течи масла с понижением уровня
- При необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных исследований



Содержание работ при техническом обслуживании



Проверяют:

- Показания термометров
- Состояние кожухов
- Отсутствие течи масла
- Наличие масла
- Соответствие уровня масла в расширителе
- Состояние изоляторов
- Ошиновку и кабели
- Отсутствие нагрева контактных соединений
- Исправность пробивных предохранителей и газовых реле
- Состояние сети заземления



Текущий ремонт



Текущий ремонт трансформаторов проводят в следующие сроки:

- **трансформаторов центральных распределительных подстанций – по местным инструкциям, но не реже 1 раза в год.**
- **всех остальных – по мере необходимости, но не реже 1 раза в три года**



СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ по текущему ремонту:



- ***Наружный осмотр и устранение повреждений***
- ***Чистка изоляторов и бака***
- ***Спуск грязи из расширителя, доливка масла и проверка маслоуказателя***
- ***Проверка состояния пробивного предохранителя и сигнализации***
- ***Проверка соединений***
- ***Отбор проб масла***
- ***Проведение профилактических испытаний и измерений***



- **КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ**

- **Первый капитальный ремонт трансформаторов осуществляют не позже, чем через 6 лет после ввода в эксплуатации**
- **Последующие ремонты проводят по мере необходимости в зависимости от результатов измерений и состояния трансформаторов**

- **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ**

В объем капитального ремонта входят все работы, предусмотренные текущим ремонтом, а также :

- **ремонт обмоток, магнитопровода,**
- **проверка контактных соединений обмоток к переключателю напряжения и выводам**
- **проверка переключающих устройств**
- **ремонт контактов и механизмов переключения,**
- **проверка состояния бака, расширителя и трубопроводов,**
- **ремонт вводов.**



ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ



<i>Ослабление болтов, крепящих крышку, расширителя, выхлопных труб</i>	<i>Проверить и подтянуть все болты</i>
<i>Трансформатор работает при повышенном напряжении</i>	<i>Установить переключатель напряжения в соответствующее положение</i>
<i>Нарушена прессовка стыков и магнитопроводов</i>	<i>Перепрессовать магнитопровод, заменить прокладки в верхних и нижних стыках</i>
<i>Вибрация крайних листов магнитопровода</i>	<i>Расклинить листы магнитопровода</i>
<i>Перегрузка трансформатора</i>	<i>Снизить нагрузку</i>
<i>Неравномерная загрузка по фазам</i>	<i>Уменьшить несимметрию нагрузки</i>
<i>Замыкание между фазами, между витками обмоток</i>	<i>Отремонтировать или заменить обмотку</i>

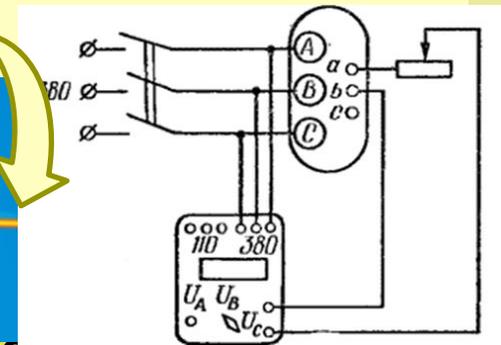


Проверка группы соединения обмоток силовых трансформаторов.



- **Ослабление болтов, крепящих крышку ,расширителя, выхлопных труб**
- **Проверить и подтянуть все болты**
- **Трансформатор работает при повышенном напряжении**
- **Установить переключатель напряжения в соответствующее положение**
- **Нарушена прессовка стыков и магнитопроводов**
- **Перепрессовать магнитопровод, заменив прокладки в верхних и нижнихстыках**
- **Вибрация крайних листов магнитопровода**
- **Расклинить листы магнитопровода**
- **Перегрузка трансформатора**

Схема включения универсального фазоуказателя Э-500/1 для непосредственного определения фазового сдвига между напряжениями первичной и вторичной обмоток.



ТРЕБОВАНИЯ К ПОМЕЩЕНИЯМ ДЛЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ



- Стены, дверные и вентиляционные проемы, перекрытия помещений должны быть оштукатурены, а полы зацементированы
- Кабельные каналы оборудуют обрамлением, конструкциями для укладки кабеля и сверху закрывают крышками
- Помещения с естественным охлаждением оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией (разность температур входящего и выходящего воздуха не должна превышать 15 градусов
- Маслосборные ямы под трансформатором засыпают гравием
- Стены и потолки помещения белят, а металлические конструкции (жалюзи, решетки, шины, заземления и др.) покрывают краской или ЛАКОМ



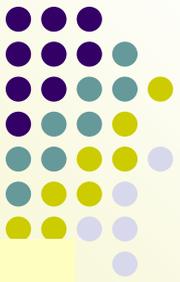
ПРОВЕРКА И ИСПЫТАНИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 10 КВ



**Объемы и нормы приемосдаточных
испытаний силовых трансформаторов
устанавливаются ПУЭ**



Испытание обмоток трансформатора



- Испытание обмоток трансформатора – проверка прочности электрической изоляции между активными и конструктивными элементами трансформатора.
- Первоначальное значение приложенного напряжения не должно превышать значения $0,5 U_{исп}$, которое затем увеличивается по истечении 10с до необходимого значения и удерживается в течение 60с.
- Целостность изоляции при испытаниях обмоток определяется визуально по возникновению тлеющих разрядов или по пробую, поскольку в последнем случае имеет место резкое увеличение тока в первичной обмотке трансформатора.
- При проведении испытаний трансформатора проверяется изоляция между обмотками, каждой обмоткой и магнитной системой (магнитопроводом) и баком.



В программу приемосдаточных испытаний трансформаторов общего назначения входят следующие:



- **измерение сопротивления обмоток постоянному току и сопротивления изоляции;**
- **проверка коэффициента трансформации и группы соединения обмоток;**
- **испытание пробы масла;**
- **испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты (50 Гц), приложенным от внешнего источника; измерение тока холостого хода и др.**

Перед испытаниями трансформаторов следует ознакомиться с технической документацией (проектной и завода-изготовителя), а также произвести их осмотр с целью установления комплектности смонтированного оборудования, его соответствия проекту, отсутствия видимых повреждений конструктивных элементов, изоляции, выводов. Испытания проводят при температуре окружающего воздуха 10—40 °С.



П. Испытание трансформаторов включением на номинальное напряжение



- Включение трансформаторов производится на время не менее 30 мин. В течение этого времени осуществляется прослушивание и наблюдение за состоянием трансформатора. В процессе испытаний не должны иметь место явления, указывающие на неудовлетворительное состояние трансформатора.



Требования безопасности при эксплуатации трансформаторов



- **Осмотр силовых трансформаторов** должен выполняться с земли или со стационарных лестниц с поручнями.
- **На трансформаторах**, находящихся в работе или в резерве, доступ к смотровым площадкам должен быть закрыт и вывешены предупреждающие плакаты: **«Не влезай! Убьет!»**
- **При осмотре** запрещается снимать предупреждающие плакаты, проникать за них, касаться токопроводящих частей, чистить оборудование и устранять неисправности.
- **При техническом обслуживании трансформаторов** необходимо применять средства индивидуальной защиты и коллективной защиты.
- **В РУ должен находиться** комплект коллективных электрозащитных средств в соответствии с предусмотренными нормами, а также средства пожаротушения и оказания первой медицинской помощи.
- **При работе также необходимо пользоваться** средствами индивидуальной защиты.



Требования безопасности перед началом работ

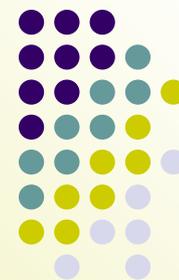
- Привести в порядок рабочую одежду: застегнуть обшлага рукавов, подобрать волосы под платок, облегаяющий головной убор. Запрещается работать без спецодежды.
- Получить задание на выполнение работ и соответственно инструктаж по безопасному выполнению работ.
- Подготовить необходимый инструмент, приспособления, предварительно проверить их исправность, материалы расположить в удобном и безопасном для пользования месте.
- Организовать свое рабочее место так, чтобы все необходимое было под руками. Осмотреть рабочее место, убрать все лишнее из-под ног, верстака и проходов, положить под ноги деревянную решетку, если пол мокрый или скользкий.
- Убедиться, что крышка бака слива масла закрыта и исправна.
- Во время сушки керны следить, чтобы камера была плотно закрытой и исключить попадание вредных газов в помещение цеха ремонта трансформаторов, проверить работу вентиляции.
- электромонтер по ремонту силовых трансформаторов несет ответственность за:
 - каждую аварию и отказ в работе, происшедшего из-за некачественного ремонта силовых трансформаторов и несчастных случаев происшедших по его вине;
 - нарушение ПБЭЭ, ПУЭ, ППБ и производственных инструкций;
 - поломку оборудования, инструмента и др., неэкономное расходование материалов;
 - невыполнение дневного задания, нарушение трудовой и производственной дисциплины, хищение имущества предприятия, а также за невыполнение распоряжений руководства цеха, предприятия.
- При использовании переносной электрической лампы проверить наличие защитной сетки, исправность шнура, напряжение переносной лампы допускается не выше 12В.



Требования безопасности во время работы

- Приступать к выполнению производственного задания, если известны безопасные способы его выполнения. В сомнительных случаях обращаться за разъяснениями к руководству цеха.
- Выполняя работу, надо быть внимательным, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры и не отвлекать других.
- При получении новой /неизвестной/ работы получить от мастера дополнительный инструктаж по ТБ, ТР.
- Во время работы по разработке и сборке трансформаторов пользоваться только исправным инструментом.
- Собираемые активные части или другие узлы трансформатора должны быть расставлены так, чтобы имелся свободный подход к ним. Не разрешается работать или находиться под поднятым трансформатором.
- Все работы с грузоподъемными механизмами проводить внимательно, проверять качество стропов и соответствие их грузоподъемности поднимаемому грузу.
- Трансформаторы и их активные части поднимать только за специально предназначенные для этой цели детали /крюки, подъемные скобы, кольца/.
- При сварке и пайке отводов электросварочные и паечные электроинструменты должны быть надежно заземлены, а для защиты глаз от вредного действия дуги во время сварки пользоваться защитными очками. При пайке, сварке выделяются дым и газ, для их удаления с рабочих мест, должна работать постоянно вытяжная вентиляция.
- Не останавливать вращающийся инструмент руками или каким-либо инструментом. При работе на сверлильном станке выполнять требования "Инструкции по охране труда при работе на сверлильном станке".
- Промывать активные части, баки и другие узлы трансформаторов только в специальной для этого ванне, соблюдать при этом противопожарную безопасность.
- При работе с переносных лестниц устанавливать их под углом 75° , подниматься на высоту не доходя 1м от верхней ступени, с обязательной страховочной устойчивости лестницы вторым человеком внизу.
- При работах в электроустановках необходимо соблюдать нормы приближения к токоведущим частям, находящимся под напряжением.





Требования безопасности после окончания работ.

- Убрать детали и привести в порядок инструмент, приспособления, материалы.
- Привести в порядок рабочее место (собрать с рабочего места мусор и остатки материалов).
- Доложить начальнику цеха или мастеру об окончании работ.
- Доложить руководству цеха (мастеру) о всех замеченных неполадках в отношении безопасности работы.
- Снять спецодежду, убрать ее в специальное место, вымыть руки и лицо теплой водой с мылом или принять душ.

Требования безопасности в аварийных ситуациях.

- В случае получения травмы или недомогания, прекратить работу, известив об этом мастера, обратиться в медпункт или вызвать скорую помощь.
- При поражении электрическим током необходимо немедленно освободить пострадавшего от действия тока, соблюдая требования электробезопасности, оказать доврачебную помощь и вызвать работника медицинской службы, поставить в известность руководство.
- При возникновении пожара сообщить в пожарную охрану по телефону 01, руководству цеха и приступить к тушению.
- В случае загорания масла в ёмкости, она должна быть немедленно плотно закрыта крышкой. Разрешается загоревшееся масло гасить сухим песком (землёй) или при помощи пенного огнетушителя



Запрещается:

- 1. Производить работы и переключения на трансформаторе, включённом в сеть хотя бы с одной стороны.
- 2. Эксплуатировать трансформатор с повреждёнными изоляторами.
- 3. Хранить и эксплуатировать трансформатор без или с пониженным уровнем масла.

Подготовка трансформатора к работе

Перед включением трансформатора необходимо:

- 1. Произвести внешний осмотр трансформатора, обратив внимание на отсутствие течи масла, целостность изоляторов, уровень масла. При обнаружении течи масла из-под маслоуплотнительных соединений подтянуть гайки. При необходимости слить или долить масло до отметки на маслоуказателе, соответствующей температуре окружающей среды.
- 2. Протереть изоляторы бензином и сухой ветошью.
- 3. Заземлить бак трансформатора.
- 4. Произвести испытание электрической прочности масла. Электрическая прочность масла, взятого из сливной пробки при температуре не ниже +50 градусов, в стандартном маслопробойнике должна быть не менее 30кВ.
- 5. Если электрическая прочность масла окажется ниже 30кВ, то необходимо до включения трансформатора повысить электрическую прочность масла.
- 6. Замерить сопротивление изоляции между обмотками НН и заземлённым баком и обмотками ВН, а также между обмотками ВН и заземлённым баком и обмотками НН.



Испытания электрооборудования должны производиться с соблюдением требований правил техники безопасности.

- Измерение изоляционных характеристик электрооборудования под рабочим напряжением разрешается осуществлять при условии использования устройств, обеспечивающих безопасность работ и защиту нормально заземляемого низкочастотного вывода контролируемого объекта от появления на нем опасного напряжения при нарушении связи с землей.
- Электрические испытания изоляции электрооборудования и отбор пробы трансформаторного масла для испытаний необходимо проводить при температуре изоляции не ниже 5 °С, кроме оговоренных в Нормах случаев, когда измерения следует проводить при более высокой температуре. В отдельных случаях (например, при приемо-сдаточных испытаниях) по решению технического руководителя энергопредприятия измерения тангенса угла диэлектрических потерь, сопротивления изоляции и другие измерения на электрооборудовании на напряжение до 35 кВ. включительно могут проводиться при более низкой температуре.
- Измерения электрических характеристик изоляции, произведенные при отрицательных температурах, должны быть повторены в возможно более короткие сроки при температуре изоляции не ниже 5 °С.



- Сравнение характеристик изоляции должно производиться при одной и той же температуре изоляции или близких ее значениях (расхождение — не более 5 °С). Если это невозможно, должен применяться температурный перерасчет в соответствии с инструкциями по эксплуатации конкретных видов электрооборудования.
- При измерении сопротивления изоляции отсчет показаний мегаомметра производится через 60 с после начала измерений. Если в соответствии с Нормами требуется определение коэффициента абсорбции, отсчет производится дважды: через 15 и 60 с после начала измерений.
- Испытанию повышенным напряжением должны предшествовать тщательный осмотр и оценка состояния изоляции другими методами. Перед проведением испытаний изоляции электрооборудования (за исключением вращающихся машин, находящихся в эксплуатации) наружная поверхность изоляции должна быть очищена от пыли и грязи, кроме тех случаев, когда испытания проводятся методом, не требующим отключения электрооборудования.
- Испытание изоляции обмоток вращающихся машин, трансформаторов и реакторов повышенным приложенным напряжением частоты 50 Гц должно производиться поочередно для каждой электрически независимой цепи или параллельной ветви (в последнем случае при наличии полной изоляции между ветвями). При этом вывод испытательного устройства, который будет находиться под напряжением, соединяется с выводом испытуемой обмотки, а другой — с заземленным корпусом испытуемого электрооборудования, с которым на все время испытаний данной обмотки электрически соединяются все другие обмотки.





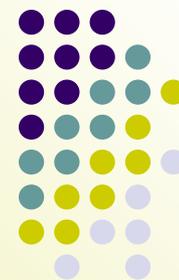
- Обмотки, соединенные между собой наглухо и не имеющие выведенных обоих концов каждой фазы или ветви, должны испытываться относительно корпуса без их разъединения.
- При испытаниях электрооборудования повышенным напряжением частоты 50 Гц, а также при измерении тока и потерь холостого хода силовых и измерительных трансформаторов необходимо использовать линейное напряжение питающей сети.
- Испытательное напряжение должно подниматься плавно со скоростью, допускающей визуальный контроль по измерительным приборам, и по достижении установленного значения поддерживаться неизменным в течение всего времени испытания. После требуемой выдержки напряжение плавно снижается до значения не более одной трети испытательного и отключается.
- Под продолжительностью испытания подразумевается время приложения полного испытательного напряжения, установленного Нормами.
- До и после испытания изоляции повышенным напряжением частоты 50 Гц или выпрямленным напряжением следует измерять сопротивление изоляции. Испытание изоляции повышенным выпрямленным напряжением, если оно предусмотрено Нормами, должно производиться до испытания повышенным напряжением частоты 50 Гц. Обратный порядок допускается только для генераторов с водяным охлаждением.
- Испытание напряжением 1 кВ. частоты 50 Гц может быть заменено измерением одноминутного значения сопротивления изоляции мегаомметром на напряжение 2500 В. Эта замена не допускается при испытании цепей релейной защиты и электроавтоматики.



Требования к безопасному производству работ

- 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.
- 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.
- 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 окрашиваются в светлые тона краской, устойчивой к атмосферным воздействиям и воздействию трансформаторного масла. На сухие трансформаторы номер наносится на видном месте на корпусе трансформатора.
- 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.
- Для каждой электроустановки в зависимости от графика нагрузки с учётом надёжности питания потребителей и минимума потерь должно определяться число одновременно работающих трансформаторов.
- Резервные трансформаторы должны содержаться в состоянии постоянной готовности к включению в работу.





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
- 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.



- Отключенный релейной защитой трансформатор разрешается включать только после его осмотра, испытаний, проверки газа из газового реле и устранения неисправностей. В случаях ложного срабатывания газовой или дифференциальной защит допускается одно повторное включение трансформатора при отсутствии видимых внешних признаков его повреждения. Если отключение трансформатора произошло в результате действия защит, которые не связаны с его повреждением, можно включать трансформатор в сеть без его проверки.

Газовая защита может срабатывать ложно по следующим причинам:

- сотрясения трансформатора в результате воздействия больших токов перегрузки, проходящими по его обмоткам, а также сквозных токов короткого замыкания за трансформатором;
- ненормальной вибрации при пуске и остановке вентиляторов и циркуляционных насосов у трансформаторов с принудительными системами охлаждения от возникающих перетоков и толчков масла в трубопроводах;
- в результате несвоевременной доливке масла и снижения его уровня;
- неправильной установки трансформатора, при котором возможен значительный выброс воздуха через газовые реле, то же может быть и при доливке масла в трансформатор.



- Ввод газовой защиты в действие на отключение после вывода ее из работы производится через одни сутки, если не было скопления воздуха в газовом реле, в противном случае включение производят через сутки после прекращения выделения воздуха. Если уровень масла в масломерном стекле повысился очень высоко и быстро, нельзя до выяснения причины открывать пробки, прочищать дыхательную трубку без размыкания цепи отключения реле.
- При отключении трансформатора от газовой защиты и обнаружении при проверке в реле горючего газа — повторное отключение трансформатора запрещается.
- О характере повреждения внутри трансформатора можно предварительно судить по цвету выделяющегося в реле газа. Желтый цвет газов свидетельствует о повреждении дерева, беловато-серый — бумаги, а черный — масла.
- Для проверки горючести газов зажигают спичку и подносят ее к чуть приоткрытому верхнему крану реле. Горючесть газов свидетельствует о внутреннем повреждении трансформатора.
- Анализ масла и работа газовой защиты позволяют обнаружить внутренние повреждения трансформатора, которые развиваются медленно, например, наличие прямого контакта в переключателе ответвлений, пожар в стали.
- По изменению показателей трансформаторного масла можно судить о причинах нарушений работы электрических маслонаполненных аппаратов и своевременно принять меры, предотвращающие аварию.
- Свежее трансформаторное масло, залитое в электроаппарат, должно иметь светло-желтый цвет. В процессе эксплуатации цвет масла темнеет под влиянием нагрева, загрязнений и образующихся при окислении смолы осадков.



- Токи нагрузок при нормальной эксплуатации не должны превышать значений, указанных в заводских инструкциях. При аварийном режиме допускается перегрузка линий, отходящих от распределительных щитов КТП, при защите их автоматами с комбинированными расцепителями.
- Кроме показаний приборов о нагрузке герметизированных трансформаторов типа ТНЗ и ТМЗ судят по давлению внутри бака, которое при нормальной нагрузке не должно превышать 50 кПа по показанию мановакуумметра. При давлении 60 кПа срабатывает реле давления, выдавливая стеклянную диафрагму, при этом давление понижается до нуля. Резкое снижение внутреннего давления происходит и при потере герметичности трансформатора.
- Если давление упало до нуля, проверяют целостность диафрагмы. Если она разбита, трансформатор отключают, выясняют причину, приведшую к срабатыванию реле давления, и при отсутствии повреждения (т. е. реле сработало от перегрузки) устанавливают новую диафрагму и включают трансформатор под пониженную нагрузку. На герметизированных трансформаторах для контроля температуры в верхних слоях совтола или масла установлены термометрические сигнализаторы с действием на световой или звуковой сигнал при перегреве.
- Удаление шлама и оксидной пленки с контактной системы переключателя ступеней рекомендуется производить не реже 1 раза в год прокручиванием переключателя до 15—20 раз по часовой и против часовой стрелки.

