

Эксплуатация электрооборудовани я

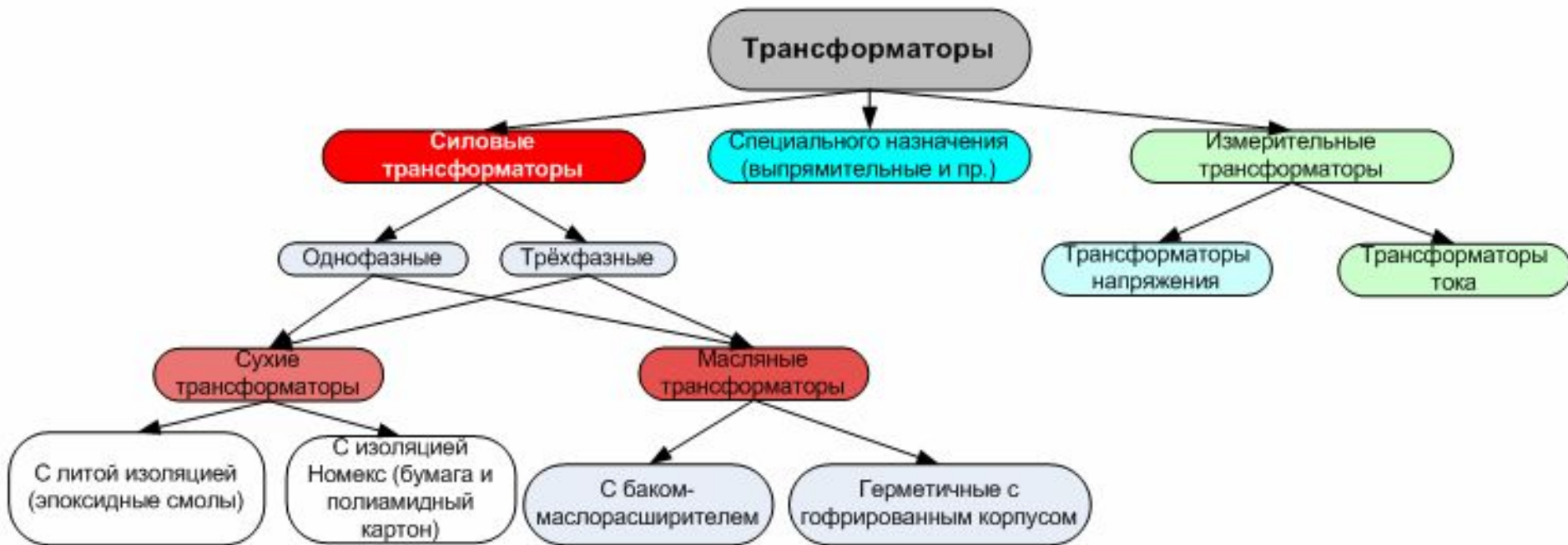
Лекция № 4

«Эксплуатация силовых трансформаторов и
распределительных устройств»

План лекции

- Классификация трансформаторов
- Конструкция силового трансформатора
- Техническая эксплуатация трансформаторов
- Транспортировка трансформаторов
- Хранение трансформаторов
- Обслуживание трансформаторов
- Текущий ремонт трансформаторов
- Осмотр трансформаторов
- Неисправности трансформаторов

Классификация трансформаторов



Конструкция силового трансформатора



Техническая эксплуатация трансформаторов

- Плановые работы
 - Техническое обслуживание
 - Текущий ремонт
 - Капитальный ремонт
- Оперативные работы
 - Периодический осмотр
 - Внеочередной осмотр
 - Контроль режима работы
 - Переключения и отключения
 - Профилактические испытания

* В эксплуатацию входит транспортировка и хранение оборудования

Транспортировка трансформаторов

- трансформаторы распределительных сетей перевозят на автомобилях.



(При этом погрузка должна быть механизирована с соблюдением правил безопасности. Применяемые механизмы, приспособления и инструменты должны быть исправны, проверены и соответствовать рабочей нагрузке.)

Транспортировка трансформаторов

- транспортируемый по железной дороге трансформатор на станции принимают по накладной и заводской отправочной спецификации.

(Проводят осмотр трансформатора, проверяют все уплотнения, целостность пломб на кранах и пробках. Особое внимание уделяют состоянию фарфоровых выводов, дефекты в которых обнаруживают по наличию утечки масла. О всех замеченных неисправностях в упаковке, о повреждениях деталей и самого трансформатора (течи, неплотности, повреждения крепления трансформатора на платформе) потребителю необходимо составить акт в присутствии представителя железной дороги и сообщить на завод-изготовитель.)



Транспортировка трансформаторов

- Трансформаторы небольшой мощности поступают заказчику полностью собранными, заполненными маслом и опломбированными.
- Трансформаторы большой мощности поступают заказчику по частям – опломбированный бак с активной частью заполненный маслом с демонтированными и поставляемыми в отдельных транспортных упаковках проходных изоляторов, радиаторов, расширительного бака и прочего навесного оборудования.
- С каждым трансформатором потребителю отправляют бланк с техническими характеристиками и инструкцию по эксплуатации, которые упаковывают вместе с термометром или в отдельном ящике с газовым реле и термометрическим сигнализатором.

Транспортировка трансформаторов

- На бланке указывают основные технические данные, имеющиеся на щитке трансформатора, а также потери короткого замыкания, потери и ток холостого хода, активное сопротивление обмоток, сопротивление изоляции, напряжения, которыми испытывалась изоляция обмоток трансформаторов на заводе-изготовителе, схема соединения каждой обмотки и расположение выводов на крышке.



Хранение трансформаторов

- До монтажа трансформаторы необходимо хранить в помещениях или под навесом.
- При длительном хранении трансформатор периодически осматривают, контролируют уровень и качество масла (при необходимости доливают его), состояние силикагеля в термосифонных фильтрах (при необходимости заменяют силикагель и цеолит).
- При появлении течи масла из-под маслоуплотнительных соединений подтягивают гайки.
- Все трансформаторы должны соответствовать требованиям ПУЭ, ПТЭЭП и МОПТБ.

Обслуживание трансформаторов

- Для обслуживания трансформаторов должны быть обеспечены удобные и безопасные условия для наблюдения за уровнем и температурой масла, газовым реле, а также для отбора масла.
- В каждом трансформаторе на основе заводских данных определяют максимально допустимую температуру верхних слоев масла. (В трансформаторах без принудительной циркуляции масла эта температура должна быть не больше 95°C . Превышение температуры масла над температурой окружающего воздуха должно быть не более 60°C .)
- Персонал, обслуживающий трансформаторы, оборудованные переключателем коэффициента трансформации ПБВ (переключатель без возбуждения), не менее 2 раз в год перед наступлением зимнего максимума и летнего минимума нагрузки проверяет, правильно ли установлен коэффициент трансформации.

Обслуживание трансформаторов

- В сеть трансформатор включают на полное напряжение.
- При отключении трансформатора от защиты с прекращением энергоснабжения потребителей допускается одно его повторное включение при условии, что он имеет дифференциальную и газовую защиты и отключение произошло от одной из этих защит без видимых признаков повреждения, в то время как другая защита не действовала.
- При появлении сигнала работы газового реле трансформатор нужно обязательно осмотреть и определить по цвету и степени горючести газа характер повреждения. Если в газовом реле есть горючий газ желтого или синего-черного цвета, трансформатор нужно немедленно отключить.
- Для снижения потерь в зависимости от графика нагрузки в сеть нужно включать оптимальное число параллельно работающих трансформаторов.

Осмотр трансформаторов

- Осмотр трансформаторов без отключения нужно проводить в следующие сроки:
 - в установках с постоянным дежурством персонала -- 1 раз в сутки;
 - в установках без постоянного дежурства персонала -- не реже 1 раза в месяц;
 - на трансформаторных пунктах -- не реже 1 раза в шесть месяцев.
- Внеочередные осмотры трансформаторов проводят:
 - при резком изменении температуры наружного воздуха,
 - стихийных явлений (гололед и т. п.)
 - при каждом отключении от действия защиты.

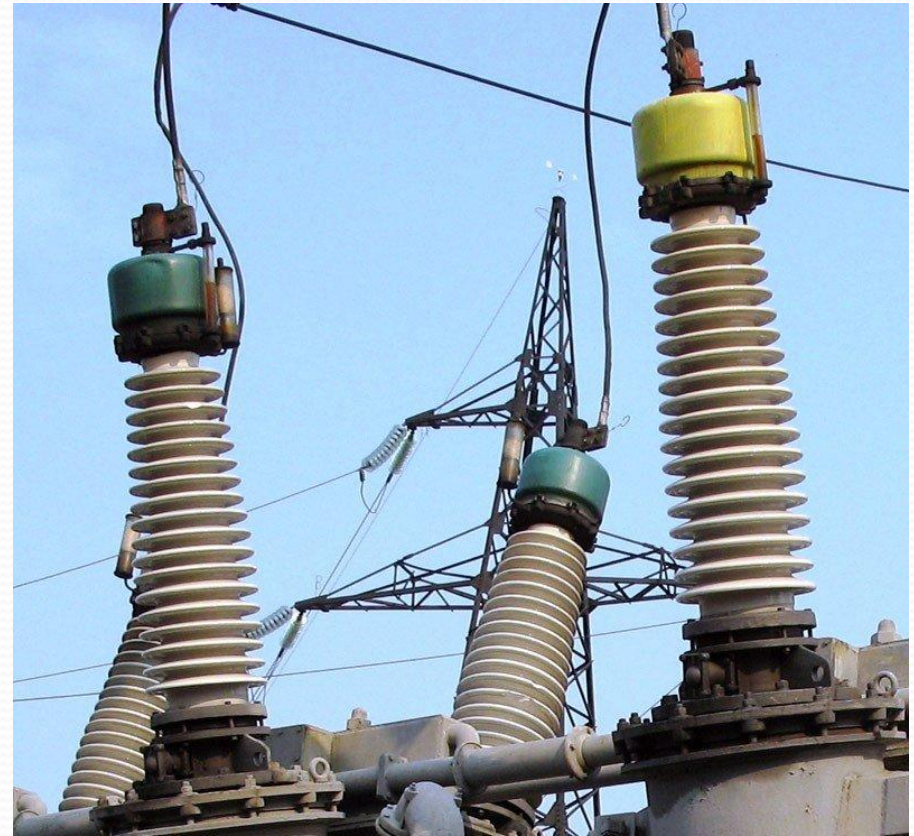
Осмотр трансформаторов

- При этом проверяют:
 - показания термометров и мановакуумметров,
 - состояние кожуха трансформатора и отсутствие течи масла,
 - соответствие уровня масла в расширителе температурной отметки и наличие масла в маслонаполненных вводах,



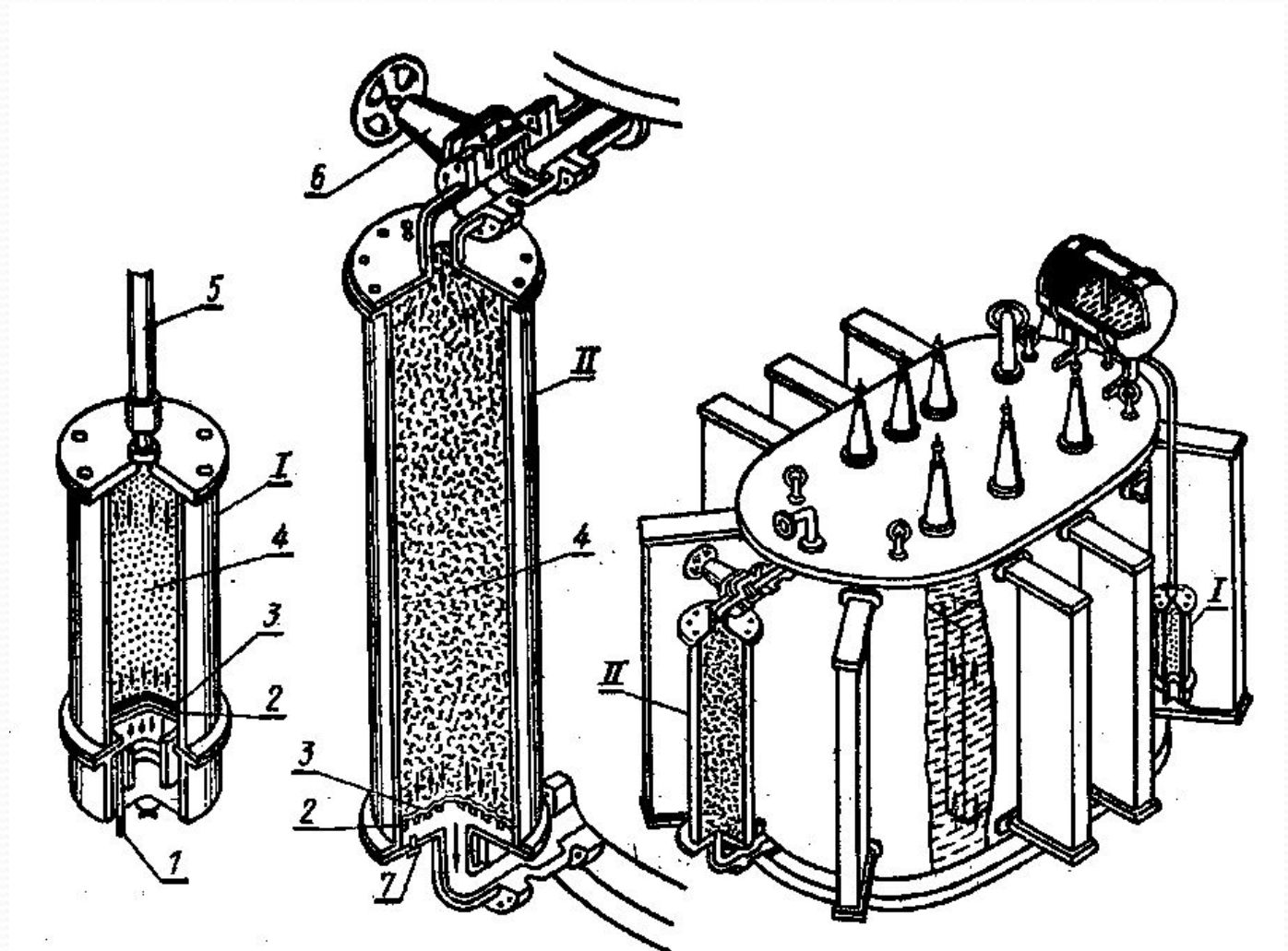
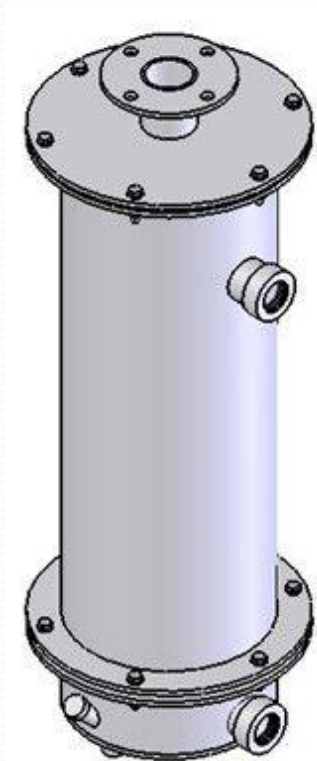
Осмотр трансформаторов

- При этом проверяют:
 - отсутствие нагрева контактных соединений,
 - исправность сигнализации и пробивных предохранителей,
 - состояние масло-охлаждающих и маслосборных устройств, изоляторов, ошиновки и кабелей, сети заземления, устройств непрерывной регенерации масла и трансформаторного помещения.



Осмотр трансформаторов.

Термосифонный фильтр



Осмотр трансформаторов. Ошиновка 10/0,4 кВ



Текущий ремонт трансформаторов

- **Текущие ремонты трансформаторов с их отключением проводят в следующие сроки:**
 - трансформаторов центральных распределительных подстанций -- по местным инструкциям, но не реже 1 раза в год;
 - всех остальных трансформаторов -- по мере необходимости, но не реже 1 раза в три года.
- **В объем текущего ремонта входят:**
 - наружный осмотр и устранение повреждений;
 - чистка изоляторов и кожуха;
 - спуск грязи из расширителя, доливка масла и проверка маслоуказателя;
 - проверка термосифонных фильтров и при необходимости замена сорбента;
 - проверка защит;
 - отбор и проверка проб масла;
 - проведение необходимых профилактических испытаний и измерений.

Неисправности трансформаторов

- **Выводить трансформаторы из работы необходимо при следующих условиях:**
 - неравномерном шуме и потрескивании внутри трансформатора;
 - ненормальном и постоянно нарастающем нагреве трансформатора при нормальной нагрузке и охлаждении;
 - выбросе масла из расширителя или разрыве диафрагмы выхлопной трубы;
 - течи масла с понижением его ниже уровня масломерного стекла;
 - необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторных анализов.

Неисправности трансформаторов

● Ненормальные шумы:

- Ослабление прессовки шихтованного магнитопровода трансформатора;
- Нарушение прессовки стыков в стыковом магнитопроводе;
- Ослабление болтов (крепления крышки и прочих деталей);
- Перегрузки трансформатора или значительной несимметрии нагрузки по фазам;
- Замыкания между фазами, витками;
- Работа трансформатора при повышенном напряжении.

Неисправности трансформаторов

- **Потрескивание внутри трансформатора:**
 - Перекрытие между обмотками или отводами и корпусом вследствие перенапряжения;
 - Обрывом заземления внутри трансформатора

Неисправности трансформаторов

● Причины перегрева трансформатора:

- Перегрузка трансформатора;
- Высокая температура в трансформаторном помещении;
- Низкий уровень масла в трансформаторе (как следствие – перегрев обнаженной части обмотки и активной стали;
- Внутренние повреждения трансформатора (витковые замыкания, междофазные замыкания, образования короткозамкнутых контуров из-за повреждения изоляции болтов;
- Замыкания между листами активной стали.

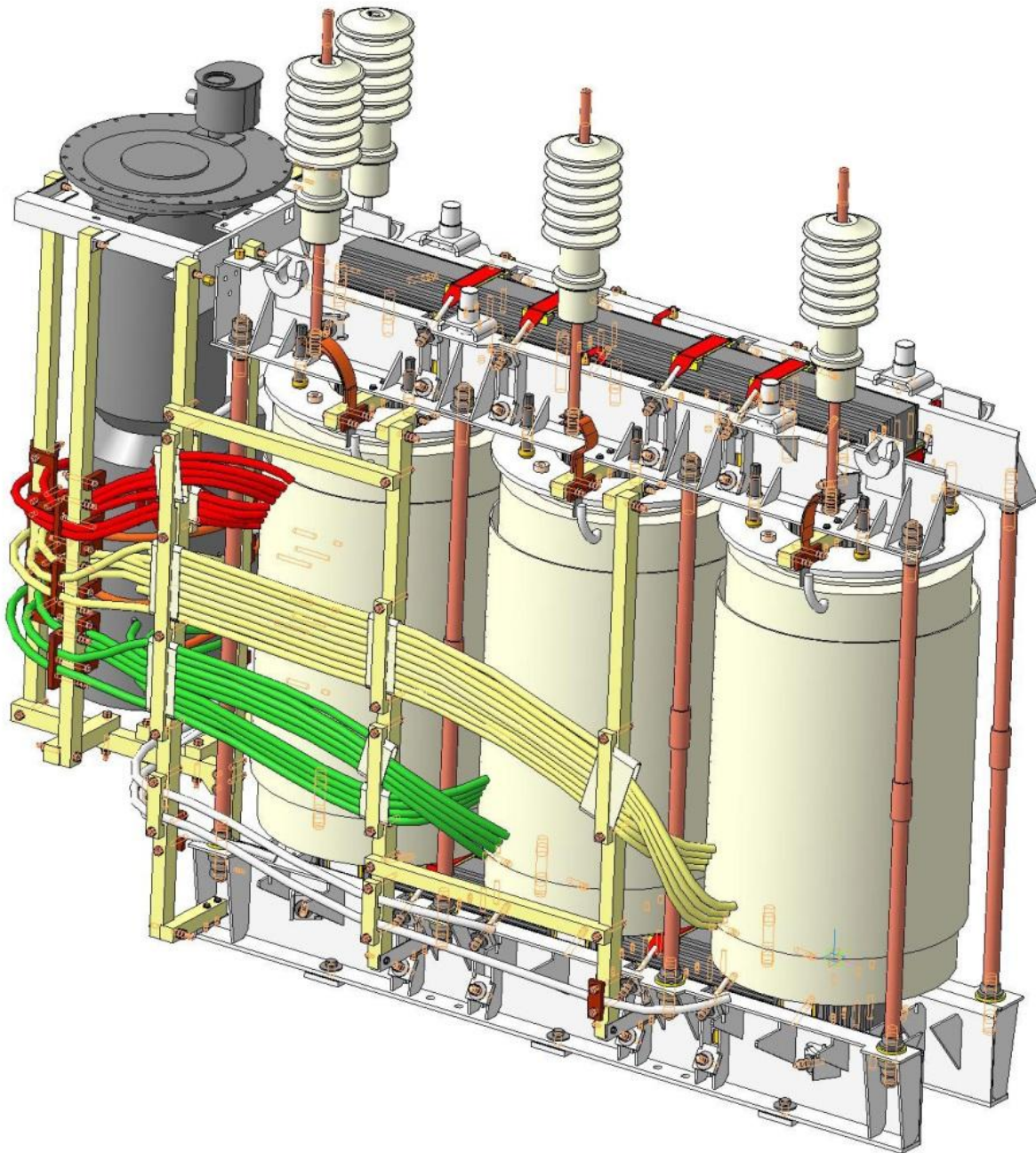
Неисправности трансформаторов

● Пробои обмоток и обрывы в них, возникают вследствие:

- Грозových, коммутационных или аварийных перенапряжений;
- Резкого ухудшения качества масла (увлажнение, загрязнение);
- Понижения уровня масла;
- Возникновения электродинамических перенапряжений внутри трансформатора при внешних коротких замыканиях и при замыканиях внутри трансформатора;
- Естественного старения изоляции;
- Плохо выполненной пайки;
- Повреждения проводов соединяющих концы обмоток с выводами.

* Данный дефект обнаруживается по выделению горючего газа в газовом реле и работе его на сигнал или отключение.

* При включенном трансформаторе обрывы в обмотке можно обнаружить по показаниям амперметров



Неисправности трансформаторов

● Ненормальное вторичное напряжение

- Если первичные напряжения одинаковы, а вторичные напряжения одинаковы при холостом ходе, но сильно различаются при нагрузке, это может возникнуть из-за:
 - Плохого контакта в соединении одного из зажимов или внутри одной из фаз;
 - Обрыва в первичной обмотке трансформатора стержневого типа Δ/Y или Δ/Δ .
- Если первичные напряжения одинаковы, а вторичные напряжения не одинаковы, это может быть следствием одной из следующих неисправностей:
 - Вывернута обмотка одной из фаз вторичной обмотки, соединенной в Y ;
 - Обрыв в первичной обмотке трансформатора, соединенного по схеме Y/Y ;
 - Обрыв во вторичной обмотке трансформатора, соединенного по схеме Y/Y или Δ/Y .

Неисправности трансформаторов

● Течь масла может возникнуть:

- Из-за нарушения сварных швов бака;
- Неплотности между крышкой и баком трансформатора;
- Неплотности в установке выводов.

Подготовка трансформаторов к включению

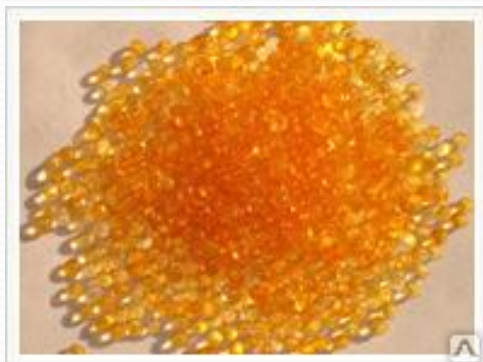
- Перед включением трансформатора необходимо сделать следующее:
 - осмотреть его;
 - протереть изоляторы бензином и сухой ветошью;
 - залить в корпус оправы термометра трансформаторное масло и установить термометр;
 - заземлить бак трансформатора (зависит от режима работы нейтрали трансформатора);
 - сделать физико-химический анализ масла и испытать его электрическую прочность;
 - замерить сопротивление постоянному току обмоток на всех ответвлениях. (Сопротивления не должны отличаться более чем на 2%, если нет особых указаний в паспорте трансформатора;
 - определить сопротивление изоляции между обмоткой НН и баком, обмоткой ВН и баком, обмотками ВН и НН);
 - убедиться, что переключатель установлен и зафиксирован в одном из рабочих положений;
 - снять прозрачный колпачок и фланец с воздухоосушителя и заменить имеющиеся в нем силикагель и цеолит;

Подготовка трансформаторов к включению

- Перед включением трансформатора необходимо сделать следующее:
 - засыпать в воздухоочиститель сначала индикаторный силикагель, затем цеолит, поставляемый комплектно в герметической упаковке. В случае увлажнения или повреждения герметичности упаковки силикагель и цеолит нужно просушить (при увлажнении индикаторный силикагель меняет свою окраску с голубой на розовую);
 - установить катки трансформаторов из транспортного положения в рабочее;
 - проверить состояние маслоуплотнительных соединений и при обнаружении ослабления крепления или утечки масла подтянуть гайки;
 - установить уровень масла в расширителе против отметки на маслоуказателе, соответствующей температуре окружающей среды (для этого масло слить или долить).

* Вопрос включения трансформаторов без сушки решают в соответствии с Инструкцией по эксплуатации трансформаторов, результатами испытаний с учетом условий их хранения и монтажа.

Силикагель



Цеолит



Определение увлажненности изоляции по коэффициенту абсорбции

- Диагностирование увлажнения изоляции состоит в измерении мегаомметром ее сопротивления в моменты t_1 и t_2 ($t_2 > t_1$) после подачи напряжения и определения отношения R_{t_2}/R_{t_1} , называемого коэффициентом абсорбции равным отношению измеренного сопротивления изоляции через 60 секунд после приложения напряжения мегаомметра (R_{60}) к измеренному сопротивлению изоляции через 15 секунд (R_{15}), при этом:

$$K_{абс} = \frac{R_{60}}{R_{15}}.$$

- Если $(R_{60}/R_{15}) > 1,3$ то изоляцию считают сухой;
- если $(R_{60}/R_{15}) \leq 1,3$, то изоляцию признают влажной.

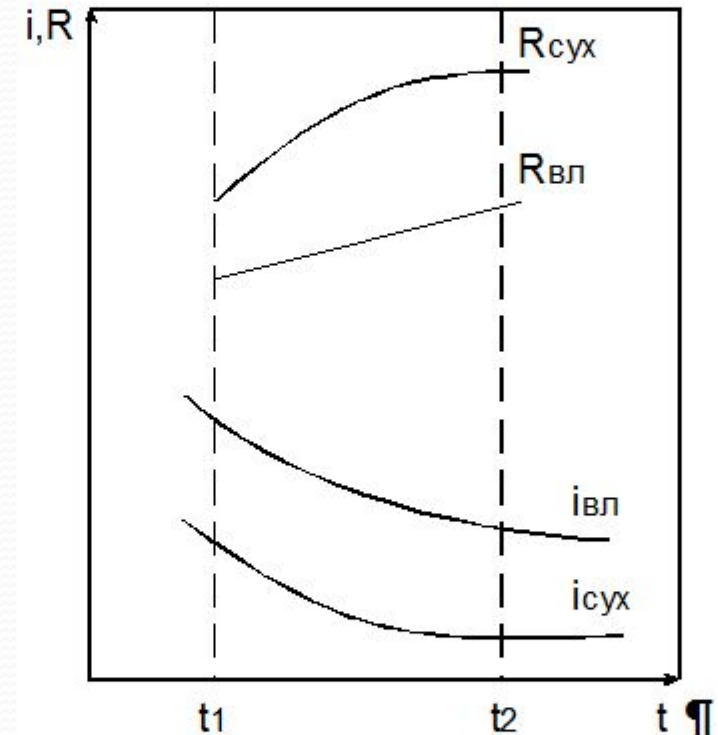


График изменения полного тока и сопротивления сухой и влажной изоляции

Изоляции способом «емкость - частота»

- Диагностирование увлажнения состоит в измерении емкости изоляции при частоте f_1 и f_2 ($f_2 > f_1$) и определении отношения C_{f1}/C_{f2} .
- Обычно принимают $f_1=2$, $f_2=50$ Гц и измеряют соответственно C_2 и C_{50}
- Если $(C_2/C_{50}) < 1,2$, то изоляция сухая, если $(C_2/C_{50}) \geq 1,2$ - увлажненная.
- Такой способ диагностирования проводят при помощи прибора контроля влажности изоляции

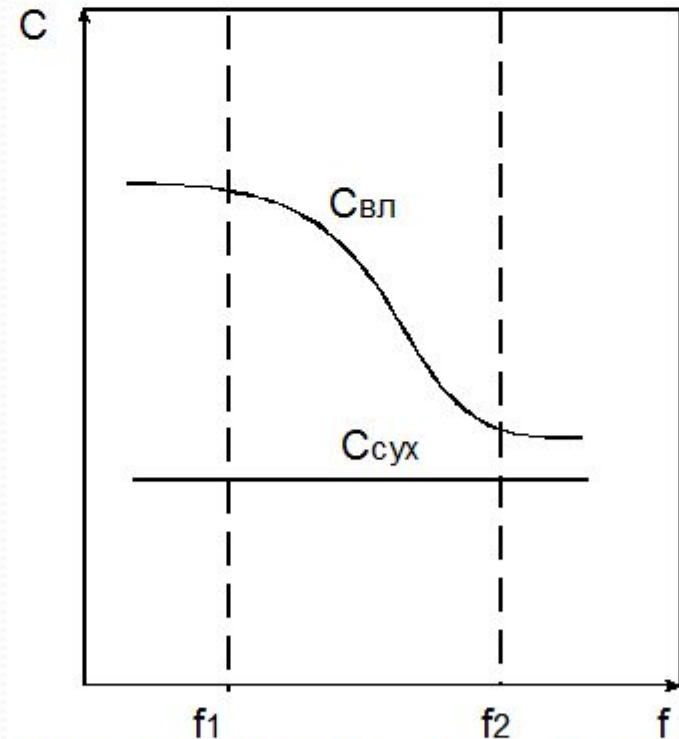


График изменения емкости сухой и влажной изоляции

Сушка трансформаторов

- При значительном увлажнении изоляцию обмоток трансформаторов можно сушить различными методами.
 - потерями в собственном баке;
 - токами нулевой последовательности.
- * В первом и во втором случаях трансформаторы сушат на месте установки при любой температуре. При этом необходимо сливать масло из баков.
- Сушка потерями в собственном баке (индукционный метод). Нагрев происходит потерями в баке, для этого на бак трансформатора наматывают намагничивающую обмотку. Чтобы получить более равномерное распределение температуры внутри бака, намагничивающую обмотку наматывают на 40... 60% высоты бака (снизу), причем на нижней части бака витки располагают гуще, плотнее, чем на верхней. Провод для обмотки может быть выбран любой.

Сушка трансформаторов

- - Расчет обмотки ведут следующим образом:
Число витков $w = U \cdot A / e$
 - где U напряжение источника тока. В; e — периметр бака, м. Константа A (берут из таблицы в зависимости от удельных потерь ΔP).

$$\Delta P = k_t \cdot \frac{F}{F_0} (t_k - t_0)$$

где k_T — коэффициент теплоотдачи, для утепленного бака $k_T = 5$, для неутепленного $k_T = 12$ кВт/(м²·град);

F — поверхность бака трансформатора, м²;

F_0 — поверхность бака, занятая обмоткой, м²;

t_k — температура нагрева бака, обычно равна 105 °С;

t_0 — температура окружающей среды, °С.

Сушка трансформаторов

- Ток в намагничивающей обмотке

$$I = \frac{\Delta P \cdot F_0}{U \cdot \cos \varphi}$$

- где $\cos \varphi = 0,5 \dots 0,7$ для трансформаторов с гладкими или трубчатыми баками;
 - для трансформаторов с ребристыми баками $\cos \varphi = 0,3$.
- Чем толще стенки бака, массивнее детали наружного крепежа, тем выше значение $\cos \varphi$.
- Температуру нагрева трансформатора можно регулировать изменением подводимого напряжения и числа витков намагничивающей обмотки, периодическим ее отключением от сети.

Сушка трансформаторов

- Сушка токами нулевой последовательности (ТНП).
 - Этот способ отличается от предыдущего тем, что намагничивающей обмоткой служит одна из обмоток трансформатора, соединенная по схеме нулевой последовательности (рис.). Трансформаторы, применяемые в сельской электрификации, чаще всего имеют нулевую группу соединения обмоток. В этом случае очень удобно использовать в качестве намагничивающей обмотку низшего напряжения, которая имеет выведенную нулевую точку.

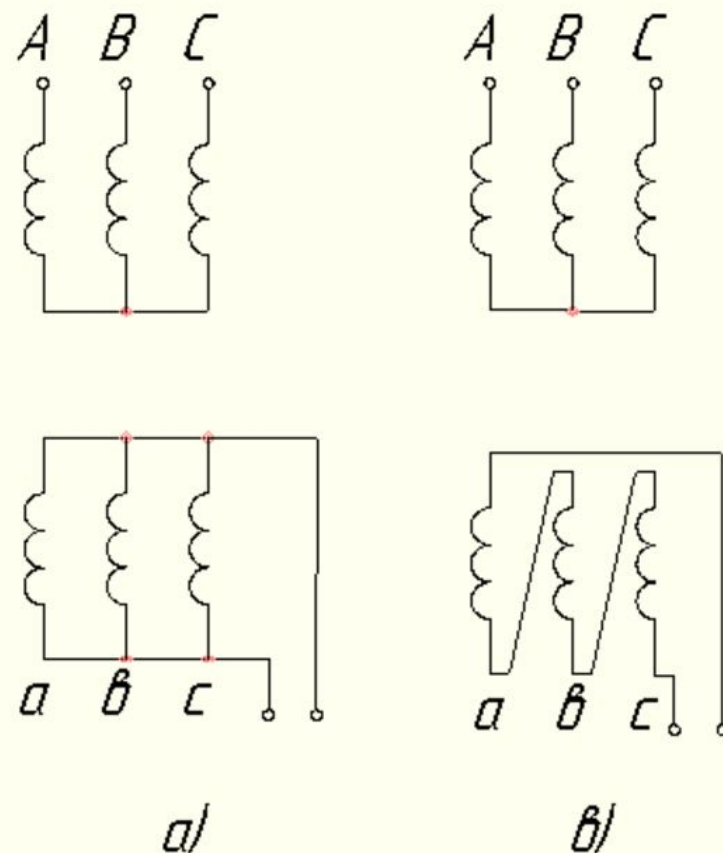


Схема соединения обмотки низшего напряжения для сушки ТНП:
а – в звезду; б – в треугольник.

Сушка трансформаторов

- При сушке трансформатора токами нулевой последовательности нагрев происходит за счет потерь в намагничивающей обмотке, в стали магнитопровода и его конструктивных деталях, в баке от действия потоков нулевой последовательности.
- Таким образом, при сушке трансформаторов токами нулевой последовательности имеются внутренние и внешние источники теплоты. Такая сушка представляет собой как бы сочетание двух способов: токами короткого замыкания и потерями в собственном баке.

Сушка трансформаторов

- Параметры сушки трансформаторов токами нулевой последовательности могут быть определены следующим образом
- Мощность, потребляемая намагничивающей обмоткой:

$$P_0 = \Delta P \cdot F$$

- где ΔP — удельный расход мощности, кВт/м². Для трансформаторов без тепловой изоляции бака, сушка которых протекает при температуре активной (выемной) части 100...110 °С и окружающей среды 10...20 °С, можно применять $\Delta P = 0,65...0,9$ кВт/м². Меньший расход мощности принимают для трансформаторов меньшей мощности.
- F - площадь поверхности бака, м²
- Подводимое напряжение при соединении намагничивающей обмотки в звезду

$$U_0 = \sqrt{\frac{P_0 \cdot Z_0}{3 \cos \varphi_0}}$$

- где Z_0 — полное сопротивление нулевой последовательности фазы обмотки, которое может быть определено опытным путем, Ом.
- Чем больше мощность трансформатора, массивнее детали его внутреннего крепежа, толще стенки бака, меньше расстояние между магнитопроводом и баком, тем больше значение $\cos \varphi_0$.

Сушка трансформаторов

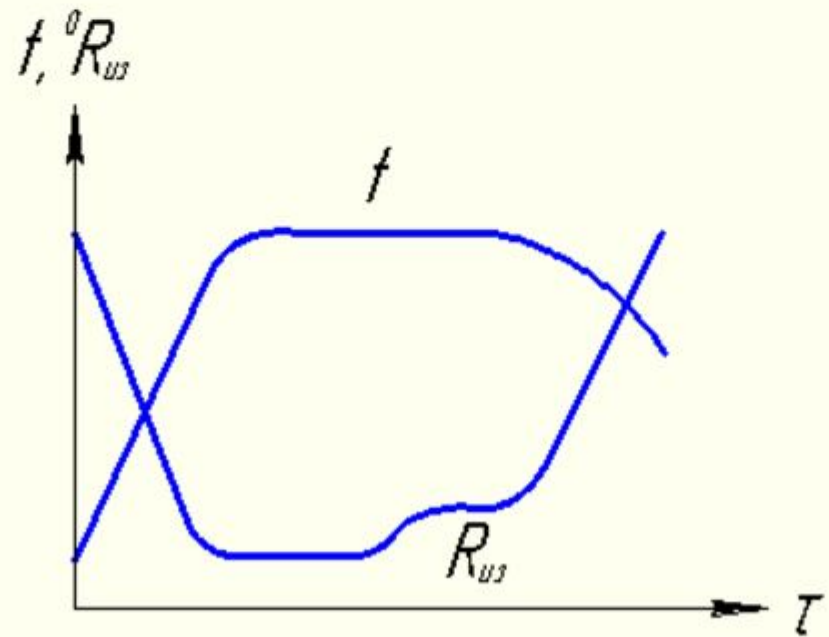
- Фазовый ток, необходимый для выбора измерительных приборов и площади сечения подводящих проводов, для трансформаторов с трубчатыми баками может быть определен из выражения

$$I_0 = I_H \sqrt{10/S_H}$$

- где I_H , — номинальный ток трансформатора, А,
- S_H — мощность трансформатора, кВ·А.
- При наличии внутреннего источника теплоты сушка трансформаторов токами нулевой последовательности характеризуется значительно меньшими потреблением мощности (до 40%) и временем сушки (до 40%) по сравнению с сушкой трансформатора потерями в собственном баке. Для сушки трансформаторов токами нулевой последовательности необходим источник питания с нестандартным напряжением; чаще всего таким источником может быть сварочный трансформатор.

Сушка трансформаторов

- Сопротивление изоляции трансформатора не нормируют, и поэтому основным критерием состояния изоляции будет кривая зависимости сопротивления от продолжительности сушки
- С ростом температуры трансформатора сопротивление изоляции понижается тем сильнее, чем больше увлажнена изоляция. Достигнув установившегося состояния, сопротивление изоляции остается некоторое время неизменным, затем изоляция начинает осушаться и сопротивление ее возрастает до нового установившегося значения при данной температуре нагрева.
- Сушка считается законченной, если сопротивление изоляции трансформатора остается неизменным в течение 6...8 ч.
- При отключении источника нагрева (охлаждение трансформатора) сопротивление изоляции возрастает, и тем круче, чем больше влаги удалилось из изоляции.



Кривые зависимости сопротивления изоляции от продолжительности сушки: $R_{из}$ — кривая изменения сопротивления изоляции; t — кривая нагрева трансформатора.

Сушка трансформаторов

- Полученные значения сопротивления изоляции сравнивают с данными завода-изготовителя.
- Допускают снижение сопротивления изоляции (при данной температуре) не более чем на 30%.
- При сушке трансформаторов обязательно ведут журнал (протокол), в котором каждые 1...2 ч отмечают параметры сушки, в том числе температуру нагрева изоляции и ее сопротивление.

Условия включения трансформаторов без сушки

- а) уровень масла должен быть в пределах отметок маслоуказателя;
- б) характеристики масла должны соответствовать действующим нормам;
- в) значение отношения R'_{60}/R_{15} обмоток при температуре $10...30^{\circ}\text{C}$ ($283...303\text{ K}$) должно быть не менее 1,3;
- г) если первое условие не соблюдено, но обмотки трансформатора и переключателя покрыты маслом, или если не выполнено второе условие, но в масле отсутствуют следы воды и пробивное напряжение масла снизилось по сравнению с нормированным не более чем на 5 кВ, необходимо дополнительно измерять значения $\text{tg } \delta$ и C_2/C_{50} .

Загрузка трансформаторов

- Особенность эксплуатации трансформаторов сельских подстанций - резкопеременный суточный график нагрузки, наличие в нем утреннего и вечернего максимумов, некоторый провал нагрузки в дневное время и отсутствие нагрузки в ночное время. Поэтому по сравнению с трансформаторами городских сетей, имеющих нормальную загрузку, среднесуточная загрузка сельских трансформаторов составляет 0,2...0,4 номинальной, причем она сохраняется в течение длительного времени и тенденция к ее повышению не наблюдается.
- С учетом использования трансформаторов по мощности правила технической эксплуатации допускают 40%-ную их перегрузку сверх номинальной на период максимумов общей суточной продолжительностью не более 6 ч в течение не более 5 суток. При этом коэффициент предварительной загрузки трансформатора должен быть не более 0,93. В аварийных случаях допускается кратковременная перегрузка трансформаторов сверх номинальной независимо от предшествующего режима и температуры охлаждающей среды

Допустимые перегрузки трансформаторов

Допустимая кратко временная перегрузка трансформаторов в долях номинальной нагрузки по току	Допустимая длительность перегрузки трансформаторов, мин	
	маслонаполненных	сухих
1,2	-	60
1,3	120	45
1,4	90	32
1,5	70	18
1,6	65	5
1,75	20	-
2,0	10	-

Загрузка трансформаторов

- Статистика показывает, что большая часть трансформаторов выходит из строя не зимой в период максимальной нагрузки, а летом — при минимальной. Происходит это потому, что на нагрев трансформатора влияют не только его нагрузка и значение подведенного напряжения, но и температура окружающей среды, оказывающая значительное действие.

Таблица Сезонная зависимость температуры нагрева трансформатора

Период измерений	Доля нагрузки трансформатора от номинальной	Среднемесячное значение		
		Температура, °С		Перепад температур, град
		воздуха	трансформаторного масла	
Август	0,48	21,5	54	32,6
Сентябрь	0.66	17.5	46	28.5
Октябрь	0,84	3,5	34	30,5
Ноябрь	0,96	8	33	41,0

Эксплуатация трансформаторного масла

- При эксплуатации трансформатора влага может поступать в масло из окружающей среды и образовываться в масле в результате происходящих в нем окислительных процессов. Отрицательно влияют на масло некоторые примеси. Парафин, растворяясь в масле, увеличивает его вязкость. Наличие парафина в масле выключателей недопустимо. Уголь безвреден для масла, но действует как стабилизирующий фактор для эмульсии воды и способствует увеличению ее количества.
- Осадки и шлам (продукты старения масла) гигроскопичны и накапливают в себе значительное количество влаги. Являясь полярными диэлектриками, они могут образовывать проводящие мостики между электродами, по которым происходит пробой масла. К перекрытиям и разрушениям приводят отложения осадков и шлама на поверхности твердой изоляции, находящейся в масле. Кроме того, осадки закупоривают каналы между обмотками трансформатора и ухудшают его охлаждение.
- Окисление масла происходит под воздействием кислорода воздуха, повышенной температуры и примесей. Порознь эти факторы воздействуют на масло значительно слабее. Примеси из масла удаляют сушкой или очисткой, а химический состав восстанавливают регенерацией.

Эксплуатация трансформаторного масла. Сушка

- **Сушка масла.** В энергетических системах масло сушат двумя способами: **просасыванием через него сухого азота или углекислого газа** при комнатной температуре; над маслом **создают вакуум 20...30 кПа**; **распылением масла** при комнатной температуре и остаточном давлении 2,5...5,5 кПа. Для ускорения сушки масло **подогревают до 40...50°C** при остаточном давлении 8...13 кПа.
- В условиях небольших ремонтных предприятий масло сушат путем **подогрева или отстоя** его при температуре 25...35°C. Отстой — крайне простой, дешевый и безвредный для масла способ сушки. Недостаток его — большая длительность операции.
- Сушка масла при помощи подогрева также несложна, причем масло можно подогревать самыми различными методами, в том числе в собственном баке трансформатора. Но длительный нагрев масла может привести к его порче.

Очистка

- **Очистка масла.** В условиях эксплуатации масло не только увлажняется, но и загрязняется. От воды и механических примесей масло очищают центрифугированием и фильтрованием.
- **Центрифугирование** позволяет отделить воду и примеси, которые тяжелее масла. Температура масла должна быть 45...68 °С. При пониженной температуре высокая вязкость масла препятствует отделению воды и примесей, а при повышении температуры выше 70°С воду трудно отделить из-за начинающегося парообразования и повышенной растворимости воды в масле. Кроме того, при повышенной температуре происходит интенсивное старение масла.

Очистка

- **Фильтрация** — продавливание масла через пористую среду (картон, бумага, материя, цеолит, слой отбеливающего материала или силикагеля) — осуществляют при помощи фильтров-прессов. Фильтровальная бумага и картон не только задерживают примеси, но и впитывают воду.
- Наибольшей гигроскопичностью обладает мягкий и рыхлый картон, однако он плохо задерживает шлам и уголь и сам выделяет много волокон. Чередование в фильтре-прессе листов мягкого и твердого картона позволяет получить хорошо очищенное масло.
- Фильтровать масло желательно при температуре 40...50 °С, так как при большей температуре падает гигроскопичность картона и возрастает растворимость воды в масле. Загрязненный картон можно прополоскать в чистом масле, высушить и вновь пустить в работу. Для очистки 1 т масла требуется около 1 кг картона.
- **Фильтр-пресс** включают обычно после центрифуги для удаления остатков шлама и воды. Он обеспечивает почти предельную очистку масла от воды и наиболее высокую электрическую прочность масла. К достоинствам фильтра-пресса относят его способность работать при нормальной температуре, отсутствие смешивания масла с воздухом и возможность очистки масла от мельчайших частиц угля. Однако центрифуги способны очистить масло, содержащее эмульсии, тогда как фильтр-пресс для очистки таких масел непригоден.

Эксплуатация трансформаторного масла.

Регенерация

- **Регенерация масла.** В результате эксплуатации масло окисляется (стареет), при этом изменяется его химический состав, образуются кислоты и смолы и одновременно разрушаются те естественные антиокислители, которые содержатся в свежем масле. Вследствие старения масла ускоряется разрушение изоляции трансформаторов. Особенно разрушается изоляция органического происхождения. Однако старение масла влияет на 3...5% основных углеводородов масла, остальная их часть остается неизменной и хорошего качества. Поэтому масло можно восстанавливать — регенерировать. Регенерация масла позволяет удалять из него продукты окисления. Периодичность регенерации должна составлять 5...7 лет. Анализ показывает, что примерно у 30% вышедших из строя трансформаторов изоляция повреждена из-за быстрого старения масла.

Цеолитная установка для
комплексного восстановления
трансформаторного масла
УВМ-01



Установка для
центрифугирования
трансформаторного масла

Эксплуатация распределительных устройств

- К распределительным устройствам относятся:
 - КРУ - комплектные распределительные устройства (0,4, 6, 10, 35 кВ),
 - КРУН - комплектные распределительные устройства наружной установки (0,4, 6, 10, 35 кВ),
 - РП ПС - распределительные устройства понизительных станций (6, 10, 35, 110, 220 кВ)
 - КТП - комплектные трансформаторные подстанции (10/0,4 кВ, 35/0,4)
 - КТПБ - комплектные трансформаторные подстанции блочного типа (110/35/6 - 10 кВ)

РУ КТП 10/0,4 кВ



КРУ 10 (6) кВ



КРУН 10 (6) кВ



КРУН 10 (6) кВ



Эксплуатация распределительных устройств

- При этом помещения РУ должны быть безопасны и удобны при обслуживании оборудования персоналом при всех возможных режимах работы, а также при ремонте.
- Окна в закрытых РУ должны быть надежно закрыты, а проемы и отверстия в стенах заделаны для исключения попадания в помещение животных и птицы. Кровля должна быть исправной.
- Температурный режим и влажность воздуха в помещениях закрытых РУ и КРУ должны поддерживаться такими, чтобы не происходило выпадение росы и отпотевание изоляции. В закрытых РУ температура не должна превышать 40 °С. Вентиляция помещений должна быть достаточно эффективной.

Эксплуатация распределительных устройств

- **Основные задачи при эксплуатации РУ:**
 - обеспечение соответствия режимов работы РУ и отдельных цепей техническим характеристикам оборудования;
 - надзор и уход за оборудованием;
 - устранение в кратчайший срок неисправностей, которые приводят к аварии;
 - своевременное проведение профилактических испытаний и ремонтов электрооборудования.

Эксплуатация распределительных устройств

● Периодичность осмотров распределительных устройств:

- в распределительных устройствах, обслуживаемых сменным персоналом, дежурящим на самой подстанции или на дому — ежедневно.
- При неблагоприятной погоде (мокрый снег, туманы, сильный и продолжительный дождь, гололед и т. п.), а также после коротких замыканий и при появлении сигнала и замыкании на землю в сети проводят дополнительные осмотры.
- Рекомендуют 1 раз в неделю осматривать устройство в темноте для выявления возможных разрядов коронирования в местах повреждения изоляции и местных нагревов токоведущих частей;
- в распределительных устройствах подстанций напряжением 35 кВ и выше, не имеющих постоянного дежурного персонала, график осмотров составляют в зависимости от типа устройства (закрытое или открытое) и от назначения подстанции. В этом случае осмотры выполняет начальник группы подстанции или мастер не реже 1 раза в месяц;

Эксплуатация распределительных устройств

- Периодичность осмотров распределительных устройств:
 - трансформаторные подстанции и распределительные устройства электрических сетей 10 кВ и ниже, не имеющие дежурного персонала, осматривают не реже 1 раза в шесть месяцев;
 - внеочередные осмотры на объектах без постоянного дежурного персонала проводят в сроки, устанавливаемые местными инструкциями с учетом мощности короткого замыкания и состояния оборудования.
 - Во всех случаях независимо от значения отключаемой мощности короткого замыкания осматривают выключатель после цикла неуспешного АПВ и отключения короткого замыкания.

Эксплуатация распределительных устройств

- О всех неисправностях, замеченных при осмотрах распределительных устройств, делают запись в эксплуатационном журнале.
- Неисправности, которые нарушают нормальный режим работы, необходимо устранять в кратчайший срок.
- Исправность резервных элементов распределительных устройств (трансформаторов, выключателей, шин и др.) нужно регулярно проверять, включая их под напряжение в сроки, установленные местными инструкциями.
- Резервное оборудование должно быть в любой момент готово к включению без какой-либо предварительной подготовки.
- Периодичность очистки распределительных устройств от пыли и грязи зависит от местных условий и устанавливается главным инженером предприятия.

Эксплуатация распределительных устройств

- Обслуживание комплектных распределительных устройств.
 - Эксплуатация комплектных распределительных устройств (КРУ) имеет свои особенности в связи с ограниченными габаритными размерами ячеек. Для защиты персонала от случайного прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, в КРУ предусмотрена блокировка. В стационарных КРУ блокируют сетчатые двери, которые открывают только после отключения выключателя и разъединителей присоединения.
 - В КРУ выкатного исполнения есть автоматические шторки, закрывающие доступ в отсек неподвижных разъединяющих контактов при выкаченной тележке. Кроме того, имеется оперативная блокировка, предохраняющая персонал при выполнении ошибочных операций. Например, выкатывание тележки в испытательное положение разрешается блокировкой только после отключения выключателя, а вкатывание тележки в рабочее положение — при отключенном положении выключателя и заземляющих ножей. Наблюдение за оборудованием ведут через смотровые окна и сетчатые ограждения или смотровые люки, закрытые защитной сеткой.
 - Осмотры КРУ без их отключения проводят по графику, но не реже 1 раза в месяц. При осмотрах проверяют работу сетей освещения и отопления помещений и шкафов КРУ; состояние выключателей, приводов, разъединителей, первичных разъединяющих контактов, механизмов блокировки; загрязненность и отсутствие видимых повреждений изоляторов; состояние цепей вторичной коммутации; действие кнопок управления выключателей.

Эксплуатация распределительных устройств

- Систематически в зависимости от местных условий необходимо очищать изоляцию от пыли и загрязнений, особенно и КРУ наружной установки.
- При осмотрах комплектных распределительных устройств КРУ и КРУН необходимо обращать внимание на: состояние уплотнения в местах стыков элементов металлоконструкций; исправность присоединения оборудования к контуру заземления; наличие средств безопасности и пожаротушения; работу и исправность устройств обогрева шкафов КРУП; наличие, достаточность и нормальный цвет масла в выключателях; состояние монтажных соединений; нагрев токоведущих частей и аппаратов; отсутствие посторонних шумов и запахов; исправность сигнализации, освещения и вентиляции.
- Одновременно с осмотром проверяют правильность положения коммутирующих аппаратов. Встроенное в КРУ и КРУП оборудование осматривают в соответствии с инструкциями по эксплуатации.
- При эксплуатации КРУ запрещается отвинчивать съемные детали шкафа, поднимать и открывать автоматические шторки при наличии напряжения в тех местах, доступы в которые ими закрыты. В шкафах КРУ выкатного типа для заземления отходящих линий при помощи разъединителей, встроенных в КРУ, нужно сделать следующее: отключить выключатель, выкатить тележку, проверить отсутствие напряжения на нижних разъединяющих контактах, включить заземляющий разъединитель, поставить тележку в испытательное положение.
- Предохранители в шкафу трансформатора собственных нужд можно менять только при снятой нагрузке. При проведении работ внутри отсека выкатной тележки на автоматической шторке необходимо вывешивать предупреждающие плакаты: «Не включать! Работают люди», «Высокое напряжение! Опасно для жизни!»
- Выкатывать тележку с выключателем и устанавливать ее в рабочее положение может только оперативный персонал. Вкатывать тележку в рабочее положение разрешается только при отключенном положении заземляющего разъединителя.

Эксплуатация распределительных устройств

- Отключение силовых трансформаторов без нагрузки, а также автоматическое отключение поврежденных трансформаторов осуществляют отделителями. Отделители ОД-35 представляют собой разъединители типа РЛНД-35/600, укомплектованные двумя дополнительными отключающими пружинами. Отключение отделителя проводится автоматически или вручную, включение - только вручную при помощи съемной рукоятки.

Эксплуатация распределительных устройств

- Текущий ремонт отключающих аппаратов, а также проверку их действия (опробование) проводят по мере необходимости в сроки, установленные главным инженером предприятия. В объем работ по текущему ремонту входят: внешний осмотр, чистка, смазка трущихся частей и измерение сопротивления контактов постоянному току.
- Внеплановые ремонты выполняют в случае обнаружения внешних дефектов, нагрева контактов или неудовлетворительного состояния изоляции.
- Контроль состояния токоведущих частей и контактных соединений. Состояние токоведущих частей и контактных соединений шин и аппаратов распределительных устройств можно выявить при осмотрах.

Эксплуатация распределительных устройств

- Обслуживание потребительских подстанций. Надежность работы потребительских подстанций во многом зависит от правильности эксплуатации, которую необходимо осуществлять в соответствии с существующими руководящими и инструктивными материалами. Эксплуатационно - профилактические работы проводят с целью предупреждения и устранения пых при эксплуатации повреждений и дефектов.
- В объем этих работ входят систематические осмотры, профилактические измерения и проверки. Плановые осмотры ТП выполняют в дневное время по утвержденному графику, но не реже 1 раза в шесть месяцев.
- После аварийных отключений питающих линии, при перегрузках оборудования, резком изменении погоды и стихийных явлениях (мокрый снег, гололед, ураган и т. п.) проводят внеочередные осмотры. Не реже 1 раза в год инженерно-технический персонал выполняет контрольные осмотры ТП. Обычно их совмещают с приемкой объектов к работе в зимних условиях, с осмотрами ВЛ 10 или 0,4 кВ и т. д.
- Для поддержания ТП в технически исправном состоянии осуществляют планово-предупредительные ремонты, которые позволяют обеспечить длительную, надежную и экономичную их работу.
- Осмотры, ремонты и профилактические испытания оборудования на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ проводятся в основном комплексно в одни сроки, без снятия напряжения, а при необходимости с частичным или полным отключением оборудования.

Эксплуатация распределительных устройств

- При осмотре столбовых подстанций с земли проверяют состояние предохранителей, разъединителей и их проводов, изоляторов, крепление проводов к ошиновке, заземляющих спусков и контактов, крепление и взаимное расположение проводов высшего и низшего напряжений, состояние конструкции подстанции, состояние древесины и железобетона, наличие и состояние предупредительных плакатов, а также целостность замков и лестниц. При осмотрах подстанций типа КТП дополнительно проверяют загрязненность поверхности металлических корпусов, шкафов, плотность закрытия дверей и исправность их запоров, состояние опорных фундаментов.
- При осмотрах оборудования ТП и КТП необходимо обращать внимание на следующее:
- у выключателей нагрузки, разъединителей и их приводов — отсутствие следов перекрытия и разрядов па изоляторах и изоляционных тягах; положение ножей в неподвижных контактах; внешнее состояние дугогасящих ножей и камер у выключателя; правильное положение рукояток приводов; исправность гибкой связи между ножом и вводным зажимом у разъединителя РЛНД;

Эксплуатация распределительных устройств

- у предохранителей типа ПК — соответствие плавких вставок параметрам защищаемого оборудования, целостность и исправность патронов, правильность расположения и закрепления патронов в неподвижных контактах, состояние и положение указателей срабатывания предохранителей;
- у проходных, опорных и штыревых изоляторов — отсутствие сколов, трещин и следов перекрытия дуги;
- у ошиновки РУ 10 кВ — отсутствие следов местного нагрева контактов в местах присоединения к оборудованию и в соединениях шин, состояние окраски и крепления шип;

Эксплуатация распределительных устройств

- у кабельных устройств — состояние кабельных муфт и воронок, отсутствие течи мастики, целостность наконечников, наличие маркировки, заземление муфт и воронок, состояние кабельных прямков и проходов через стены;
- у РУ низкого напряжения (0,4 кВ) — состояние рабочих контактов рубильников, предохранителей и автоматов, отсутствие на них следов копоти, перегрева и оплавления, состояние трансформаторов тока, реле защиты и разрядников типа РВН-0,5, целостность плавких вставок предохранителей и их соответствие параметрам потребителей, исправность фотореле, целостность пломб и защитных стекол на приборах учета к измерения, состояние контактов ошиновки 0,4 кВ и ее крепления.

Эксплуатация распределительных устройств

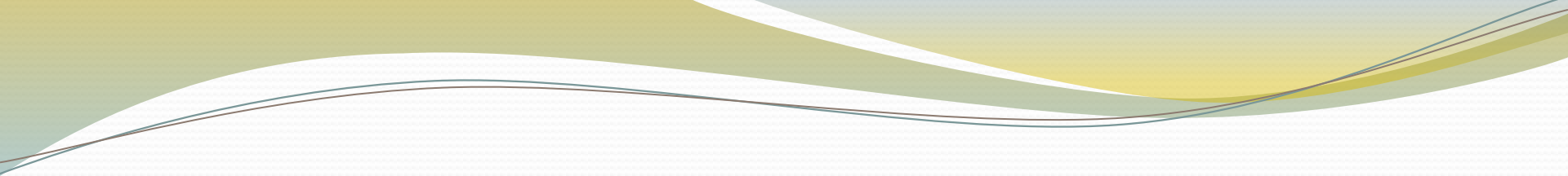
- Для устранения замеченных при осмотре неисправностей в работе оборудования ТП и КТП в случаях, не терпящих отлагательств до очередного текущего или капитального ремонта, проводят профилактические выборочные ремонты с заменой отдельных элементов и деталей. Эти работы выполняет эксплуатационный оперативный персонал,
- Обслуживание заземляющих устройств. В процессе эксплуатации выполняют осмотры, периодические проверки и испытания заземляющих устройств в соответствии с рекомендациями ППР.
- На участке заземляющих устройств, подверженных интенсивной коррозии, устанавливают более частую периодичность измерений. Внеплановые измерения сопротивления заземляющих устройств проводят после их переустройства или капитального ремонта.
- Сопротивления заземляющих устройств измеряют специальными приборами М-416, MRU-100 или пр.

Эксплуатация распределительных устройств

- Испытания, требующие снятия напряжения с электрооборудования, желательно совмещать с капитальными или текущими ремонтами.
- Профилактическим испытаниям подвергают опорные и проходные изоляторы, линейные выводы, аппаратные изоляторы разъединителей и предохранителей, выключатели, измерительные трансформаторы, разрядники и т. п. В объем испытаний изоляции РУ входит: измерение сопротивления изоляции, диэлектрических потерь, тока утечки и испытание повышенным напряжением.
- Изоляция может быть подвергнута испытанию повышенным напряжением только при положительных результатах предшествующих проверок.

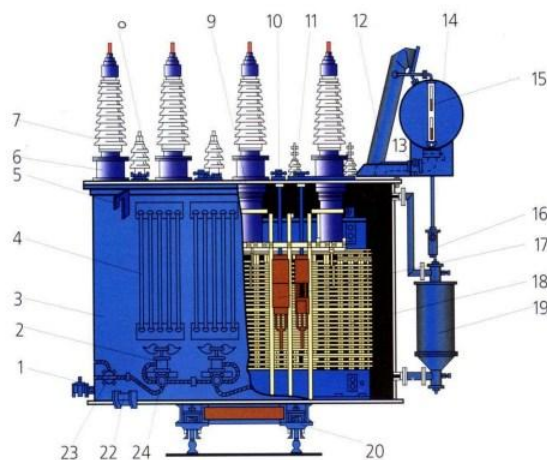
Эксплуатация распределительных устройств

- Испытание повышенным напряжением обязательно для электрооборудования РУ напряжением 35 кВ и ниже, а при наличии испытательных устройств и для оборудования напряжением выше 35 кВ.
- Особенности испытания изоляции ячеек и сборных шин. Испытание изоляции ячеек и сборных шин проводят комплексно для всего оборудования, смонтированного в ячейке (опорные ;и проходные изоляторы, трансформаторы тока, разъединители, выключатели). В этих испытаниях не участвуют силовые кабели (их отъединяют).
- Испытанию повышенным напряжением подвергают одновременно все три фазы относительно земли при включенном выключателе.



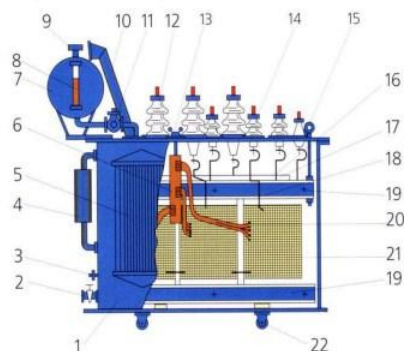
Спасибо за внимание

СИЛОВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ



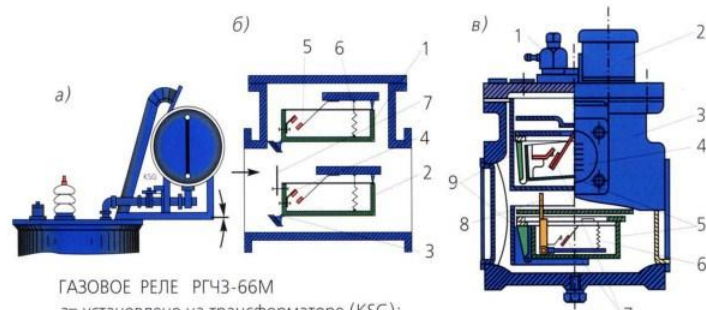
ТРЕХФАЗНЫЙ ТРЕХОБОМОТОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР ТДТ-16000/110 ЧЕТВЕРТОГО ГАБАРИТА

1-кран; 2-вентилятор; 3-бак; 4-радиатор; 5-крюк; 6-переходный фланец с установкой трансформаторов тока; 7-ввод 110 кВ; 8-ввод 35 кВ; 9-бумажно-бакелитовый цилиндр ввода 10кВ; 10-привод переключющего устройства ПБВ; 11-ввод НН (10кВ); 12-выхлопная труба; 13-газовое реле; 14-расширитель; 15-маслоуказатель; 16-воздухоосушитель; 17-переключатель обмотки ВН; 18-обмотка ВН (110кВ); 19-термосифонный фильтр; 20-каретка; 21-распределительная коробка; 22-площадка для установки домкрата; 23-магистральная коробка



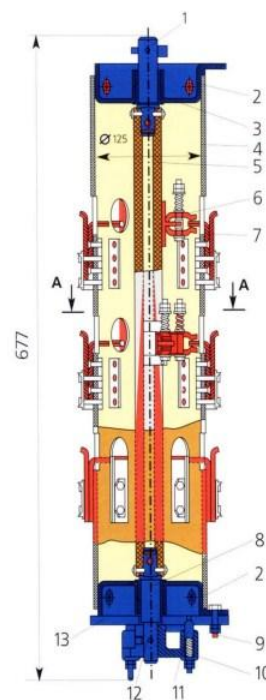
УСТРОЙСТВО СИЛОВОГО МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТРЕТЬЕГО ГАБАРИТА

1-бак; 2-вентиль; 3-болт заземления; 4-термосифонный фильтр; 5-радиатор; 6-переключатель; 7-расширитель; 8-маслоуказатель; 9-воздухоосушитель; 10-выхлопная труба; 11-газовое реле; 12-ввод ВН; 13-привод переключющего устройства; 14-ввод НН; 15-подъемный рым; 16-отвод НН; 17-остов; 18-отвод ВН; 19-ярмовая балка остова (верхняя и нижняя); 20-регулирующие ответвления обмоток ВН; 21-обмотка ВН (внутри НН); 22-каток тележки



ГАЗОВОЕ РЕЛЕ PG43-66M

а- установлено на трансформаторе (KSG);
б- эскиз реле; 1 и 2-чашки алюминиевые; 3-ось; 4-подвижный контакт;
5-неподвижный контакт; 6-пружина; 7-пластина
в-общий вид газового реле; 1-кран; 2-коробка с зажимами; 3-корпус;
4-смотровое стекло; 5-чашки; 6-пружина; 7-контакты; 8-пластина; 9-экраны



ТРЕХФАЗНОЕ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ПБВ ТИПА ПТЛ-6-200/10

1-вал стальной;
2-фланец;
3-втулка подшипника;
4-корпус;
5-бакелитовая трубка;
6-подвижные контакты;
7-неподвижные контакты;
8-вал стальной;
9-болт крепежный;
10-фиксатор положения;
11-палец фиксатора;
12-крепежный штифт фиксатора;
13-диск с фиксирующими отверстиями

