

Силовые трансформаторы

Силовые трансформаторы

Назначение и принцип действия

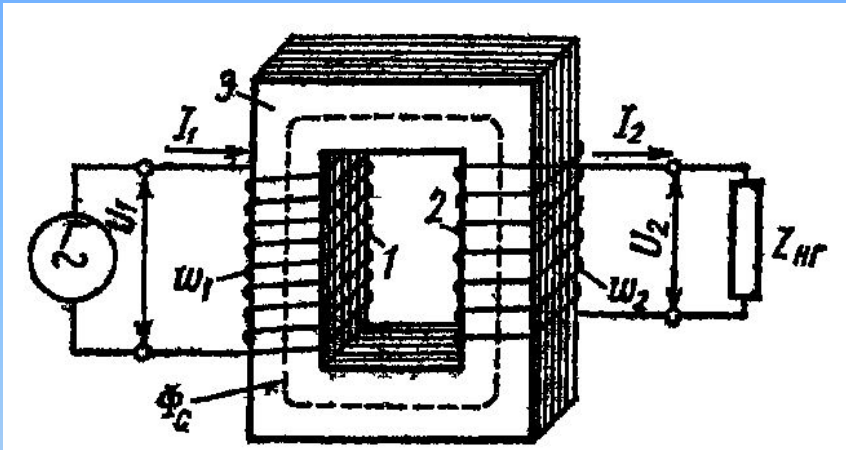
Силовые трансформаторы предназначены для преобразования переменных токов и напряжений одной величины в переменные токи и напряжения другой величины той же частоты

Преобразование токов и напряжений производится за счет принципа электромагнитной индукции.

В состав простого однофазного трансформатора входят:

Обмотка ВН, Обмотка НН и магнитопровод

Однофазный трансформатор



На приведенной схеме, при подаче переменного напряжения на первичную обмотку w_1 , по ней будет протекать переменный ток I_1 , который магнитный поток Φ_1 , замыкающийся в магнитопроводе. Φ_1 пересекая вторичную обмотку w_2 , наводит в ней эдс E_2 и в ней устанавливается напряжение U_2 . Если теперь во вторичную обмотку включить нагрузку $Z_{н}$, то по ней потечет ток I_2 , который в свою очередь будет создавать магнитный поток в магнитопроводе Φ_2 . Результирующий поток будет равен $\Phi_c = \Phi_1 + \Phi_2$

Однофазный трансформатор

Поскольку величина магнитного потока Φ_c , пересекающего и первичную и вторичную обмотки, одинакова для обеих обмоток, можно сделать вывод, что величины э д с E_1 и E_2 обмоток, будут зависеть только от числа витков w_1 и w_2 .

Действующие значения э д с

$$E_1 = 4,44 * f * w_1 * \Phi_c \approx U_1$$

$$E_2 = 4,44 * f * w_2 * \Phi_c \approx U_2$$

$$E_1/E_2 = U_1/U_2 = w_1/w_2 = K$$

K – называют коэффициентом трансформации

Если $K > 1$, то силовой трансформатор – понижающий

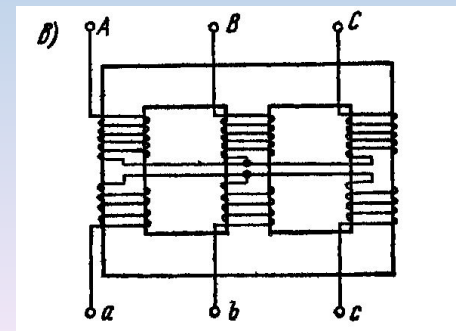
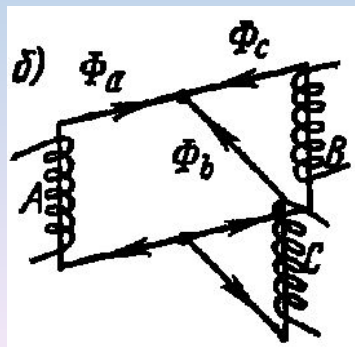
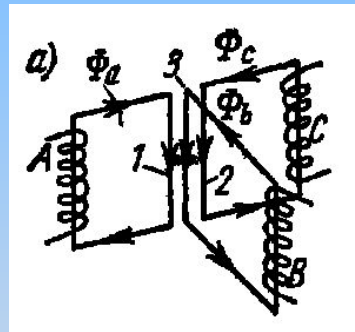
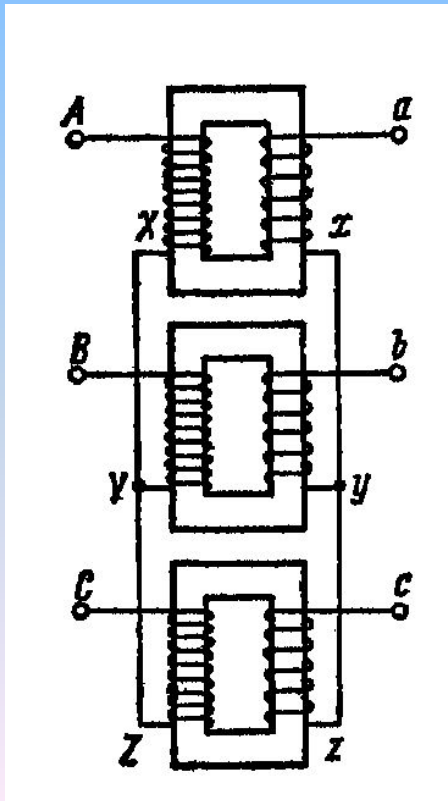
Если $K < 1$, то силовой трансформатор – повышающий

Если $K = 1$?

Трехфазный трансформатор

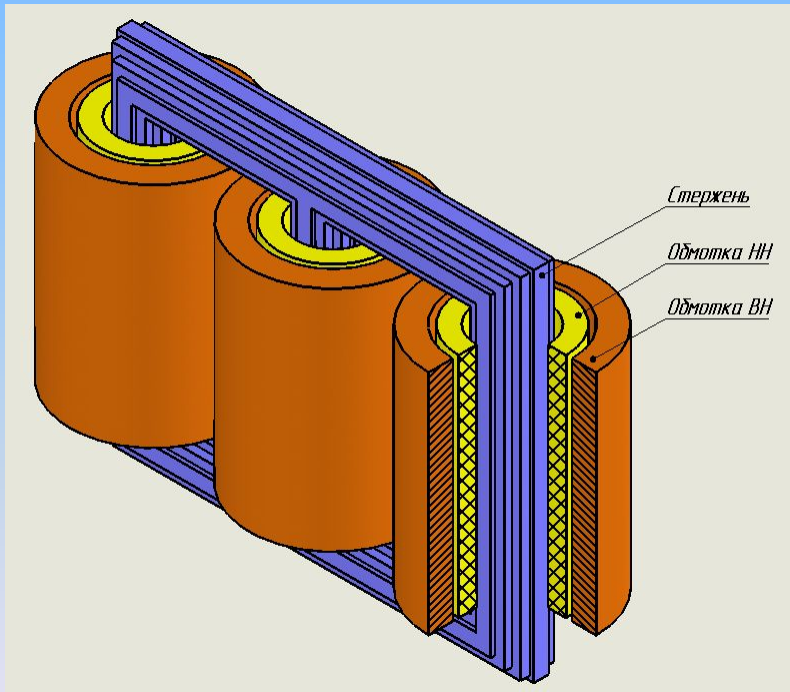
Если взять три однофазных трансформатора и соединить их первичные и вторичные обмотки в звезду (или треугольник – получим трехфазный трансформатор.

Теперь, если объединить три стержня, как показано на рисунке а), обнаружим, что суммарный поток в трех средних стержнях будет равен нулю и его можно исключить из схемы трехфазного трансформатора б). Получим схему магнитопровода трехфазного трансформатора в)



Активная часть силового трансформатора

Активной частью трансформатора называют – Магнитопровод с насаженными на него обмотками.



Обмотки НН напряжения всегда расположены ближе к магнитопроводу, чем обмотки ВН.

Если силовой трансформатор трехобмоточный, то расположение обмоток следующее, НН, СН и ВН. Магнитопровод набирают из листов электротехнической стали для снижения влияния вихревых токов.

Продольные элементы магнитопровода называют – стержнями, поперечные – ярмами.

Вспомогательный элементы силового трансформатора

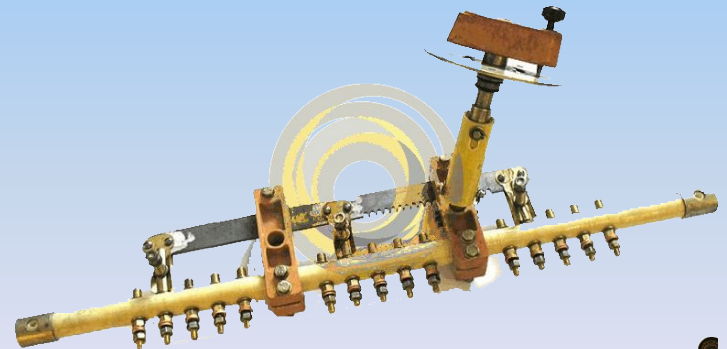
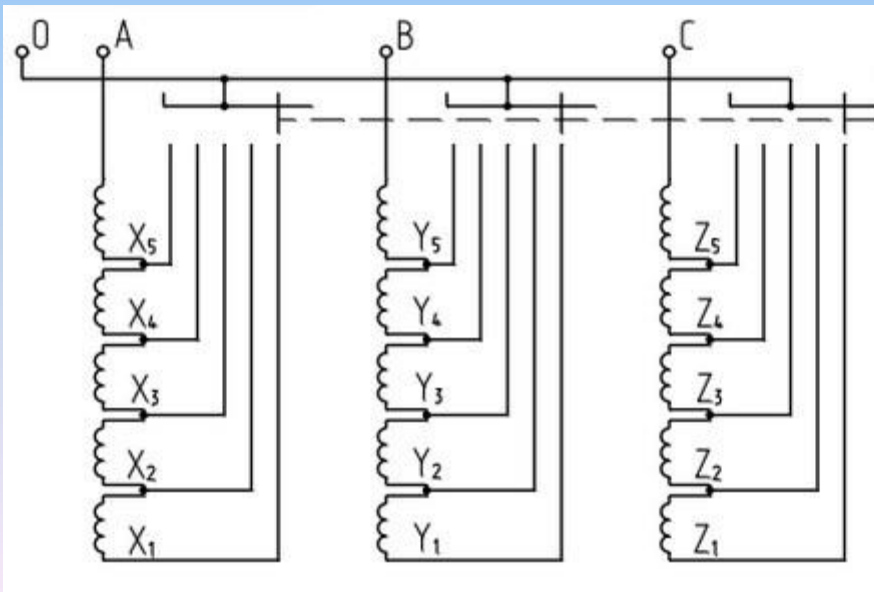
К вспомогательным элементам относятся:

- Бак трансформатора с залитым в него трансформаторным маслом
- Расширительный бачок
- Радиаторы охлаждения
- Вводы для подключения ВН и НН
- Для мощных силовых трансформаторов
- Переключающее устройство или РПН

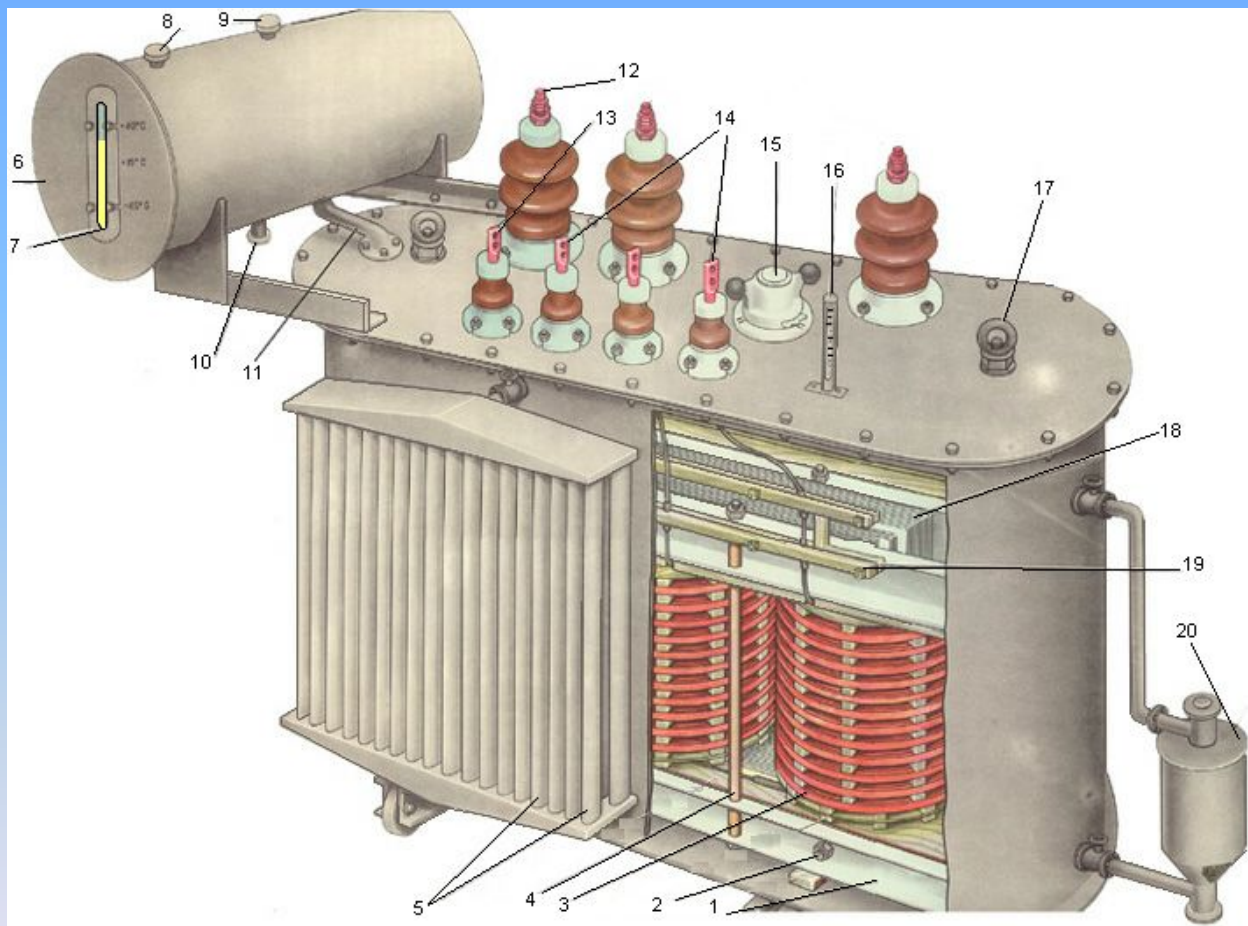
Переключающее устройство

Для регулирования напряжения силовых трансформаторов применяют переключающие устройства. Регулирование напряжения производится только на стороне ВН.

Для силовых трансформаторов (до 1600 кВА) применяют реечные переключающие устройства, имеющие пять положений регулирования в + или – с шагом 2,5 %



Силовой трансформатор



Обслуживание силовых трансформаторов

Эксплуатация трансформаторов, как и всего электрооборудования, является потенциально опасной для здоровья и жизни обслуживающего их персонала. Правила технической эксплуатации силовых трансформаторов, установленные их производителями, должны строго соблюдаться, что позволит избежать многих аварийных ситуаций в работе. Согласно существующим нормативам трансформаторы могут быть установлены, как внутри помещения, так и вне его. Во втором случае оборудование красится в светлые тона с использованием красок стойких к различным погодным условиям.

Профилактический осмотр трансформаторов производится не реже 1 раза в сутки, если он выполняет функции основной понижающей подстанции. Все остальные трансформаторные установки подвергаются внимательному осмотру не реже одного раза в месяц. Внеочередное обследование оборудования связано либо с его неисправностью, или вызвано негативным воздействием погоды (шквалистый ветер, гроза, резкий перепад температуры).

В случае перерыва в работе свыше трех месяцев силовой трансформатор должен быть подвергнут электротехническим испытаниям.

Перегрузочная способность

Масляные трансформаторы способны в течение двух часов работать при величине тока в сети на 30% превышающей его номинальное значение. Увеличение перегрузок ведет к уменьшению времени, в течение которого устройство способно функционировать без угрозы выхода из строя. При 45-процентной перегрузке оно становится равным 80 минут. При увеличении тока на 60% допустимая продолжительность работы оборудования не превышает уже 45 минут, дополнительная 75-ти процентная нагрузка по току уменьшит время функционирования оборудования до 20 минут. При двойном увеличении номинального значения тока, оно уже не превысит 10 минут.

Масляные трансформаторы:

перегрузка по току, %	30	45	60	75	100
длительность перегрузки, мин.	120	80	45	20	10

Сухие трансформаторы:

перегрузка по току, %	20	30	40	50	60
длительность перегрузки, мин.	60	45	32	18	5

Системы охлаждения силовых трансформаторов

Естественное масляное охлаждение

Естественное масляное охлаждение (М) выполняется для трансформаторов мощностью до 16000 кВА включительно. В таких трансформаторах тепло, выделенное в обмотках и магнитопроводе, передается окружающему маслу, которое, циркулируя по баку и радиаторным трубам, передает его окружающему воздуху. При номинальной нагрузке трансформатора температура масла в верхних, наиболее нагретых слоях не должна превышать +95°C.

Для лучшей отдачи тепла в окружающую среду бак трансформатора снабжается ребрами, охлаждающими трубами или радиаторами в зависимости от мощности.

Масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла (Д) применяется для более мощных трансформаторов. В этом случае в навесных охладителях из радиаторных труб помещаются вентиляторы (рис.1). Вентилятор засасывает воздух снизу и обдувает нагретую верхнюю часть труб. Пуск и останов вентиляторов могут осуществляться автоматически в зависимости от нагрузки и температуры нагрева масла. Трансформаторы с таким охлаждением могут работать при полностью отключенном дутье, если нагрузка не превышает 100% номинальной, а температура верхних слоев масла не более +55°C, также при минусовых температурах окружающего воздуха и при температуре масла не выше +45°C независимо от нагрузки. Максимально допустимая температура масла в верхних слоях при работе с номинальной нагрузкой +95°C.

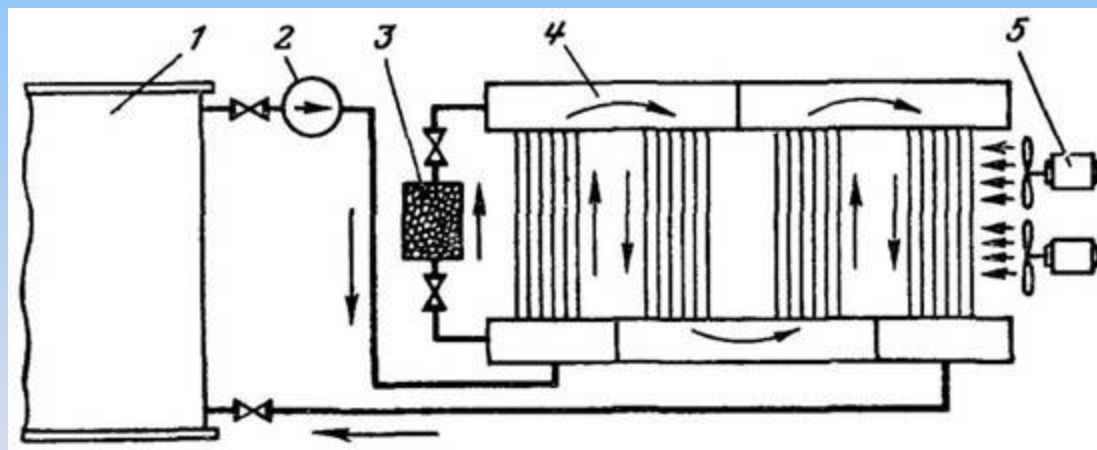
Форсированный обдув радиаторных труб улучшает условия охлаждения масла, а следовательно, обмоток и магнитопровода трансформатора, что позволяет изготавливать такие трансформаторы мощностью до 80000 кВА.

Системы охлаждения силовых трансформаторов

Масляное охлаждение с дутьем и принудительной циркуляцией масла через воздушные охладители

Масляное охлаждение с дутьем и принудительной циркуляцией масла через воздушные охладители (ДЦ) применяется для трансформаторов мощностью 63000 кВА и более.

Охладители состоят из системы тонких ребристых трубок, обдуваемых снаружи вентилятором. Электронасосы, встроенные в маслопроводы, создают непрерывную принудительную циркуляцию масла через охладители



Обозначения силовых трансформаторов

- Каждый трансформатор имеет условное буквенное обозначение, которое содержит следующие данные в том порядке, как указано ниже:
- число фаз (для однофазных - О; для трехфазных - Т);
- вид охлаждения - в соответствии с пояснениями, приведенными выше;
- число обмоток, работающих на различные сети (если оно больше двух), для трехобмоточного трансформатора Т; для трансформатора с расщепленными обмотками Р (после числа фаз);
- буква Н в обозначении при выполнении одной из обмоток с устройством РПН;
- буква А на первом месте для обозначения автотрансформатора.
- За буквенным обозначением указывается номинальная мощность, кВА; класс напряжения обмотки (ВН); климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70.
- Например, ТДТН-16000/110-У1 - трехфазный трансформатор с системой охлаждения Д, трехобмоточный, с регулированием напряжения под нагрузкой, номинальной мощностью 16000 кВА, напряжением ВН 110 кВ; климатическое исполнение У (умеренный климат); категория размещения 1 (на открытом воздухе).

Объем и нормы испытаний силовых трансформаторов

- Анализ масла трансформатора может проводиться по сокращенной и полной форме. При сокращенном анализе:
 - визуально оценивают внешний вид, цвет и замутненность масла, наличие механических примесей и свободной воды;
 - определяют пробивное напряжение, кислотное число, температуру вспышки, реакцию водной вытяжки.
- При полном анализе трансформаторного масла, в дополнение к объему сокращенного анализа, определяют:
 - тангенс угла диэлектрических потерь при 90°С;
 - количественное содержание механических примесей и воды;
 - газосодержание;
 - наличие растворенного шлама (потенциального осадка);
 - содержание антиокислительной присадки ионов;
 - стабильность против окисления.

Объем и нормы испытаний силовых трансформаторов

2. Измерение характеристик изоляции.

Для трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно мощностью ^{TR.60} до 10 МВ·А в сопротивление изоляции обмоток должно быть не ниже следующих значений:

, °С	10	20	30	40	50	60	70
, МОм	450	300	200	130	90	60	40

3. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.

Производится на всех ответвлениях. Сопротивление должно отличаться не более чем на 2% от сопротивления, полученного на таком же ответвлении других фаз, или от данных завода-изготовителя.

Благодарю за внимание!