

# Электрические трансформаторы

*Термины и определения*

# Трансформаторы силовые ГОСТ 16110-82

## • Общие понятия

- **Силовой трансформатор** - трансформатор, предназначенный для преобразования электрической энергии в электрических сетях и в установках, предназначенных для приема и использования электрической энергии.
- Примечание. К силовым относятся трансформаторы трехфазные и многофазные мощностью 6,3 кВ·А и более, однофазные мощностью 5 кВ·А и более.
- **Многофазная трансформаторная группа** - группа однофазных трансформаторов, обмотки которых соединены так, что в каждой из обмоток группы может быть создана система переменного тока с числом фаз, равным числу трансформаторов.
- Примечание. Многофазная трансформаторная группа, имеющая три однофазных трансформатора, называется трехфазной трансформаторной группой.

- **Магнитное поле трансформатора** - магнитное поле, созданное в трансформаторе совокупностью магнитодвижущих сил всех его обмоток и других частей, в которых протекает электрический ток.
- Примечание. Для расчетов, определения параметров и проведения исследований магнитное поле трансформатора может быть условно разделено на взаимосвязанные части: основное поле, поле рассеяния обмоток, поле токов нулевой последовательности и т.д.
- **Магнитное поле рассеяния обмоток** - часть магнитного поля трансформатора, созданная той частью магнитодвижущих сил всех его основных обмоток, геометрическая сумма векторов которых в каждой фазе обмоток равна нулю.
- Примечание. Предполагается наличие тока не менее, чем в двух основных обмотках.
- **Магнитное поле токов нулевой последовательности** - часть магнитного поля трансформатора, созданная геометрической суммой магнитодвижущих сил токов нулевой последовательности всех его основных обмоток.

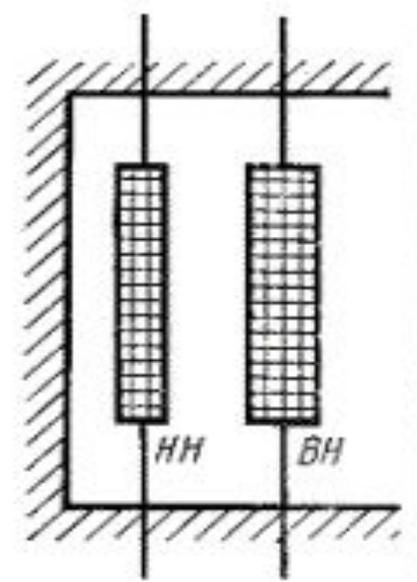
- **Основное магнитное поле** - часть магнитного поля трансформатора, созданная разностью суммы магнитодвижущих сил всех его обмоток и суммы магнитодвижущих сил обмоток, создающих поле рассеяния обмоток и поле токов нулевой последовательности обмоток трансформатора.
- **Сторона высшего (среднего, низшего) напряжения трансформатора** - совокупность витков и других токопроводящих частей, присоединенных к зажимам трансформатора, между которыми действует его высшее (среднее или низшее) напряжение.
- **Схема соединения трансформатора** - сочетание схем соединения обмоток высшего и низшего напряжений для двухобмоточного и высшего, среднего и низшего напряжений для трехобмоточного трансформатора.

## ВИДЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

- **Трансформатор общего назначения** - силовой трансформатор, предназначенный для включения в сеть, не отличающуюся особыми условиями работы, или для непосредственного питания приемников электрической энергии, не отличающихся особыми условиями работы, характером нагрузки или режимом работы.
- **Специальный трансформатор** - трансформатор, предназначенный для непосредственного питания потребительской сети или приемников электрической энергии, если эта сеть или приемники отличаются особыми условиями работы, характером нагрузки или режимом работы.
- Примечание. К числу таких сетей и приемников электрической энергии относятся подземные шахтные сети и установки, выпрямительные установки, электрические печи и т.п.
- **Однофазный трансформатор** - трансформатор, в магнитной системе которого создается однофазное магнитное поле.

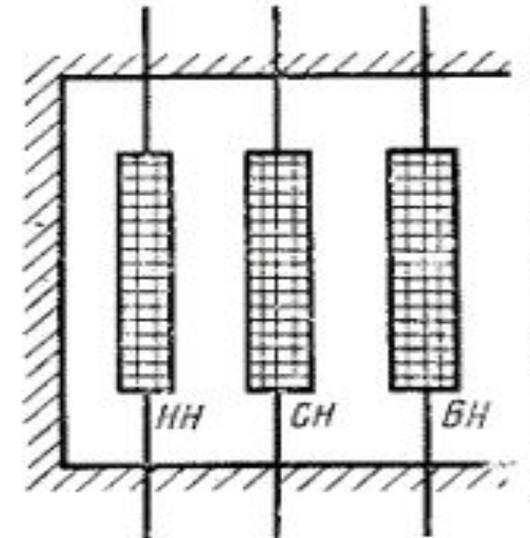
## Двухобмоточный трансформатор -

трансформатор, имеющий две основные гальванически не связанные обмотки.



## Трехобмоточный трансформатор –

трансформатор, имеющий три основные гальванически не связанные обмотки.

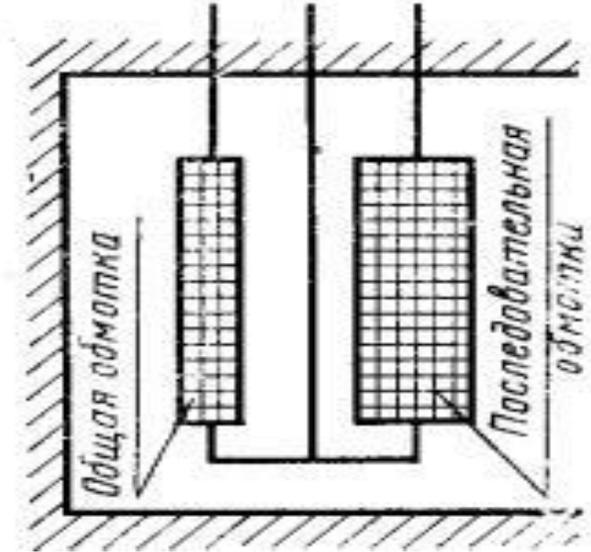


- **Газонаполненный трансформатор** - сухой герметичный трансформатор, в котором основной изолирующей средой и теплоносителем служит воздух или другой газ.
- **Трансформатор с литой изоляцией** - сухой трансформатор, в котором основной изолирующей средой и теплоносителем служит электроизо-ляционный компаунд.
- **Кварцenaполненный трансформатор** - сухой трансформатор в баке, заполненном кварцевым песком, служащим основной изолирующей, средой и теплоносителем.
- **Регулируемый трансформатор** - трансформатор, допускающий регулирование напряжения одной или более обмоток при помощи специальных устройств, встроенных в конструкцию трансформатора.
- **Трансформатор, регулируемый под нагрузкой** (трансформатор РПН) - регулируемый трансформатор, допускающий регулирование напряжения хотя бы одной из его обмоток без перерыва нагрузки и без отключения его обмоток от сети.
- Примечание. Другие обмотки трансформатора, регулируемого под нагрузкой, могут не иметь регулирования или иметь переключение без возбуждения.

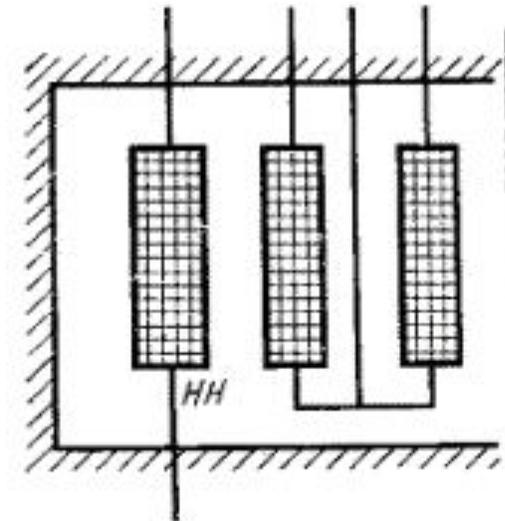
- **Трансформатор, переключаемый без возбуждения** (трансформатор с ПБВ) - регулируемый трансформатор, допускающий регулирование напряжения путем переключения ответвлений обмоток без возбуждения после отключения всех его обмоток от сети.
- Примечание. Понятие «переключение без возбуждения» может быть отнесено также к одной или нескольким обмоткам трансформатора, регулируемого под нагрузкой.
- **Регулировочный трансформатор** - регулируемый трансформатор, предназначенный для включения в сеть или в силовой трансформаторный агрегат с целью регулирования напряжения сети или агрегата.
- **Последовательный регулировочный трансформатор** - регулировочный трансформатор, включаемый последовательно с другим трансформатором со стороны нейтрали или со стороны линии с целью регулирования напряжения на зажимах линии.
- **Линейный регулировочный трансформатор** - регулировочный трансформатор, одна из обмоток которого включается последовательно в сеть с целью регулирования напряжения сети.

- **Автотрансформатор** - трансформатор, две или более обмоток которого гальванически связаны так, что они имеют общую часть.

- **Двухобмоточный автотрансформатор** – автотрансформатор, имеющий две обмотки, гальванически связанные так, что они имеют общую часть, и не имеющий других основных обмоток.



- **Трехобмоточный силовой автотрансформатор**- силовой автотрансформатор, две обмотки которого имеют общую часть, а третья основная обмотка не имеет гальванической связи с двумя первыми обмотками.



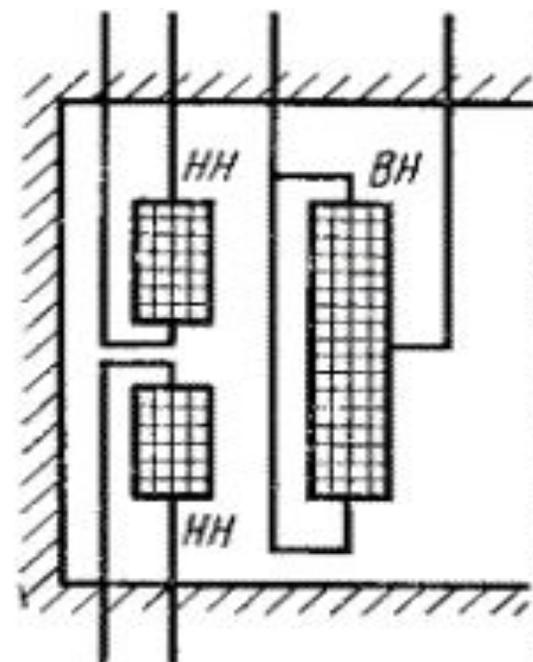
• **Преобразовательный трансформатор** - трансформатор, предназначенный для работы в выпрямительных, инверторных и других установках, преобразующих систему переменного тока в систему постоянного тока и наоборот при непосредственном подключении к ним.

• **Электродной трансформатор** - трансформатор, предназначенный для питания электротермических установок.

• **Герметичный трансформатор** - трансформатор, выполненный так, что исключается возможность сообщения между внутренним пространством его бака и окружающей средой.

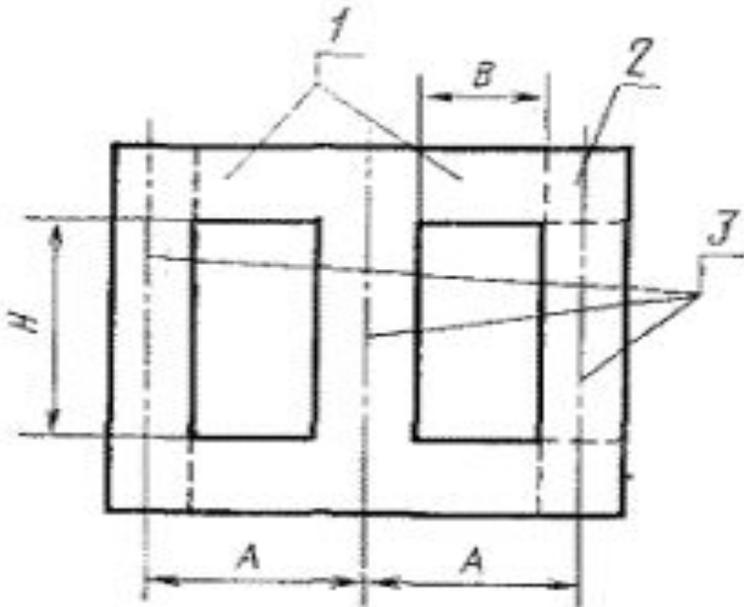
• **Трансформатор с расщепленной обмоткой (расщепленными обмотками)**

трансформатор, имеющий одну расщепленную обмотку (две или более расщепленных обмотки).



## МАГНИТНАЯ СИСТЕМА ТРАНСФОРМАТОРА

- **Магнитная система трансформатора** - комплект пластин или других элементов из электротехнической стали или другого ферромагнитного материала, собранных в определенной геометрической форме, предназначенный для локализации в нем основного магнитного поля трансформатора.
- **Стержень** - часть магнитной системы, на которой располагаются основные обмотки трансформатора.
- **Рис. 1. Стержневая магнитная система трансформатора**



$A$  - межосевое расстояние;

$B$  - ширина окна;  $H$  - высота окна;

$1$  - ярмо;  $2$  - угол;

$3$  - стержень.

## Бронестержневая магнитная система трансформатора

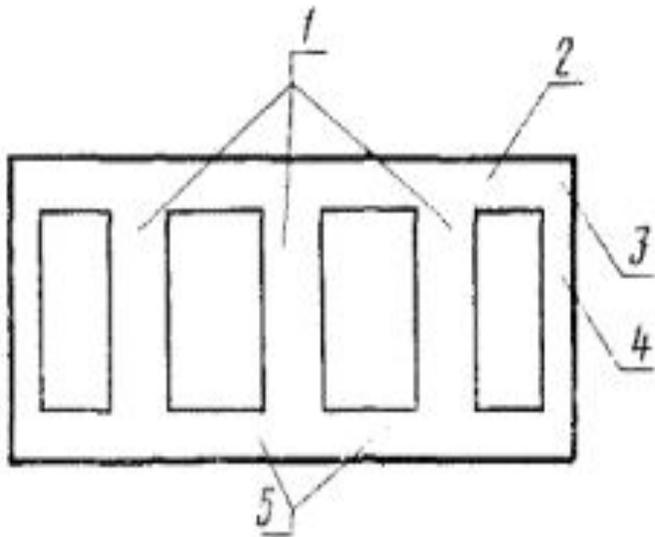


Рис.2

1 - стержень; 2 - торцевая часть бокового ярма; 3 - боковое ядро; 4 - боковая часть бокового ярма; 5 - торцевое ядро

## Бронева магнитная система трансформатора

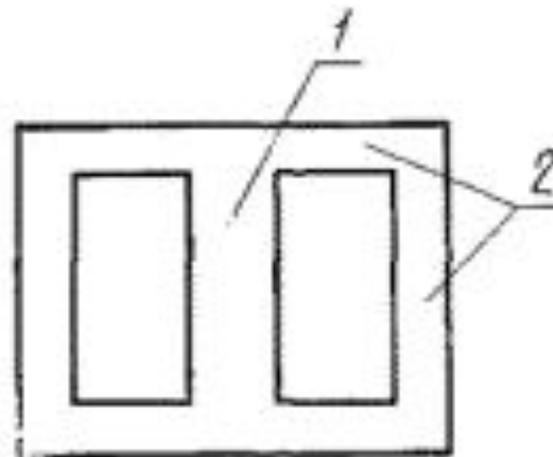


Рис.3

1 - стержень; 2 - боковое ядро

- **Диаметр стержня** - диаметр окружности, в которую вписан контур ступенчатого или квадратного поперечного сечения стержня магнитной системы.
- **Межосевое расстояние стержней** - расстояние между продольными осями двух соседних стержней магнитной системы.
- **Активное сечение стержня (ярма)** - суммарная площадь поперечного сечения ферромагнитного материала в поперечном сечении стержня (ярма).
- **Ярмо** - часть магнитной системы трансформатора, не несущая основных обмоток и служащая для замыкания магнитной цепи.
- **Боковое ярмо** - ярмо, соединяющее два конца одного и того же стержня. Примечание. Можно различать боковую часть бокового ярма, ось которой параллельна продольной оси стержня, и его торцевую часть, ось которой перпендикулярна этой оси.

- **Торцевое ярмо** - ярмо, соединяющее концы двух или более разных стержней.
- **Плоская магнитная система** – магнитная система, в которой продольные оси всех стержней и ярм расположены в одной плоскости.
- **Пространственная магнитная система** - магнитная система, в которой продольные оси стержней или ярм, или стержней и ярм расположены в разных плоскостях.
- **Симметричная магнитная система** - магнитная система, в которой все стержни имеют одинаковую форму, конструкцию и размеры, а взаимное расположение любого стержня по отношению ко всем ярмам одинаково для всех стержней.
- **Несимметричная магнитная система** - магнитная система, в которой отдельные стержни могут отличаться от других стержней по форме, конструкции или размерам или взаимное расположение какого-либо стержня по отношению к другим стержням или ярмам может отличаться от расположения любого другого стержня.

- **Разветвленная магнитная система** - магнитная система, в которой магнитный поток стержня при переходе в ярмо разветвляется на две или более частей.
- **Стержневая магнитная система** - магнитная система, в которой ярма соединяют разные стержни и нет боковых ярм (рис. [1](#))
- **Бронева магнитная система** - магнитная система, в которой оба конца каждого стержня соединяются не менее чем двумя боковыми ярмами (рис. [3](#)).
- **Бронестержневая магнитная система** - магнитная система, в которой часть стержней имеет боковые ярма или каждый стержень - не более чем одно боковое ярмо (рис. 2)
- **Шихтованная магнитная система** - магнитная система, в которой стержни и ярма с плоской шихтовкой собираются в переплет как цельная конструкция (рис. [2](#)).
- **Стыковая магнитная система** - магнитная система, в которой стержни и ярма или отдельные части, собранные и скрепленные отдельно, при сборке системы устанавливаются встык.
- **Навитая магнитная система** - магнитная система, в которой стержни и ярма образуются в виде цельной конструкции путем навивки из ленточной или рулонной электротехнической стали

## ОБМОТКИ ТРАНСФОРМАТОРА

- **Виток обмотки** - проводник, однократно охватывающий часть магнитной системы трансформатора, электрический ток которого совместно с токами других таких проводников и других частей трансформатора создает магнитное поле трансформатора и в котором под действием этого магнитного поля наводится электродвижущая сила.
- Примечание. Виток обмотки может быть образован несколькими параллельно соединенными проводниками.
- **Обмотка трансформатора** - совокупность витков, образующих электрическую цепь, в которой суммируются электродвижущие силы, наведенные в витках, с целью получения высшего, среднего или низшего напряжения трансформатора или с другой целью:
- Примечания:
  - 1. В трехфазном и многофазном трансформаторе (трансформаторной группе) под «обмоткой» подразумевается совокупность соединяемых между собой обмоток одного напряжения всех фаз.
  - 2. В однофазном трансформаторе под «обмоткой» подразумевается совокупность соединяемых между собой обмоток одного напряжения, расположенных на всех его стержнях.

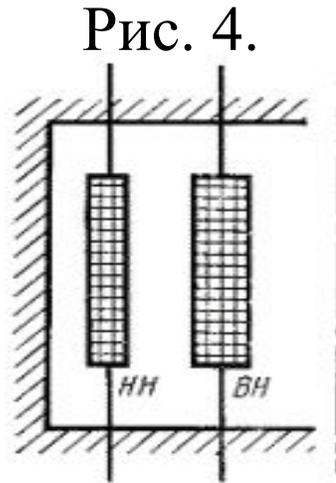
- **Основная обмотка** - обмотка трансформатора, к которой подводится энергия преобразуемого, или от которой отводится энергия преобразованного переменного тока.
- Примечание. Силовой трансформатор имеет не менее двух основных обмоток.
- **Вспомогательная обмотка** - обмотка трансформатора, не предназначенная непосредственно для приема энергии преобразуемого или отдачи энергии преобразованного переменного тока, или мощность которой существенно меньше номинальной мощности трансформатора.
- Примечание. Вспомогательная обмотка может быть предназначена, например, для компенсации третьей гармонической магнитного поля, подмагничивания магнитной системы постоянным током, питания сети собственных нужд ограниченной мощности и т.п.
- **Первичная обмотка трансформатора** - обмотка трансформатора, к которой подводится энергия преобразуемого переменного тока.

- **Вторичная обмотка трансформатора** - обмотка трансформатора, от которой отводится энергия преобразованного переменного тока.
- Примечание. Термин применим к любому числу обмоток трансформатора, если направление передачи энергии к ним от других обмоток трансформатора является определенным.
- **Обмотка высшего напряжения трансформатора (обмотка ВН)** - основная обмотка трансформатора, имеющая наибольшее номинальное напряжение по сравнению с другими его основными обмотками.
- **Обмотка низшего напряжения трансформатора (обмотка НН)** - основная обмотка трансформатора, имеющая наименьшее номинальное напряжение по сравнению с другими его основными обмотками.
- Примечание. Обмотка низшего напряжения регулировочного трансформатора может иметь более высокий уровень изоляции, чем обмотки высшего и среднего напряжения.

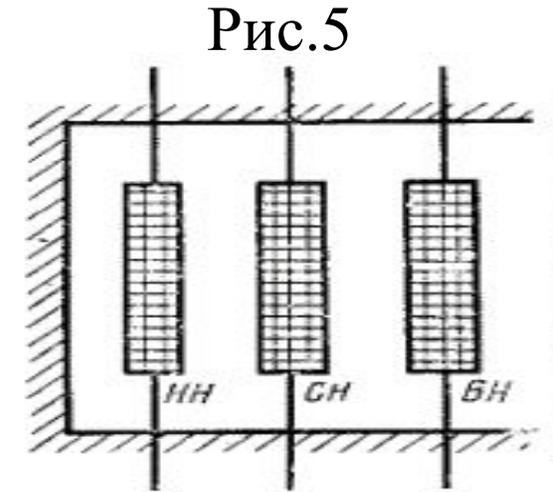
- **Обмотка среднего напряжения автотрансформатора** (обмотка СН) - совокупность витков, в которых индуктируется электродвижущая сила, используемая для получения среднего напряжения автотрансформатора.
- **Обмотка низшего напряжения автотрансформатора** (обмотка НН) - совокупность витков, в которых индуктируется электродвижущая сила, используемая для получения низшего напряжения автотрансформатора.
- **Обмотка фазы** - одна из обмоток однофазного трансформатора или часть обмотки трехфазного или многофазного трансформатора, образующая ее фазу.
- **Обмотка стержня** - часть или целая обмотка высшего, среднего или низшего напряжения, расположенная на стержне трансформатора.
- Примечание. В автотрансформаторе под обмоткой стержня подразумевается общая или последовательная обмотка.
- **Концентрические обмотки** - обмотки стержня, изготовленные в виде цилиндров и концентрически расположенные на стержне магнитной системы (рис. [4](#), [5](#))

**Двухобмоточный трансформатор с  
концентрическими обмотками**

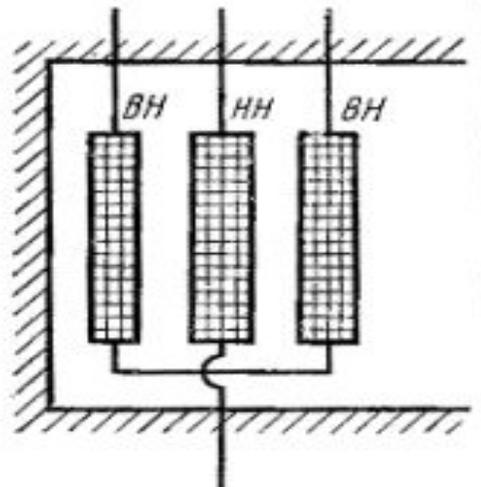
•



**Трехобмоточный трансформатор с  
концентрическими обмотками**

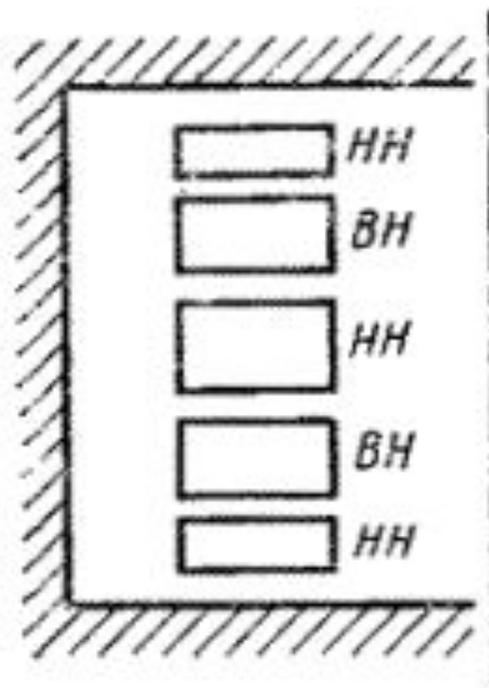


**Двойная концентрическая обмотка трансформатора**



- **Двойная концентрическая обмотка** - обмотка, состоящая из двух цилиндрических частей, расположенных на стержне магнитной системы концентрически с двух сторон другой обмотки (рис. [6](#)).
- **Чередующиеся обмотки** - обмотки высшего и низшего напряжения трансформатора, чередующиеся в осевом направлении стержня (рис.7)

Рис.7



- **Регулировочная обмотка (РО)** - отдельно выполненная часть обмотки трансформатора, имеющая ответвления, переключаемые при регулировании напряжения.
- **Обмотка грубого регулирования (РО грубая)** - отдельно выполненная часть регулировочной обмотки, напряжение между соседними ответвлениями которой равно сумме напряжений нескольких ступеней регулирования.
- **Обмотка тонкого регулирования (РО тонкая)** - отдельно выполненная часть регулировочной обмотки, имеющая ответвления, соответствующие каждой ступени регулирования.
- **Компенсационная обмотка (ко)** - вспомогательная обмотка, располагаемая на стержнях или ярмах с целью компенсации частей магнитного поля трансформатора.
- Примечание. Возможна, например, компенсация магнитодвижущей силы регулировочной обмотки, магнитного поля нулевой последовательности, поля третьей гармонической и др.

- **Группа соединения обмоток трансформатора** - угловое смещение векторов линейных электродвижущих сил обмоток (сторон) среднего и низшего напряжений по отношению к векторам соответствующих электродвижущих сил обмотки (стороны) высшего напряжения.
- **Нейтраль обмотки** - общая точка обмоток фаз трехфазного или многофазного трансформатора, соединяемых в «звезду» или «зигзаг».
- Примечание. В однофазном трансформаторе зажим обмотки, предназначенный для присоединения к общей точке при соединении обмоток трехфазной (многофазной) группы в «звезду» или «зигзаг».
- **Ответвление обмотки** - отвод, присоединенный к одному из витков и позволяющий использовать часть обмотки, заканчивающуюся этим витком.
- **Основное ответвление обмотки** - ответвление, на котором обмотка трансформатора имеет номинальную мощность при номинальном напряжении.
- **Положительное ответвление обмотки** - ответвление, так расположенное в обмотке, что при его включении увеличивается число витков с одинаковым направлением электродвижущей силы по сравнению с числом витков на основном ответвлении.
- **Отрицательное ответвление обмотки** - ответвление, так расположенное в обмотке, что при его включении уменьшается число витков с одинаковым направлением электродвижущей силы по сравнению с числом витков на основном ответвлении.

## ИЗОЛЯЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

- **Изоляция трансформатора** - совокупность изоляционных деталей и заполняющей трансформатор изоляционной среды, исключая замыкание металлических частей трансформатора, находящихся во время его работы под напряжением, с заземленными частями, а также частей, находящихся под разными потенциалами, между собой.
- **Внутренняя изоляция** - изоляция внутри бака трансформатора в масле или другом жидком диэлектрике (внутри бака герметичного трансформатора, заполненного воздухом или газом) или внутри заполняющего трансформатор твердого диэлектрика.
- Примечание. Основным признаком внутренней изоляции является практическая независимость ее электрической прочности от внешних атмосферных условий.
- **Внешняя изоляция** - изоляция в воздухе снаружи бака трансформатора.
- Примечания:
  - 1. Основным признаком внешней изоляции является зависимость ее электрической прочности от атмосферных условий.
  - 2. Внешняя изоляция в воздушном трансформаторе - изоляция вне пространства, ограниченного наружной цилиндрической поверхностью наружной обмотки и ближайшими к обмоткам поверхностями магнитной системы.
- **Междуфазная изоляция** - изоляция между обмотками разных фаз трансформатора.
- **Главная изоляция обмотки** - изоляция обмотки от частей остова и от других обмоток.

- **Продольная изоляция обмотки** - изоляция между разными точками обмотки фазы трансформатора.
- Примечание. Изоляция между разными точками обмотки фазы, например, между витками, слоями витков, катушками и т.п.
- **Концевая изоляция обмотки** - изоляционные конструкции и детали, служащие для изолирования торцевых частей обмоток от ярма, ярмовых балок и металлических прессующих колец.
- **Термический срок службы изоляции** - период работы от первого включения до полного износа изоляции под влиянием физико-химических факторов, прежде всего температуры, при изменяющихся нагрузке, напряжении и условиях охлаждения.
- **Номинальный термический срок службы изоляции** - термический срок службы при постоянной температуре наиболее нагретой точки изоляции, равной допустимой температуре для данного изоляционного материала.

## ОТДЕЛЬНЫЕ ЧАСТИ ТРАНСФОРМАТОРА

- **Активная часть трансформатора** - единая конструкция, включающая в собранном виде остов трансформатора, обмотки с их изоляцией, отводы, части регулирующего устройства, а также все детали, служащие для их механического соединения.
- Примечание. В некоторых типах трансформаторов с активной частью могут быть конструктивно связаны крышка бака и вводы.
- **Активные материалы трансформатора** - электротехническая сталь или другой ферромагнитный материал, из которого изготовлена магнитная система, а также металл обмоток и отводов трансформатора.
- **Остов** - единая конструкция, включающая в собранном виде магнитную систему со всеми деталями, служащими для ее соединения и для крепления обмоток.
- **Отводы** - совокупность электрических проводников, служащих для соединения обмоток трансформатора с вводами, устройствами переключения ответвлений обмоток и другими токоведущими частями.
- **Контактный зажим трансформатора** - контактный зажим, имеющий гальваническую связь с обмотками и предназначенный для присоединения трансформатора к внешней цепи.

- **Бак трансформатора** – бак, в котором размещается активная часть трансформатора или трансформаторного агрегата с жидким диэлектриком, газо- или кварцenaполненного.
- **Бак колокольного типа** - бак, имеющий вблизи дна разъем, позволяющий отделить и поднять верхнюю часть бака без подъема активной части трансформатора.
- **Герметичный бак** - бак, имеющий уплотнения, практически исключающие сообщение между внутренним объемом бака и окружающей атмосферой.
- Примечание. При наличии расширителя герметизация относится и к внутреннему объему расширителя.
- **Расширитель** - сосуд, соединенный с баком трубопроводом и служащий для локализации колебаний уровня жидкого диэлектрика.
- **Воздухоосушитель** - сосуд, сообщающийся с одной стороны с внутренним объемом воздуха в расширителе или баке трансформатора, а с другой - с атмосферным воздухом, предназначенный для отделения влаги из воздуха, поступающего в расширитель или бак трансформатора.

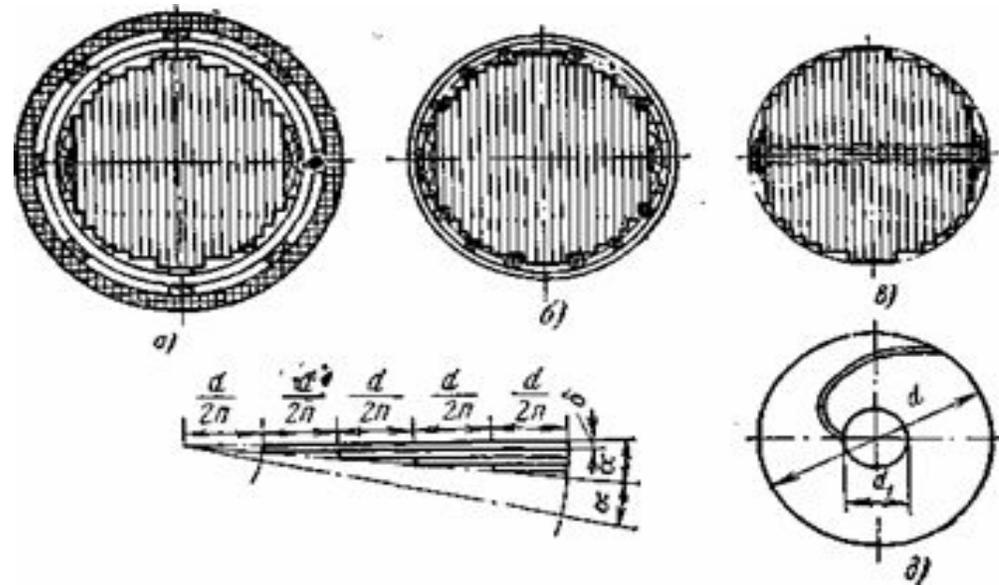
- **Маслоуказатель** - указатель уровня масла или другого жидкого диэлектрика в трансформаторе или его расширителе.
- **Термосифонный фильтр** - сосуд, сообщающийся двумя патрубками с внутренним объемом бака в верхней и нижней его части, заполненный веществом, служащим для очистки масла или другого жидкого диэлектрика от продуктов окисления и для поглощения влаги.
- **Кожух трансформатора** - оболочка воздушного трансформатора, защищающая его активную часть от попадания посторонних предметов, но допускающая свободный доступ к ней охлаждающего воздуха.
- **Устройство регулирования напряжения трансформатора(трансформаторного агрегата)** - устройство, предназначенное для регулирования напряжения трансформатора (трансформаторного агрегата) и включающее все необходимые для этого аппараты, механизмы и составные части, за исключением регулировочных обмоток.
- **Устройство переключения ответвлений обмоток** - устройство, предназначенное для изменения соединений ответвлений обмоток между собой или с вводом.

- **Устройство переключения ответвлений обмоток без возбуждения** (устройство ПБВ) - устройство, предназначенное для изменения соединений ответвлений обмоток при невозбужденном трансформаторе.
- **Устройство регулирования напряжения трансформатора под нагрузкой** (устройство РПН) - устройство регулирования, предназначенное для регулирования напряжения без перерыва нагрузки и без отключения обмоток трансформатора от сети.
- **Переключатель ответвлений обмотки** - контактное устройство, служащее для переключения ответвлений обмотки в трансформаторе, переключаемом без возбуждения.
- **Избиратель ответвлений** - часть устройства регулирования под нагрузкой, предназначенная для выбора нужного ответвления обмотки перед переключением и для длительного пропускания тока.
- Примечание. Избиратель ответвлений не служит для изменения и отключения тока.

- **Контактор устройства регулирования напряжения под нагрузкой** - часть устройства регулирования напряжения под нагрузкой, предназначенная для изменения и отключения тока в цепях переключающего устройства, предварительно подготовленных к этому избирателем.
- **Система охлаждения** - совокупность теплообменников или элементов системы охлаждения, устройств, предназначенных для ускорения движения теплоносителя и (или) охлаждающей среды, контрольных и измерительных приборов, служащая для отвода тепла, выделяющегося в трансформаторе в охлаждающую среду.
- **Охладитель** - теплообменник, в котором происходит передача тепла от теплоносителя, заполняющего бак трансформатора и принудительно циркулирующего через теплообменник, воздуху или воде, движение которых также принудительно ускоряется.
- **Радиатор трансформатора** - теплообменник, в котором происходит передача тепла от теплоносителя, заполняющего бак трансформатора и движущегося путем естественной конвекции, воздуху, охлаждающему трансформатор.

## ДЕТАЛИ КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ ЧАСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРА МАГНИТНАЯ СИСТЕМА

- **Стержень (ярмо) с плоской шихтовкой** - стержень (ярмо) магнитной системы, в котором плоские пластины различной или одинаковой ширины расположены так, что плоскости всех пластин параллельны.
- **Стержень с радиальной шихтовкой** - стержень стыковой магнитной системы, в котором плоские пластины разной ширины расположены в поперечном сечении стержня практически в радиальных направлениях.
- **Стержень с эвольвентной шихтовкой** - стержень стыковой магнитной системы, в котором пластины одной ширины изогнуты и расположены так, что в поперечном сечении они имеют форму эвольвенты и в совокупности образуют практически круговой цилиндр.



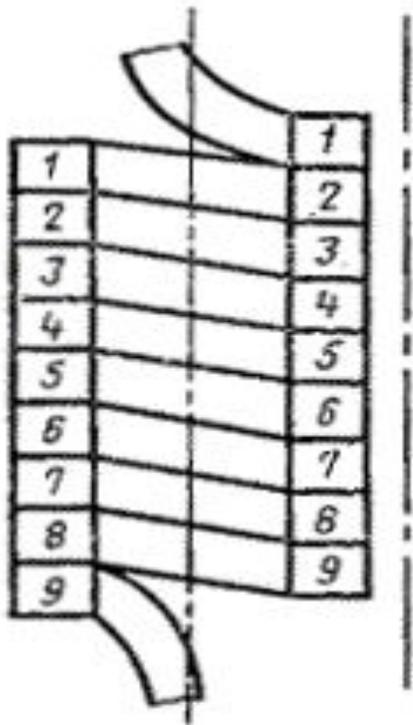
- **Ступенчатое сечение стержня** - поперечное сечение стержня, собранного из двух или более пакетов пластин разной ширины, имеющее форму ступенчатой фигуры, вписанной в окружность или овал.
- **Круглое сечение стержня** - поперечное сечение стержня с радиальной или эвольвентной шихтовкой, практически имеющее форму круга.
- **Пластина магнитной системы** - пластина из электротехнической стали или другого ферромагнитного материала, являющаяся элементом магнитной системы трансформатора.
- Примечание. В некоторых конструкциях магнитных систем пластина при сборке может подвергаться изгибу по заданному профилю.
- **Пакет пластин** - стопка пластин одного размера в стержне или ярме магнитной системы.
- Примечание. Пакет может состоять из двух частей, разделенных каналом.
- **Число ступеней в стержне (ярме)** - число пакетов пластин в половине поперечного сечения стержня (ярма) магнитной системы с плоской шихтовкой.
- Примечание. Аналогично определяется число ступеней в навитой магнитной системе.

- **Коэффициент заполнения круга** - отношение площади поперечного сечения стержня к площади круга с диаметром, равным диаметру стержня трансформатора.
- Примечание. При наличии в сечении стержня каналов площадь поперечного сечения каналов не включается в площадь поперечного сечения стержня.
- **Коэффициент заполнения сечения стержня (ярма)** - отношение активного сечения стержня (ярма) к площади его поперечного сечения.
- **Коэффициент заполнения сталью** - отношение активного сечения стержня к площади круга с диаметром, равным диаметру стержня трансформатора.
- Примечание. Коэффициент заполнения сталью равен произведению коэффициента заполнения круга и коэффициента заполнения сечения стержня.
- **Окно магнитной системы** - пространство, ограниченное ближайшими поверхностями двух соседних стержней и двух торцевых ярм или поверхностями стержня, двух торцевых частей и боковой части бокового ярма.
- **Высота окна магнитной системы** - Расстояние между двумя торцевыми ярмами, измеренное по линии, параллельной продольной оси стержня (рис. [1](#)).

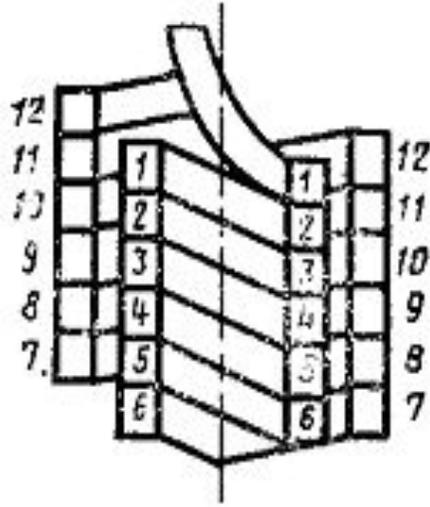
- **Ширина окна магнитной системы** - расстояние между ближайшими поверхностями двух соседних стержней или стержня и бокового ярма, измеренное по линии, перпендикулярной их продольным осям (рис. [1](#)).
- **Коэффициент заполнения окна магнитной системы** - отношение суммарной площади поперечного сечения металла всех витков всех обмоток в окне магнитной системы к площади окна.
- **Ярмовая прессующая балка** - балка, служащая в магнитной системе для прессовки ярма и в качестве торцевой опоры, для обмоток или только для прессовки ярма.
- **Угол магнитной системы** - часть магнитной системы, ограниченная объемом, образованным пересечением боковых поверхностей или их продолжений одного из ярм и одного из стержней (рис. [1](#)).
- **Стык магнитной системы** - место сочленения пластин стержня и ярма в шихтованной магнитной системе или пакетов пластин стержня и ярма в стыковой магнитной системе.
- **Прямой стык магнитной системы** - стык магнитной системы, при котором пластины сохраняют прямоугольную форму.
- **Косой стык магнитной системы** - стык магнитной системы, при котором пластины (пакеты) в месте сочленения срезаны под углом, близким к  $45^\circ$  к продольной оси пластины.
- **Изоляция пластин (лент) магнитной системы** - слой изоляционного материала, наносимый на поверхность пластины (ленты) или образуемый на ее поверхности.

## ДЕТАЛИ КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ ЧАСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРА ОБМОТКИ

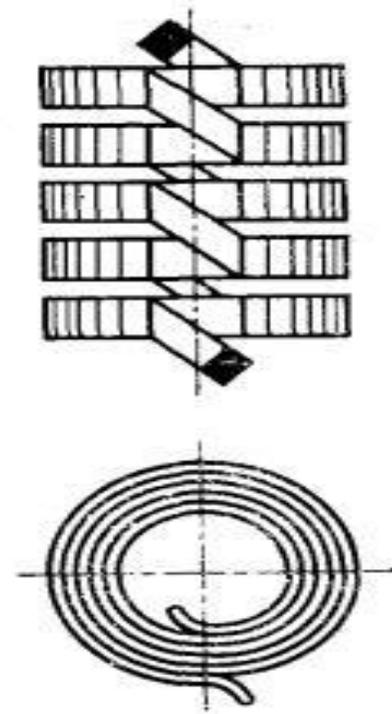
- **Слой обмотки** - ряд витков от одного и более, расположенных на одной цилиндрической поверхности.
- **Катушка обмотки** - группа последовательно соединенных витков более одного витка, конструктивно объединенная и отделенная от других таких групп или обмоток.



**Простая цилиндрическая обмотка** - обмотка, сечение витка которой состоит из сечений одного или нескольких параллельных проводов, а витки и все их параллельные провода расположены в один ряд (слой) без интервалов на цилиндрической поверхности в ее осевом направлении.

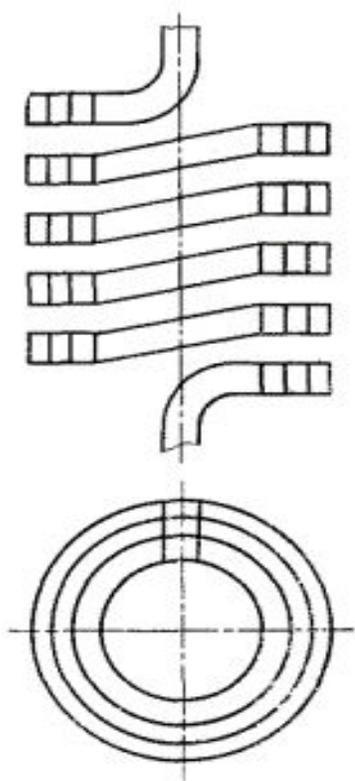


**Двухслойная цилиндрическая  
обмотка трансформатора**

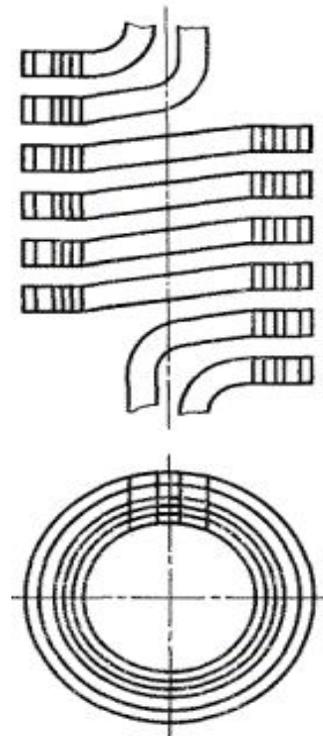


**Непрерывная обмотка трансформатора**

- **Двухслойная (многослойная) цилиндрическая обмотка** - обмотка, состоящая из двух (или более) concentrically расположенных простых цилиндрических обмоток (слоев).
- **Катушечная обмотка** - обмотка, состоящая из ряда катушек, расположенных в осевом направлении обмотки.
- **Непрерывная катушечная обмотка** - катушечная обмотка, намотанная непрерывным проводом в виде плоских спиралей из одного провода или нескольких параллельных проводов.
- **Многослойная цилиндрическая катушечная обмотка** - катушечная обмотка, каждая катушка которой представляет собой многослойную цилиндрическую обмотку.



**Одноходовая винтовая обмотка**



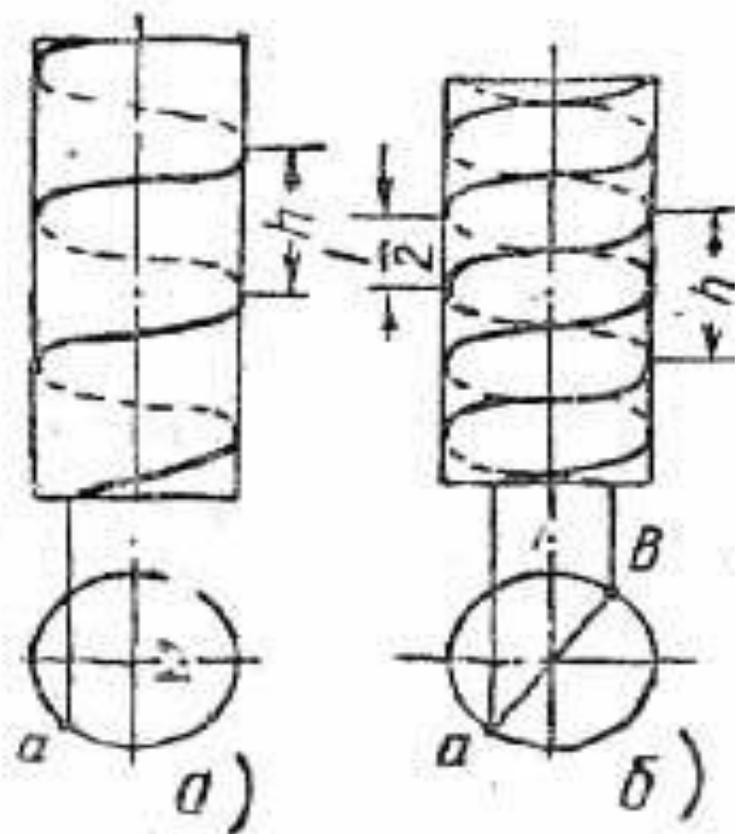
**Двухходовая винтовая обмотка**

### **Одноходовая винтовая обмотка**

Обмотка, витки которой следуют один за другим в осевом направлении по винтовой линии, а сечение каждого витка образовано сечениями нескольких параллельных проводов прямоугольного сечения, расположенными в один ряд в радиальном направлении обмотки

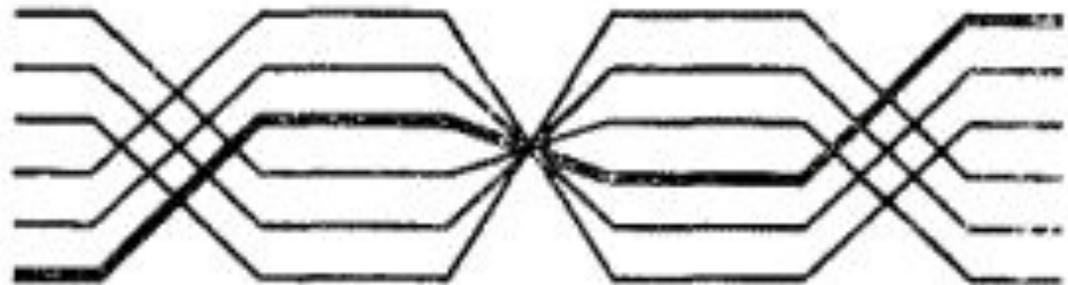
### **Двухходовая (многоходовая) винтовая обмотка**

Обмотка, состоящая из двух или более одноходовых обмоток, взаимно расположенных подобно ходам резьбы двухходового (многоходового) винта.



Фиг. 87. Одно- и двух-  
ходовая винтовые линии.

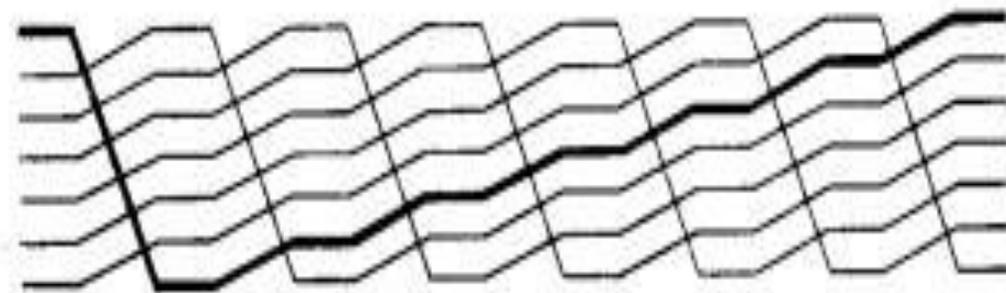
- **Транспозиция проводов обмотки** - изменение взаимного расположения параллельных проводов в сечении витка обмотки с целью уравнивания распределения тока между ними.
- **Сосредоточенная транспозиция проводов обмотки** - транспозиция проводов обмотки, сосредоточенная в нескольких местах в осевом направлении, при числе мест меньшем, чем число параллельных проводов без одного.
- **Групповая транспозиция проводов обмотки** - сосредоточенная транспозиция, при которой все параллельные провода делятся на две или более группы и изменяется взаимное расположение этих групп без изменения расположения проводов в группе.
- **Общая транспозиция проводов обмотки** - сосредоточенная транспозиция, при которой изменяется взаимное расположение всех параллельных проводов.
- **Равномерно распределенная транспозиция проводов обмотки** - транспозиция параллельных проводов в винтовой или катушечной обмотке, выполняемая путем изменения расположения всех проводов в ряде мест, равномерно распределенных в осевом направлении обмотки, при числе мест не меньше числа параллельных проводов или катушек без одного.



*Групповая  
транспозиция*

*Общая  
транспозиция*

*Групповая  
транспозиция*



**Равномерно распределенная транспозиция  
проводов обмотки трансформатора**

## **Виды транспозиции**

## ПАРАМЕТРЫ ТРАНСФОРМАТОРА

- **Напряжение короткого замыкания пары обмоток трансформатора** (напряжение КЗ) - приведенное к расчетной температуре линейное напряжение, которое нужно подвести при номинальной частоте к линейным зажимам одной из обмоток пары, чтобы в этой обмотке установился ток, соответствующий меньшей из номинальных мощностей обмоток пары при замкнутой накоротко второй обмотке пары и остальных основных обмотках, не замкнутых на внешние цепи.
- **Коэффициент трансформации** - отношение напряжений на зажимах двух обмоток в режиме холостого хода.
- Примечания:
  - 1. Для двух обмоток силового трансформатора, расположенных на одном стержне, коэффициент трансформации принимается равным отношению чисел их витков
  - 2. В трехфазном (многофазном) трансформаторе коэффициенты трансформации для фазных и междуфазных напряжений могут быть различными
  - 3. В двухобмоточном трансформаторе коэффициент трансформации равен отношению высшего напряжения к низшему; трехобмоточный трансформатор имеет три коэффициента трансформации - высшего и низшего, высшего и среднего, среднего и низшего напряжений

- **Значение ступени регулирования напряжения** - наименьшая разность напряжений, получаемая при регулировании.
- **Диапазон регулирования напряжения** - разность максимального и минимального напряжения обмотки, получаемых при регулировании.
- **Ток холостого хода трансформатора** - ток первичной основной обмотки трансформатора в режиме холостого хода и номинальном синусоидальном напряжении номинальной частоты на ее зажимах.
- Примечание. У трехфазного и многофазного трансформатора током холостого хода считается среднее арифметическое токов всех фаз.
- **Ток короткого замыкания трансформатора** - ток в обмотке трансформатора при испытаниях на стойкость при коротком замыкании в одной из сетей, присоединенных к зажимам трансформатора.
- **Установившийся ток короткого замыкания** - действующее значение тока короткого замыкания, определяемое без учета свободного тока при неизменном напряжении на зажимах первичной обмотки трансформатора.
- **Наибольший установившийся ток короткого замыкания** - установившийся ток короткого замыкания трансформатора, определяемый с учетом регламентированного реактивного сопротивления питающей сети, на который трансформатор должен быть рассчитан.

- **Ударный ток короткого замыкания** - наибольшее мгновенное значение тока короткого замыкания, определяемое как сумма мгновенных значений вынужденного тока и свободного тока в процессе короткого замыкания.
- **Наибольший ударный ток короткого замыкания** - ударный ток короткого замыкания при наибольшем вынужденном токе и наибольшем возможном или установленном нормативным документом свободном токе.
- **Кратность установившегося тока короткого замыкания** - отношение установившегося тока короткого замыкания трансформатора к номинальному току.
- **Ударный коэффициент тока короткого замыкания** - отношение ударного тока короткого замыкания к амплитуде наибольшего установившегося тока короткого замыкания.
- **Циркулирующий ток в устройстве регулирования напряжения под нагрузкой** - ток, протекающий в контуре, содержащем часть обмотки между двумя ответвлениями и токоограничивающий резистор или обмотку реактора, под воздействием напряжения между двумя ответвлениями в процессе переключения.

- **Типовая мощность трансформатора** - полусумма мощностей всех частей обмоток трансформатора.
- Примечание. Мощностью части обмотки является произведение наибольшего длительно допустимого в этой части тока на наибольшее длительно допустимое напряжение этой части.
- **Мощность обмотки трансформатора** - полная мощность, подводимая к этой обмотке от внешней цепи или отводимая от нее во внешнюю цепь.
- **Электромагнитная мощность автотрансформатора** - мощность, передаваемая автотрансформатором из одной сети в другую посредством электромагнитной индукции, равная мощности общей или последовательной обмотки автотрансформатора.
- **Электрическая мощность автотрансформатора** - мощность, непосредственно передаваемая автотрансформатором из одной сети в другую электрическим путем благодаря гальванической связи между соответствующими обмотками, равная произведению напряжения общей обмотки на ток последовательной обмотки автотрансформатора и коэффициент, учитывающий число фаз.
- **Проходная мощность автотрансформатора** - мощность, передаваемая автотрансформатором из одной сети в другую, равная сумме его электромагнитной и электрической мощностей.

- **Потери трансформатора** - активная мощность, расходуемая в магнитной системе, обмотках и других частях трансформатора при различных режимах работы.
- **Потери холостого хода** - потери, возникающие в трансформаторе в режиме холостого хода при номинальном напряжении и номинальной частоте.
- **Магнитные потери** - потери, возникающие в магнитной системе трансформатора в режиме холостого хода при номинальном напряжении и номинальной частоте.
- **Потери короткого замыкания пары обмоток** - приведенные к расчетной температуре потери, возникающие в трансформаторе при номинальной частоте при установлении в одной из обмоток тока, соответствующего меньшей из номинальных мощностей обмоток этой пары, при замкнутой накоротко второй обмотке пары и остальных основных обмотках, не замкнутых на внешние цепи.
- **Потери короткого замыкания** - потери короткого замыкания пары обмоток для двухобмоточного и три значения потерь короткого замыкания для трех пар обмоток: высшего и низшего, высшего и среднего, среднего и низшего напряжений - для трехобмоточного трансформатора.

- **Основные потери в токоведущих частях** - потери в обмотках и других токоведущих частях трансформатора, определяемые током данной обмотки или токоведущей части и ее электрическим сопротивлением, измеренным при постоянном токе.
- **Добавочные потери в токоведущих частях** - потери от токов, наведенных полем рассеяния в токоведущих частях трансформатора.
- **Добавочные потери в элементах конструкций** - потери от гистерезиса и вихревых токов, возникающие в металлических деталях трансформатора от воздействия поля рассеяния.
- Примечание. В добавочные потери в элементах конструкции трансформатора не входят потери от вихревых токов и гистерезиса в активных материалах.
- **Суммарные потери трансформатора** - сумма потерь холостого хода и потерь короткого замыкания трансформатора.
- Примечание. Для трехобмоточного трансформатора за потери короткого замыкания принимается наибольшее из трех значений потерь.
- **Относительные потери** - отношение потерь холостого хода, потерь короткого замыкания или суммарных потерь трансформатора к его номинальной мощности.

- **Стойкость трансформатора при коротком замыкании** - способность трансформатора при включении на любом ответвлении выдерживать без повреждений внешние короткие замыкания.
- **Электродинамическая стойкость трансформатора при коротком замыкании** - способность трансформатора выдерживать без повреждений динамические воздействия, возникающие при внешнем коротком замыкании.
- **Термическая стойкость трансформатора при коротком замыкании** - способность трансформатора выдерживать без повреждений термические воздействия, возникающие при внешнем коротком замыкании.

## НОМИНАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ТРАНСФОРМАТОРА

- **Номинальные данные трансформатора** - указанные изготовителем параметры трансформатора (например, частота, мощность, напряжение, ток), обеспечивающие его работу в условиях, установленных нормативным документом и являющиеся основой для определения условий изготовления, испытаний, эксплуатации.
- **Номинальная мощность обмотки (ответвления обмотки)** - указанное на паспортной табличке трансформатора значение полной мощности на основном (данном) ответвлении, гарантированное изготовителем в номинальных условиях места установки и охлаждающей среды при номинальной частоте и номинальном напряжении обмотки (ответвления).
- Примечание. Если на паспортной табличке трансформатора указаны несколько мощностей, соответствующих различным способам охлаждения, то за номинальную принимается наибольшая из этих мощностей.
- **Номинальная мощность двухобмоточного трансформатора** - номинальная мощность каждой из обмоток трансформатора.
- Примечание. В трансформаторе с расщепленной обмоткой номинальная мощность - это мощность нерасщепленной обмотки или равная ей суммарная мощность частей расщепленной обмотки.
- **Номинальная мощность трехобмоточного трансформатора** - наибольшая из номинальных мощностей отдельных обмоток трансформатора.

- **Номинальная мощность автотрансформатора** - номинальная проходная мощность обмоток, имеющих общую часть.
- Примечание. Под обмотками понимаются обмотки высшего и низшего напряжения в двухобмоточном и обмотки высшего и среднего напряжения в трехобмоточном автотрансформаторе.
- **Номинальная частота трансформатора** - частота, на которую рассчитан трансформатор, указанная на паспортной табличке.
- **Номинальное напряжение обмотки трансформатора** - указанное на паспортной табличке напряжение между зажимами трансформатора, связанными с обмоткой, при холостом ходе трансформатора.
- Примечание. Для обмотки, снабженной ответвлениями, номинальным считается напряжение основного ответвления.
- **Номинальный ток обмотки** - ток, определяемый по номинальной мощности обмотки, ее номинальному напряжению и множителю, учитывающему число фаз.
- **Расчетная температура обмотки** - средняя условная температура обмотки, к которой должны быть приведены потери и напряжение короткого замыкания трансформатора, установленная нормативным документом.