



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



ОБОРУДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Типы генераторов и их параметры

- Основным элементом электрической станции, в котором происходит преобразование механической энергии первичного двигателя в электрическую энергию, является электрический генератор.
На современных электростанциях применяются почти исключительно трехфазные генераторы переменного тока. В зависимости от типа первичного двигателя они подразделяются на турбо- и гидрогенераторы

История возникновения

- Михаил Осипович Доливо-Добровольский - русский электротехник польского происхождения, один из создателей техники трёхфазного переменного тока, немецкий предприниматель. Творческая и инженерная деятельность М. О. Доливо-Добровольского была направлена на решение задач, с которыми неизбежно бы столкнулись при широком использовании электроэнергии. Работа в этом направлении, на основе полученного Николой Теслой трёхфазного тока, в необычайно короткий срок привела к разработке трёхфазной электрической системы и совершенной, в принципе, не изменившейся до настоящего времени конструкции асинхронного электродвигателя. Таким образом, были получены токи с разностью фаз 120° , была найдена связанная трёхфазная система, отличительной особенностью которой являлось использование для передачи и распределения электроэнергии только трёх проводов.

Устройство генератора трехфазного тока

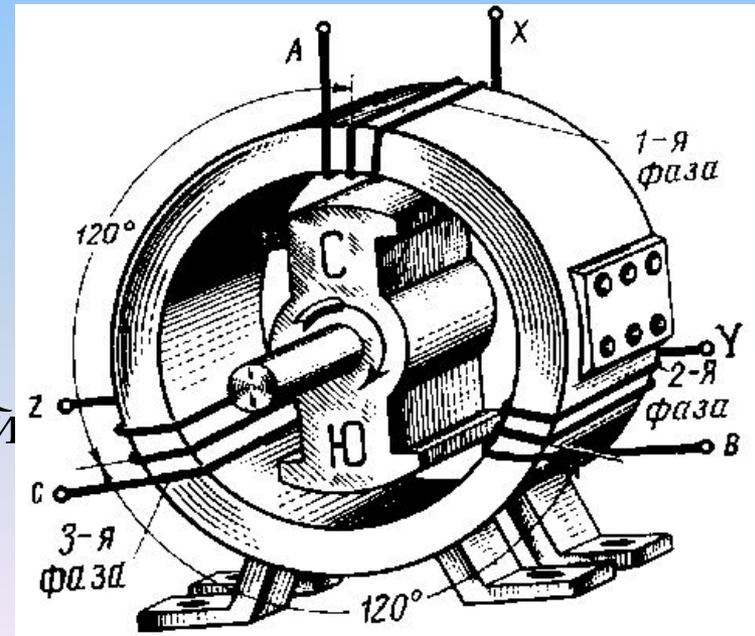
- ▣ Принцип действия генератора основан на явлении электромагнитной индукции - возникновении электрического напряжения в обмотке статора, находящейся в переменном магнитном поле. Оно создается с помощью вращающегося электромагнита - ротора при прохождении по его обмотке постоянного тока.

- Первый генератор электрического тока, основанный на явлении электромагнитной индукции, был построен в 1832 г.
- Генератор был снабжен устройством для выпрямления тока. Стремясь повысить мощность электрических машин, изобретатели увеличивали число магнитов и катушек. Одной из таких машин, построенной в 1843 г., был генератор Эмиля Штерера.
- У этой машины было три сильных подвижных магнита и шесть катушек, вращавшихся от рук вокруг вертикальной оси. Таким образом, на первом этапе развития электромагнитных генераторов тока (до 1851 г.) для получения магнитного поля применяли постоянные магниты
- На втором этапе (1851 – 1867 гг.) создавались генераторы, у которых для увеличения мощности постоянные магниты были заменены электромагнитами. Их обмотка питалась током от самостоятельного небольшого генератора тока с постоянными магнитами. Подобная машина была создана англичанином Генри Уальдом в 1863 г.
- В 1866 – 1867 гг. ряд изобретателей получили патенты на машины с самовозбуждением.
- В 1870 г. бельгиец Зеноб Грамм, работавший во Франции, создал генератор, получивший широкое применение в промышленности.

Основные элементы:

- Индуктором в генераторе трехфазного тока служит электромагнит, обмотка которого питается постоянным током. Индуктором является ротор, якорь генератора – статором

В пазах статора расположены три независимые электрич. обмотки, сдвинутые в пространстве на 120° . При вращении ротора с угл. скоростью возникает ЭДС индукции, изменяющ. по гармоническому закону с частотой ω . Вследствие сдвига обмоток в пространстве фазы колебаний сдвинуты на $2\pi/3$ и $4\pi/3$.





Турбина генератора электрического тока первой гидроэлектростанции на Южном

© Body / Фотобанк Лори



lori.ru/2675646

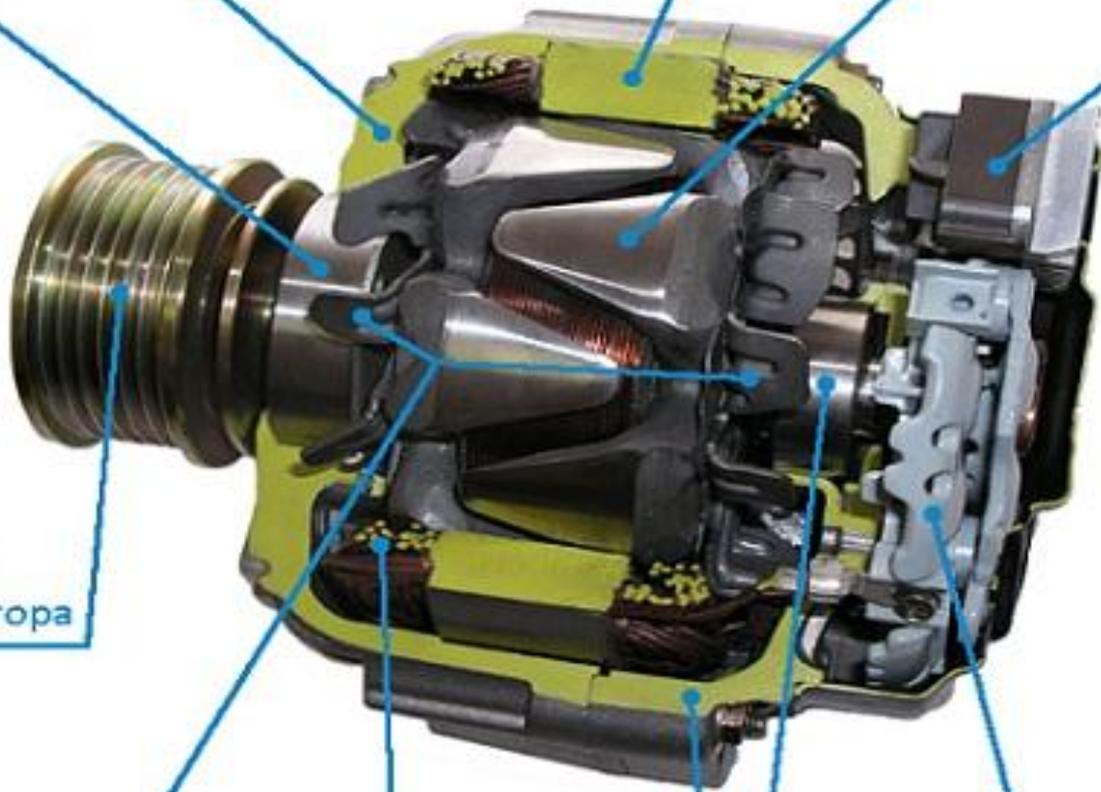
Подшипник
передний

Корпус
передняя часть

Статор
генератора

Ротор
генератора

Реле-регулятор



Шкив
генератора

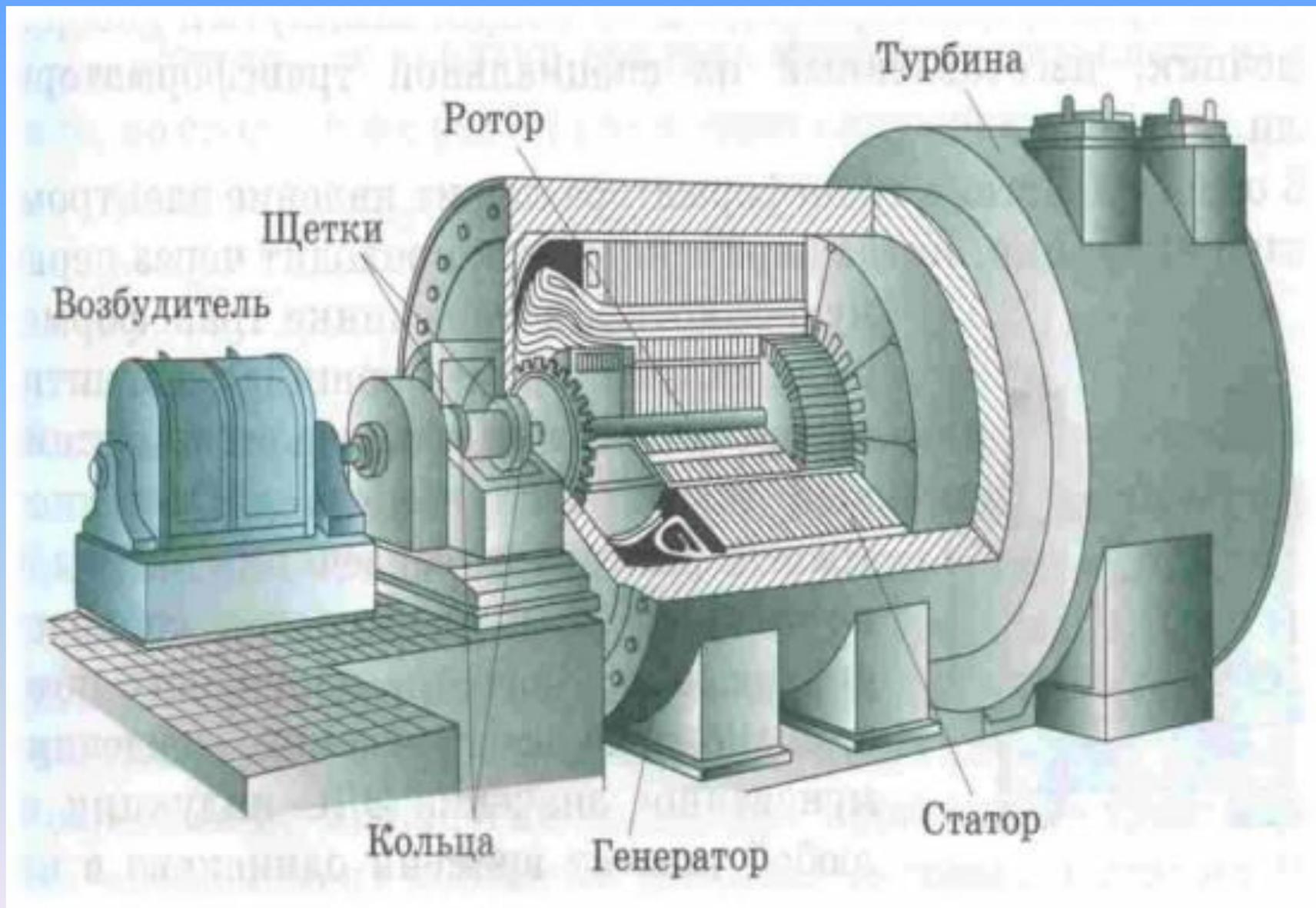
Крыльчатка
ротора

Статорная
обмотка

Корпус
задняя часть

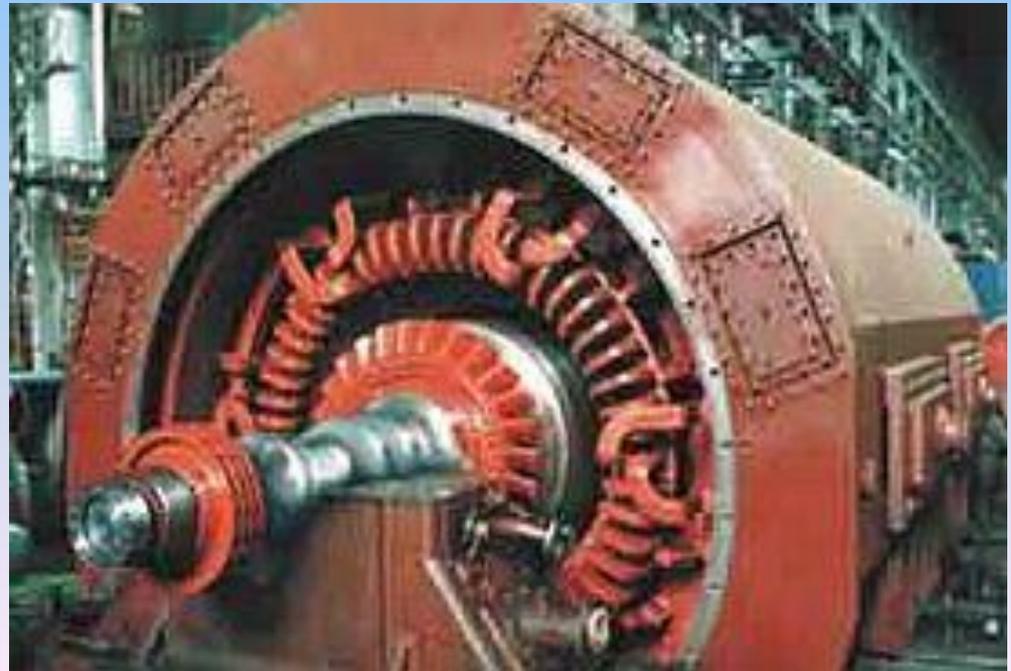
Подшипник
задний

Диодный мост



Турбогенераторы

- работающий в паре с турбиной синхронный генератор. Основная функция в преобразовании механической энергии вращения паровой или газовой турбины в электрическую.



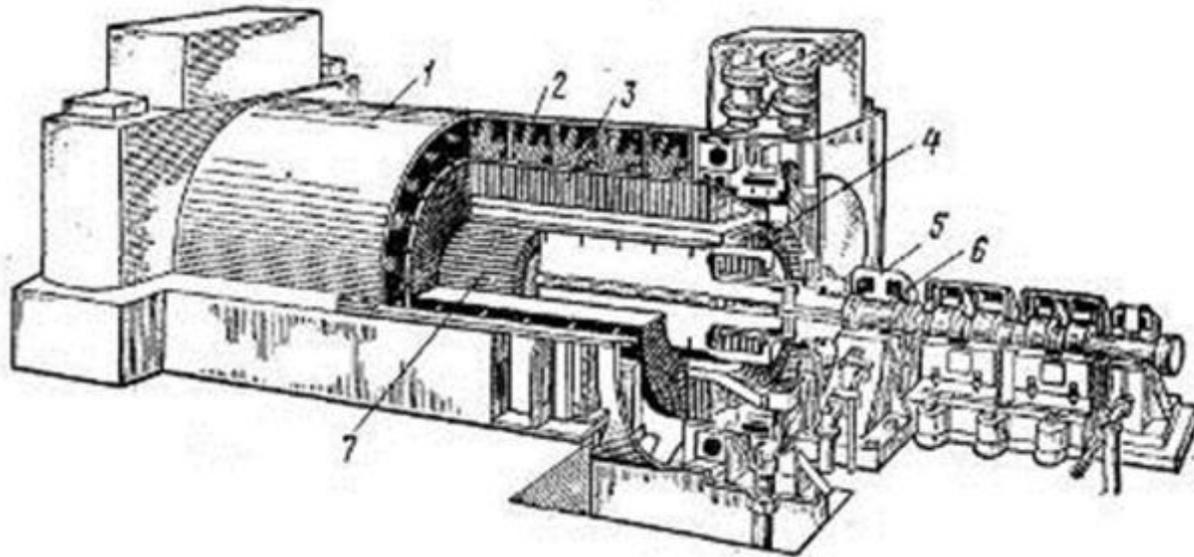
Конструкция турбогенератора

- Генератор состоит из двух ключевых компонентов - статора и ротора. Но каждый из них содержит большое число систем и элементов. Ротор - вращающийся компонент генератора и на него воздействуют динамические механические нагрузки, а также электромагнитные и термические. Статор – стационарный компонент турбогенератора, но он также подвержен воздействию существенных динамических нагрузок – вибрационных и крутящих, а также электромагнитных, термических и высоковольтных.

Типы турбогенераторов

- В зависимости от системы охлаждения турбогенераторы подразделяются на несколько типов: с воздушным, масляным, водородным и водяным охлаждением. Также существуют комбинированные типы, например, генераторы с водородно-водяным охлаждением.

- 1 – корпус, 2 – камеры для сбора и распределения охлаждающего газа, 3 – статор, 4 – обмотка статора, 5 – подшипник, 6 – вал, 7 – ротор



- **Турбогенератор с водородно-водяным охлаждением серии ТВВ**

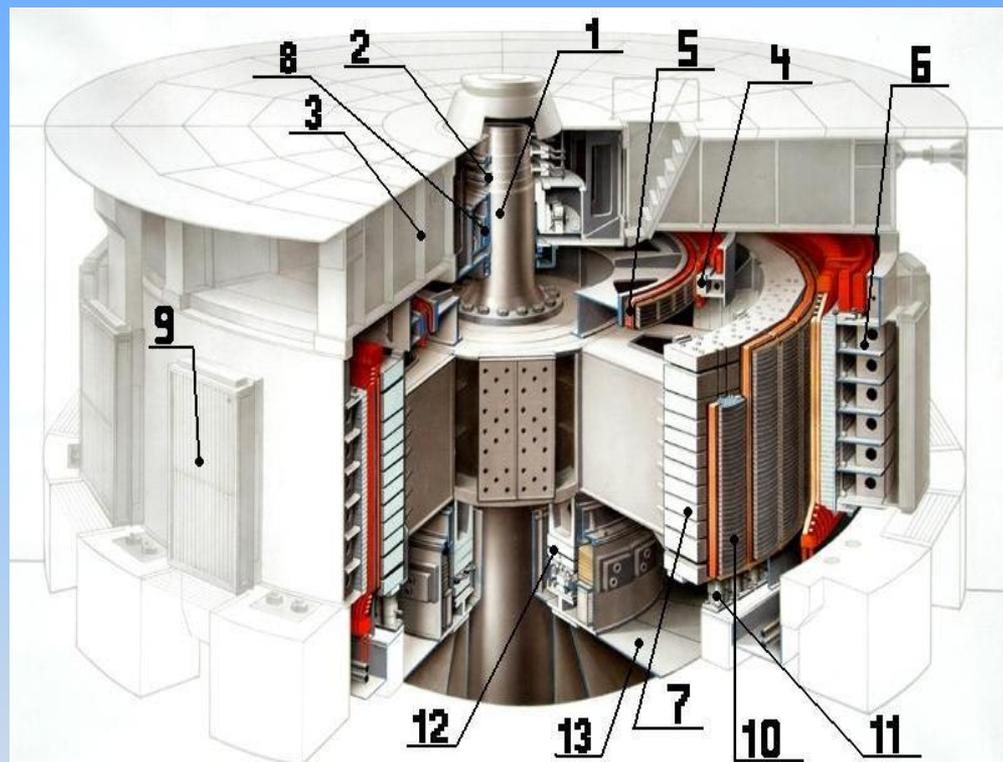
Турбогенераторы подразделяются:

- ▣ По мощности: 1) 2,5-32 МВт 2) 60-320 МВт 3) свыше 500 МВт
- По частоте вращения:
- 1) четырех-полюсные (на частоту вращения 1500 и 1800 об/мин)
 - 2) двухполюсные (на частоту вращения 3000 и 3600 об/мин)

Гидрогенератор

- **Гидрогенератор** — электрическая машина, предназначенная для выработки электроэнергии на гидроэлектростанции
- Обычно гидрогенератор представляет собой синхронную явнополюсную электрическую машину вертикального исполнения, приводимую во вращение от гидротурбины, хотя существуют и гидрогенераторы горизонтального исполнения (в том числе капсульные гидрогенераторы).

- 1 - вал
- 2 - щеточный аппарат
- 3 - крестовина
- 4 - статор вспомогательного генератора
- 5 - ротор вспомогательного генератора
- 6 - статор главного генератора
- 7 - Ротор главного генератора
- 8 - подшипник генераторный в масляной ванне
- 9 - воздухоохладители
- 10 - обмотка статора главного генератора
- 11 - тормозные колодки
- 12 - подпятник в масляной ванне
- 13 - крышка турбины



Вертикальные гидрогенераторы

- Вертикальные гидрогенераторы обычно состоят из следующих основных частей: статор, ротор, верхняя крестовина, нижняя крестовина, подпятник (упорный подшипник, который воспринимает вертикальную нагрузку от вращающихся частей гидрогенератора и гидротурбины), направляющие подшипники. По особенностям конструкции гидрогенераторы подразделяются на подвесные и зонтичные. У подвесных гидрогенераторов подпятник располагается над ротором в верхней крестовине, у зонтичных подпятник располагается под ротором в нижней крестовине или опирается на крышку турбины (в этом случае верхняя крестовина у гидрогенератора отсутствует).

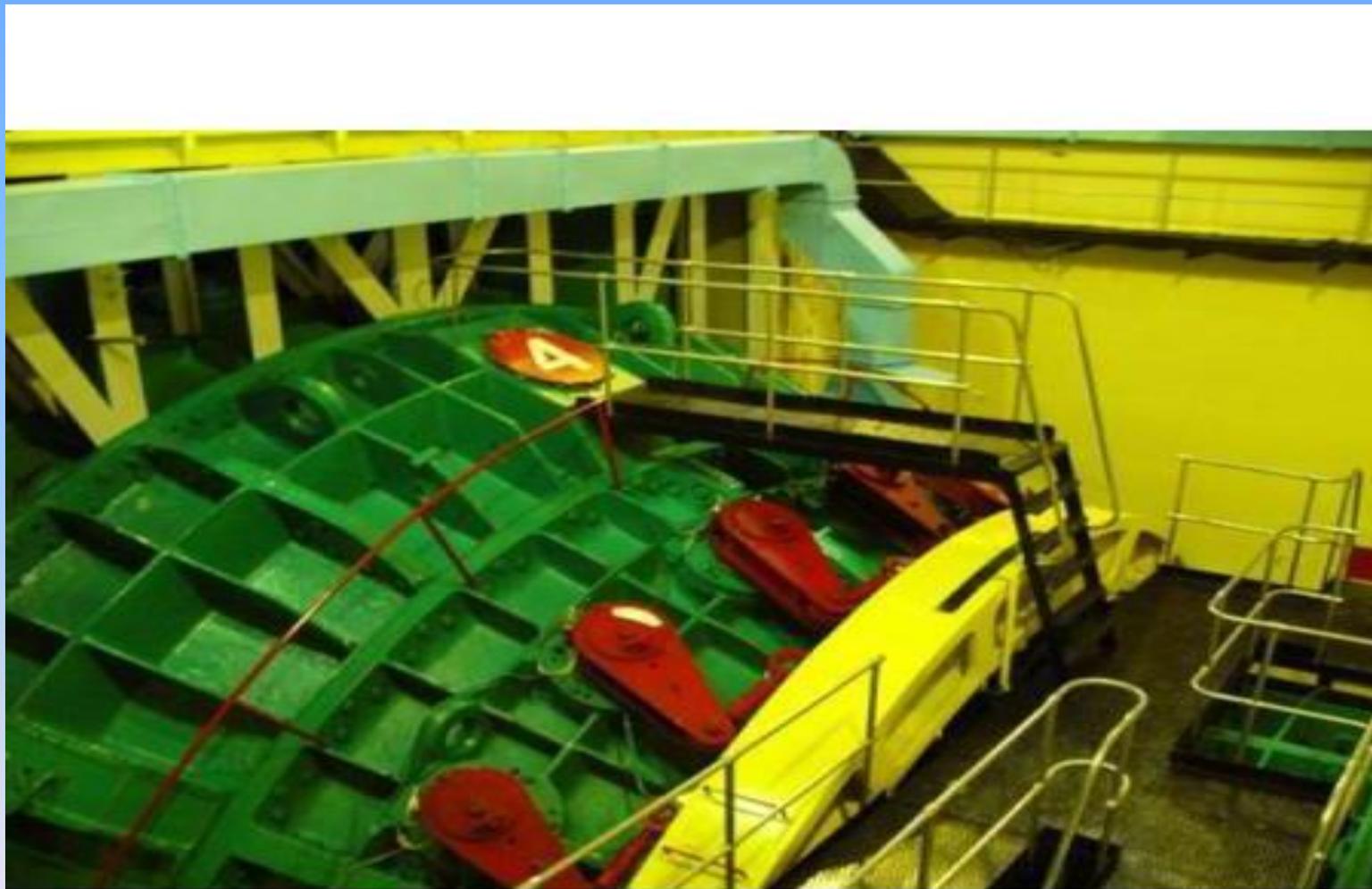
Вертикальный гидрогенератор



Горизонтальные гидрогенераторы

- Горизонтальные капсульные гидрогенераторы представляют собой часть герметичной капсулы, содержащей помимо гидрогенератора гидротурбину и системы обеспечения. Капсула помещается непосредственно в проточную часть гидроэлектростанции.
- На гидроаккумулирующих электростанциях используются обратимые гидрогенераторы (гидрогенераторы-двигатели), которые могут как вырабатывать электрическую энергию, так и потреблять ее. От обычных гидрогенераторов они отличаются особой конструкцией подпятника, позволяющей ротору вращаться в обе стороны.

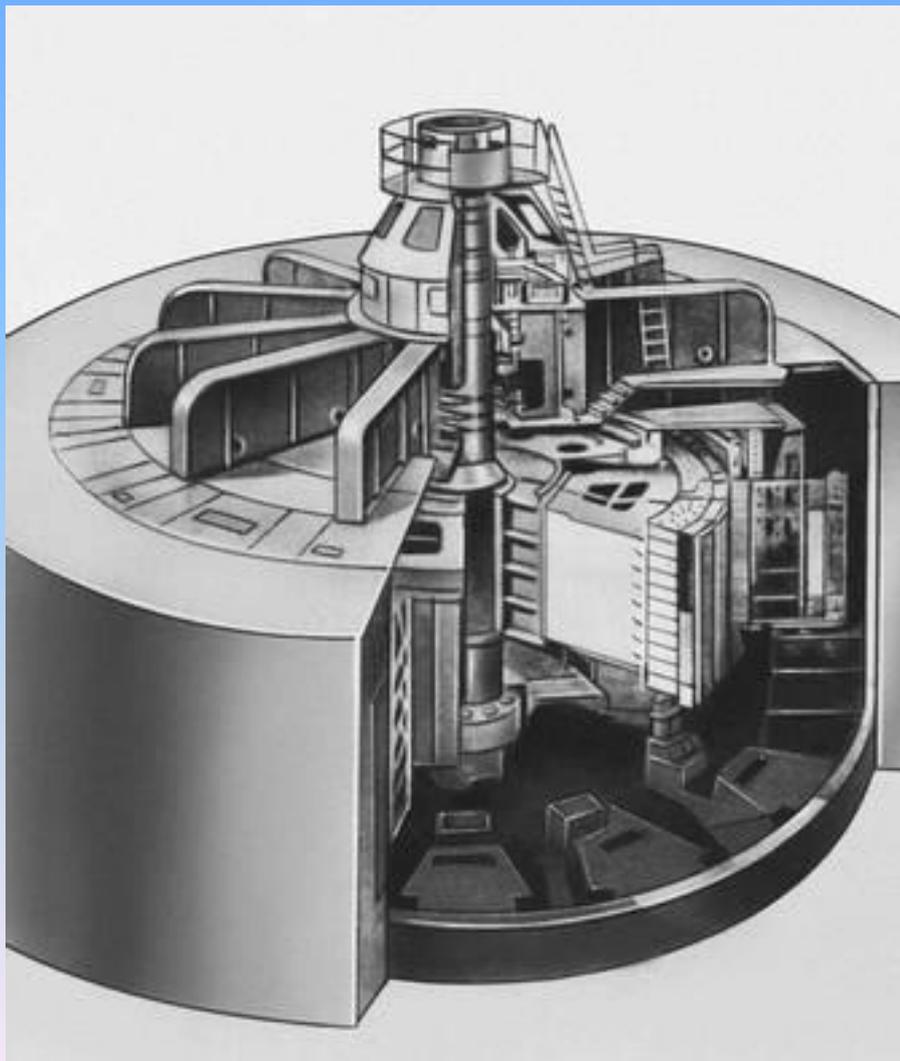
Горизонтальный гидрогенератор



электрооборудование можно условно разделить на три группы по рабочему напряжению

- ▣ оборудование генераторного напряжения (6,3 – 15,7 кВ)
- ▣ оборудование повышенного напряжения (35 – 750 кВ)
- ▣ оборудование пониженного напряжения (0,38 – 6,3 кВ)

Электрооборудование



Гидрогенератор – это электрическая машина, преобразующая механическую энергию вращения в электрическую

Открытое распределительное устройство



Трансформатор



Что такое трансформатор?

Трансформатор -статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанных обмоток и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока.



История развития трансформатора.

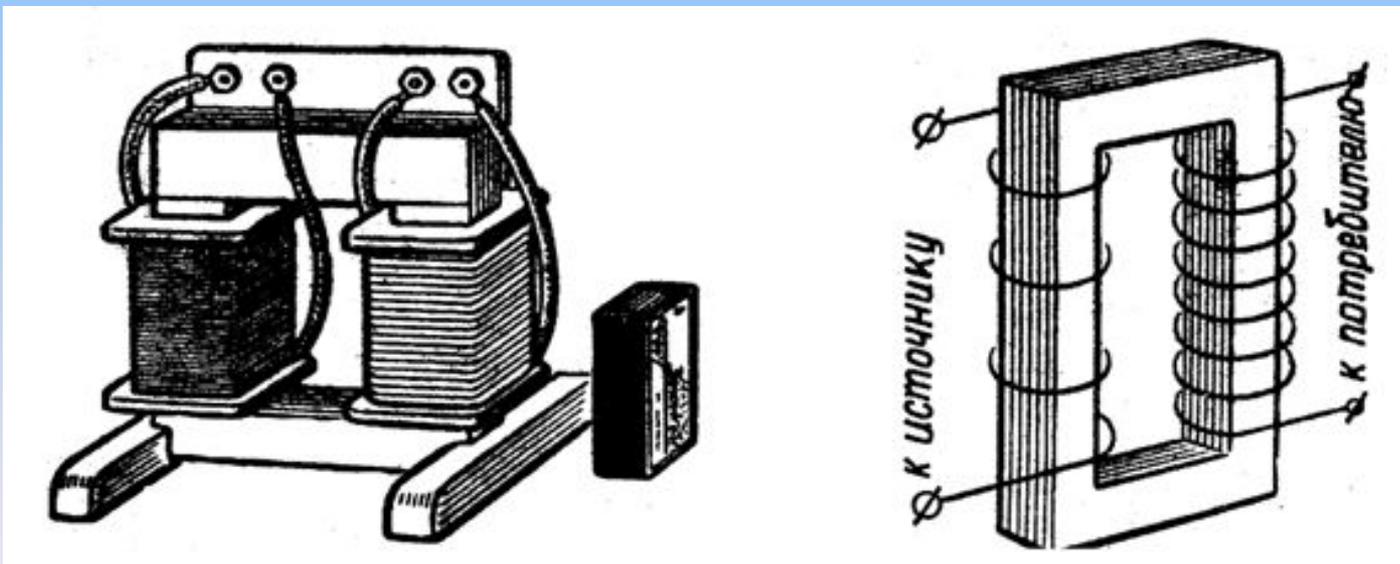
Изобретателем трансформатора является русский ученый П.Н.Яблочков. В 1876г. Яблочков использовал индукционную катушку с двумя обмотками в качестве трансформатора для питания изобретенных им электрических свечей.



В 1889г. русский электротехник М. О. Доливо - Добровольский предложил трехфазную систему переменного тока, построил первый трехфазный асинхронный двигатель и первый трехфазный трансформатор. На электротехнической выставке во Франкфурте-на-Майне в 1891 г. Доливо- Добровольский продемонстрировал опытную высоковольтную электропередачу трехфазного тока протяженностью 175км.; трехфазный генератор имел мощность 230 кВт при напряжении 95В.

Первый трансформатор

Первый трансформатор был изобретен в 1878 году русским ученым П.Н.Яблочковым и усовершенствован в 1882 году другим русским ученым И.Ф.Усагиным.



Виды трансформаторов, их значение

- ▣ Выделяют следующие виды трансформаторов:
- ▣ **Силовой трансформатор** - трансформатор, предназначенный для преобразования электрической энергии в электрических сетях и в установках, предназначенных для приёма и использования электрической энергии.
- ▣ **Автотрансформатор** - вариант трансформатора, в котором первичная и вторичная обмотки соединены напрямую, и имеют за счёт этого не только электромагнитную связь, но и электрическую.



Виды трансформаторов, их значение

- **Трансформатор тока** - трансформатор, питающийся от источника тока. Типичное применение - для снижения первичного тока до величины, используемой в цепях измерения, защиты, управления и сигнализации.
- **Трансформатор напряжения** - трансформатор, питающийся от источника напряжения. Типичное применение - преобразование высокого напряжения в низкое в цепях, в измерительных цепях и цепях РЗА. Применение трансформатора напряжения позволяет изолировать логические цепи защиты и цепи измерения от цепи высокого напряжения.



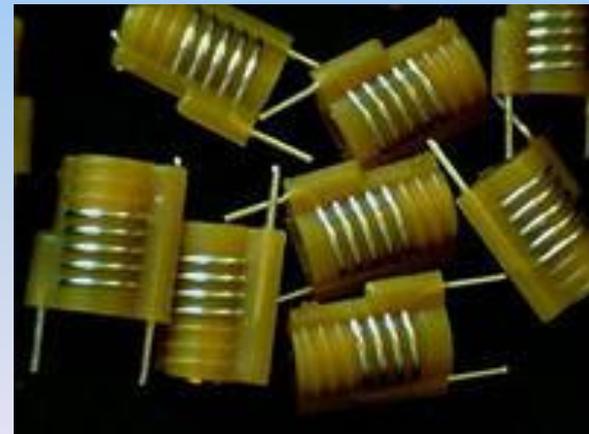
Виды трансформаторов, их значение

- ▣ **Импульсный трансформатор** - это трансформатор, предназначенный для преобразования импульсных сигналов с длительностью импульса до десятков микросекунд с минимальным искажением формы импульса. Основное применение заключается в передаче прямоугольного электрического импульса (максимально крутой фронт и срез, относительно постоянная амплитуда).
- ▣ **Разделительный трансформатор** - трансформатор, первичная обмотка которого электрически не связана со вторичными обмотками. Силовые разделительные трансформаторы предназначены для повышения безопасности электросетей, при случайных одновременных прикосновениях к земле и токоведущим частям или нетокведущим частям, которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения изоляции.



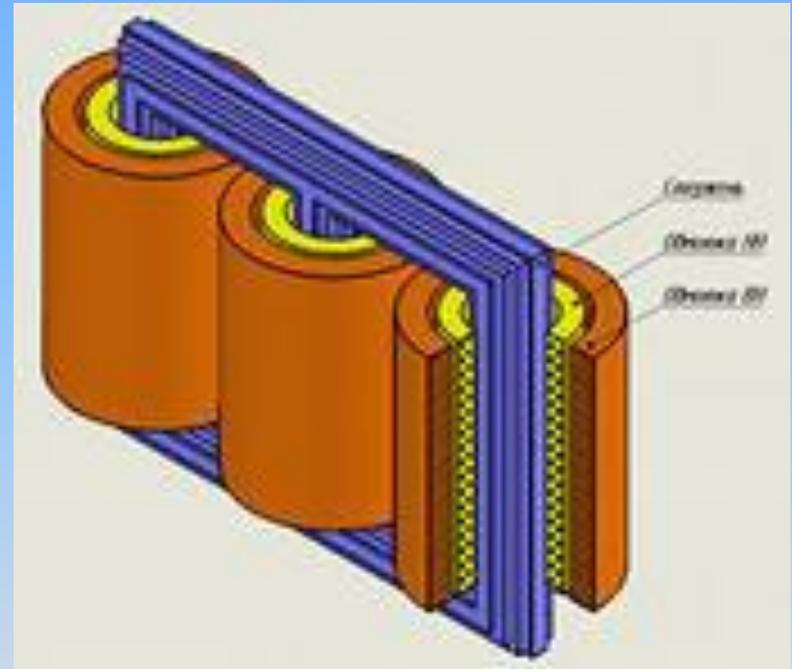
Виды трансформаторов, их значение

- ▣ **Пик-трансформатор** - трансформатор, преобразующий напряжение синусоидальной формы в импульсное напряжение с изменяющейся через каждые полпериода полярностью.
- ▣ **Сдвоенный дроссель** (встречный индуктивный фильтр) - конструктивно является трансформатором с двумя одинаковыми обмотками. Сдвоенные дроссели получили широкое распространение в качестве входных фильтров блоков питания; в дифференциальных сигнальных фильтрах цифровых линий, а также в звуковой технике.



Виды трансформаторов, их значение

- **Трансфлюксор** - разновидность трансформатора, используемая для хранения информации. Основное отличие от обычного трансформатора - это большая величина остаточной намагниченности магнитопровода. Иными словами трансфлюксоры могут выполнять роль элементов памяти. Помимо этого трансфлюксоры часто снабжались дополнительными обмотками, обеспечивающими начальное намагничивание и задающими режимы их работы. Эта особенность позволяла (в сочетании с другими элементами) строить на трансфлюксорах управляемых генераторов, элементов сравнения и искусственных нейронов.



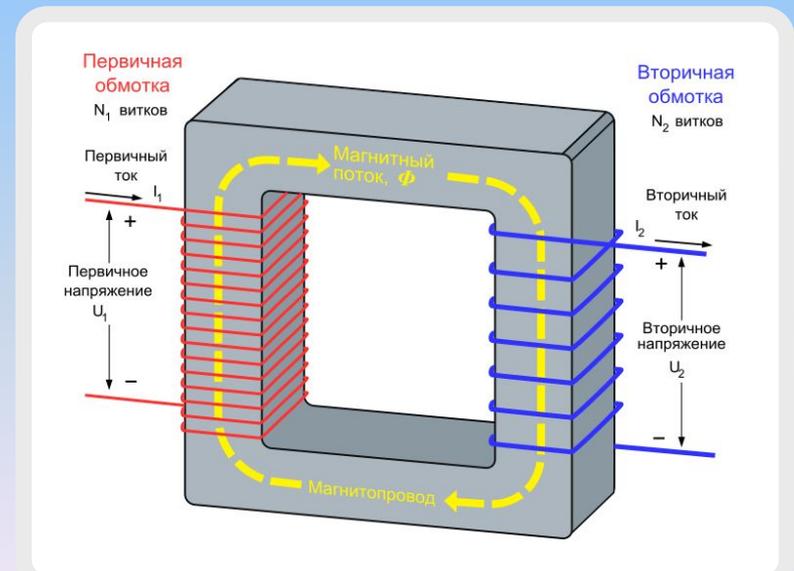
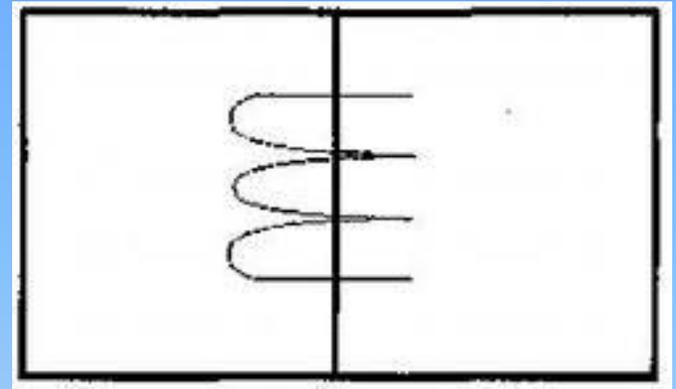
Основные части конструкции трансформатора

- Основными частями конструкции трансформатора являются: магнитная система (магнитопровод); обмотки; система охлаждения.
- Магнитная система (магнитопровод) трансформатора - комплект элементов (чаще всего пластин) электротехнической стали или другого ферромагнитного материала, собранных в определённой геометрической форме, предназначенный для локализации в нём основного магнитного поля трансформатора.



Основные части конструкции трансформатора

- Часть магнитной системы, на которой располагаются основные обмотки трансформатора, называется – **стержень**. Часть магнитной системы трансформатора, не несущая основных обмоток и служащая для замыкания магнитной цепи, называется – **ярмо**.
- **Обмотка** - совокупность витков, образующих электрическую цепь, в которой суммируются ЭДС, наведённые в витках. Основным элементом обмотки является виток - электрический проводник



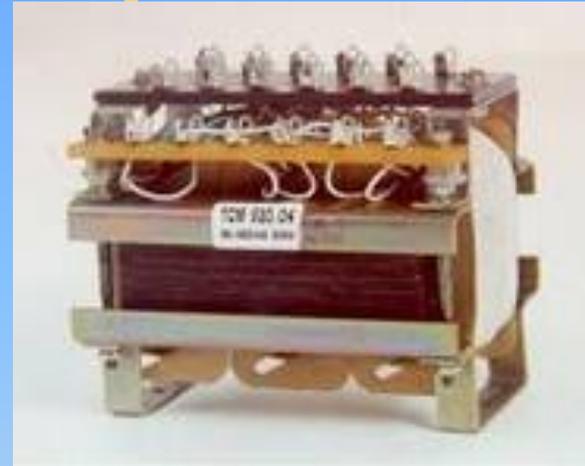
Примеры использования трансформаторов

- Наиболее часто трансформаторы применяются в электросетях и в источниках питания различных приборов.
- Поскольку потери на нагревание провода пропорциональны квадрату тока, проходящего через провод, при передаче электроэнергии на большое расстояние выгодно использовать очень большие напряжения и небольшие токи.



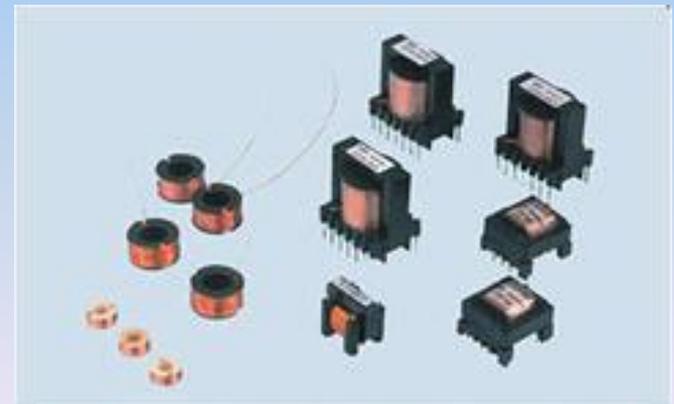
Примеры использования трансформаторов

- Поскольку в электрической сети три фазы, для преобразования напряжения применяют **трёхфазные трансформаторы**, или группу из трёх однофазных трансформаторов, соединённых в схему звезды или треугольника.
- В схемах питания современных радиотехнических и электронных устройств (например в блоках питания персональных компьютеров) широко применяются **высокочастотные импульсные трансформаторы**.



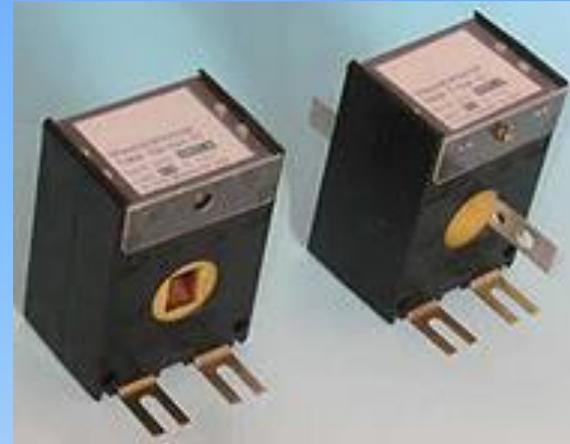
Примеры использования трансформаторов

- ▣ **Разделительные трансформаторы** (трансформаторная гальваническая развязка). Нейтральный провод электросети может иметь контакт с «землёй», поэтому при одновременном касании человеком фазового провода (а также корпуса прибора с плохой изоляцией) и заземлённого предмета тело человека замыкает электрическую цепь, что создаёт угрозу поражения электрическим током.
- ▣ **Импульсные трансформаторы (ИТ)**. Основное применение заключается в передаче прямоугольного электрического импульса (максимально крутой фронт и срез, относительно постоянная амплитуда). Он служит для трансформации кратковременных видеоимпульсов напряжения, обычно периодически повторяющихся с высокой скважностью.



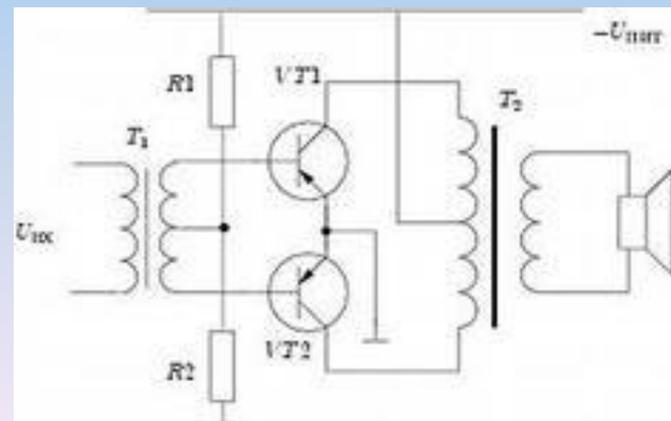
Примеры использования трансформаторов

- **Измерительные трансформаторы.** Применяют для измерения очень больших или очень маленьких переменных напряжений и токов в цепях РЗиА.
- **Измерительно-силовые трансформаторы.** Имеют широкое применение в схемах генераторов переменного тока малой и средней мощности (до мегаватта), например, в дизель-генераторах. Такой трансформатор представляет собой измерительный трансформатор тока с первичной обмоткой, включённой последовательно с нагрузкой генератора.



Примеры использования трансформаторов

- **Согласующие трансформаторы** применяются для подключения низкоомной нагрузки к каскадам электронных устройств, имеющим высокое входное или выходное сопротивление.
- **Фазоинвертирующие трансформаторы.** До появления широко доступных транзисторов с n-p-n типом проводимости фазоинвертирующие трансформаторы применялись в двухтактных выходных каскадах усилителей, для подачи противоположных по



Некоторые аббревиатуры трансформаторов.



ТМГ



НАМИТ-10-2 УХЛ2



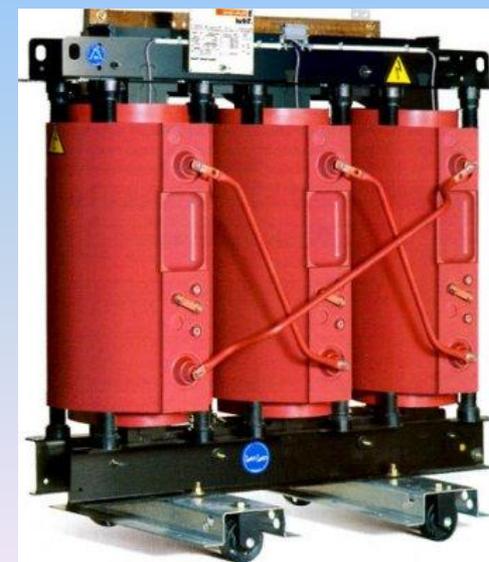
ТМЖ



ТМ



КТП



СУХОЙ ТРАНСФОРМАТОР

Современное состояние, тенденции развития трансформаторостроения

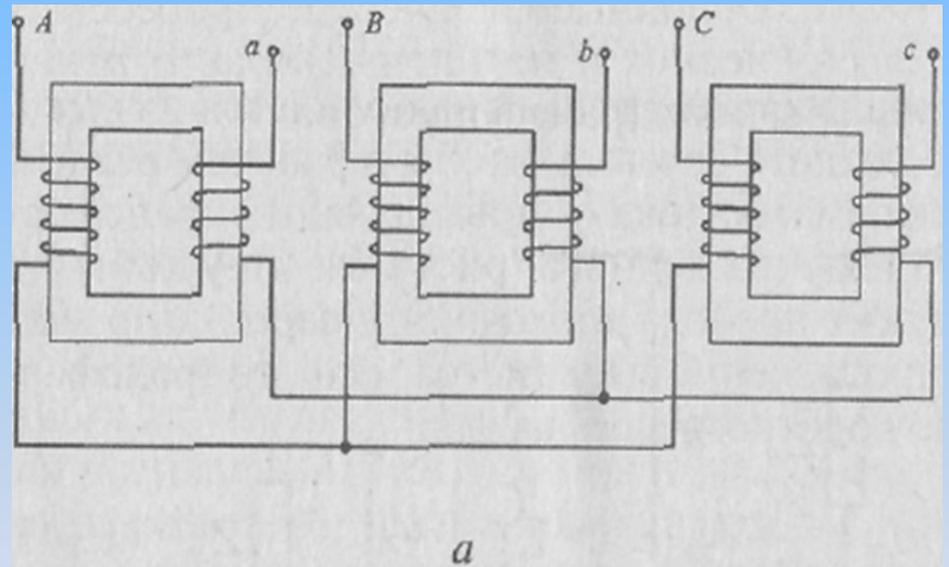
- Направления совершенствования силовых трансформаторов характеризуются изменением ряда технических показателей и совершенствованием элементов конструкции.
- Одна из существенных задач — уменьшение потерь энергии в трансформаторах, т.е. потерь холостого хода и короткого замыкания.
- Для обеспечения экономичной работы сетей и надлежащего качества энергии, отпускаемой потребителям, т.е. для поддержания постоянства напряжения, возникает необходимость в расширении выпуска трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН).

Современное состояние, тенденции развития трансформаторостроения

- Разработанные в трансформаторостроении методы исследования поля рассеяния трансформаторов и создание точных методов анализа распределения поля рассеяния и вызываемых ими электродинамических сил, действующих на обмотки при коротком замыкании, позволяют обеспечить электродинамическую стойкость и надежность силовых трансформаторов мощностью 250 – 1000 МВ А и более.
- Исследование поля рассеяния трансформаторов имеет целью также обеспечить определенную организацию и локализацию этого поля за счет рационального размещения обмоток и применения магнитных экранов, что позволяет существенно уменьшить добавочные потери в обмотках и конструктивных деталях трансформатора.



Трехфазный трансформатор



- В отношении конструкции магнитной цепи трехфазные трансформаторы разделяются на стержневые и броневые
- Стержневые трехфазные трансформаторы подразделяются на:
 - а) трансформаторы с симметричной магнитной цепью и
 - б) трансформаторы с несимметричной магнитной цепью.



Стержневые трехфазные трансформаторы

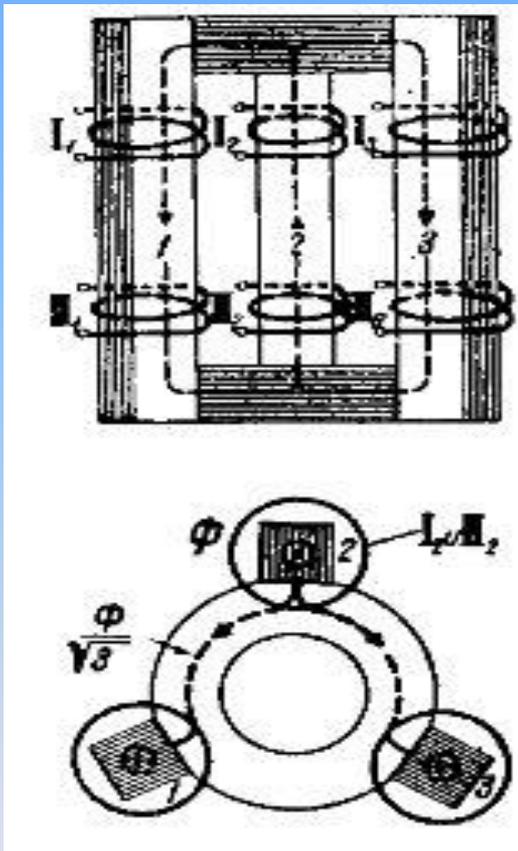


Рисунок 1

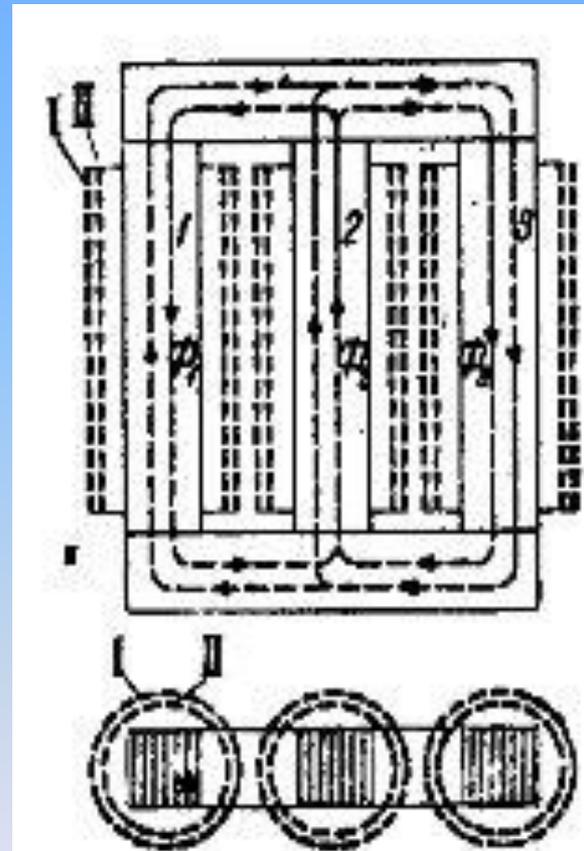
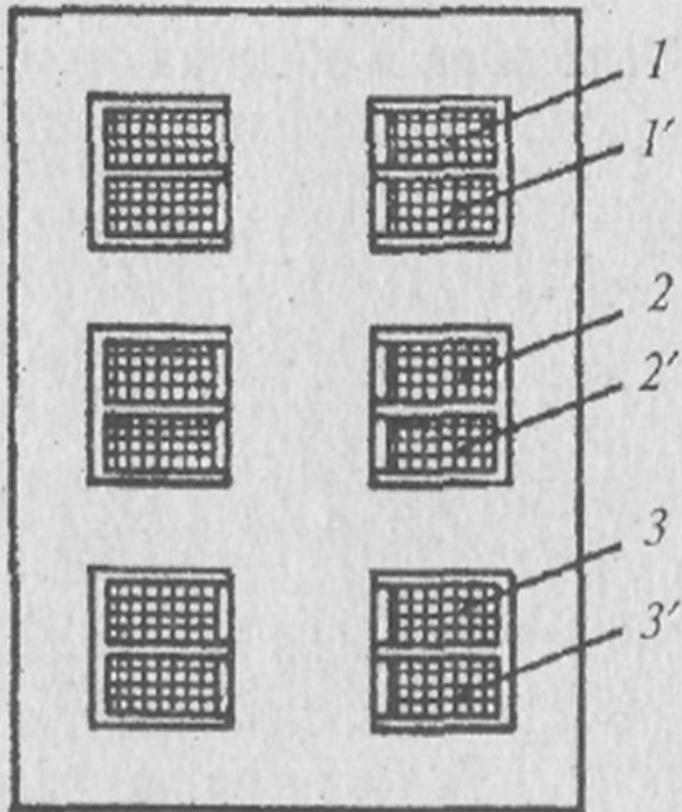


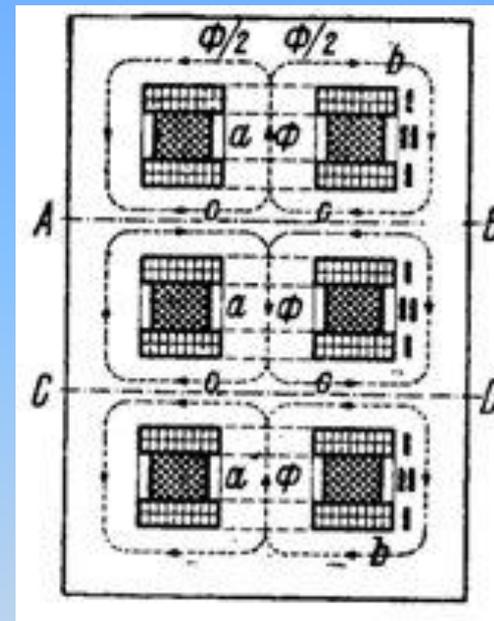
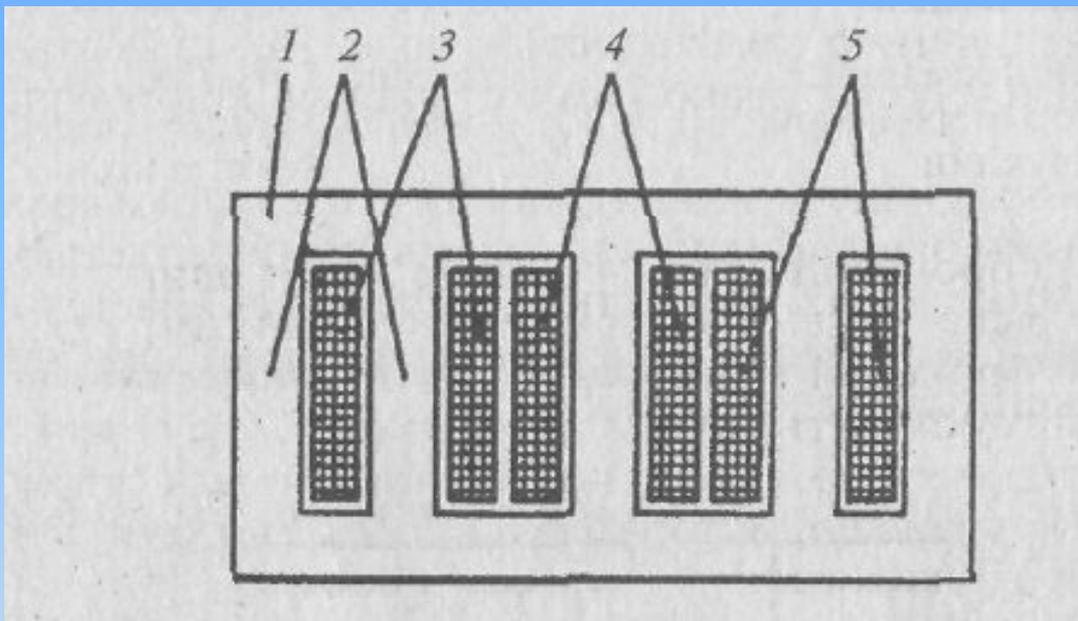
Рисунок 2

Трехфазный броневой трансформатор



- Трехфазный броневой трансформатор получается из трех однофазных, если их поставить друг на друга. При такой конструкции потоки в ярмах равны половине потока в стержнях.
- 1, 2, 3 — обмотки НН фаз А, В, С;
- 1', 2', 3' — обмотки ВН фаз А, В, С.

Трехфазный бронестержневой трансформатор



- 1 – ярма; 2 – стержни; 3, 4, 5 – обмотки фаз высшего и низших напряжений А, В, С

Рисунок 3