

Лекция № 4.

Основное оборудование электрических станций. Общие сведения

План:

- 1. Общие сведения;**
- 2. Паровые котлы;**
- 3. Турбины;**
- 4. Синхронные генераторы;**
- 5. Силовые трансформаторы;**

Основное оборудование электрических станций. Общие сведения

Основное оборудование электрических станций включает в себя паровые котлы (для тепловых электрических станций), турбины, генераторы и трансформаторы.

В этом разделе предоставлена информация о применении, разновидностях, конструктивных схемах и особенностях основного оборудования электростанций.

Котлы паровые

Паровые котлы применяются на ЭС для создания пара (рабочего тела), которое вращает турбины, и соответственно для получения электрической энергии.

Паровые котлы разделяются на два типа – **барабанные и прямоточные**. В нашей стране на ТЭС применяются *в основном* котлы барабанного типа.

Прямоточные котлы.

Отличаются от барабанных отсутствием барабана, процесс парообразования идет без циркуляции воды. Пароводяная смесь из экранных труб переходит сразу в пароперегреватели окончательно превращаясь в пар с последующим перегревом.

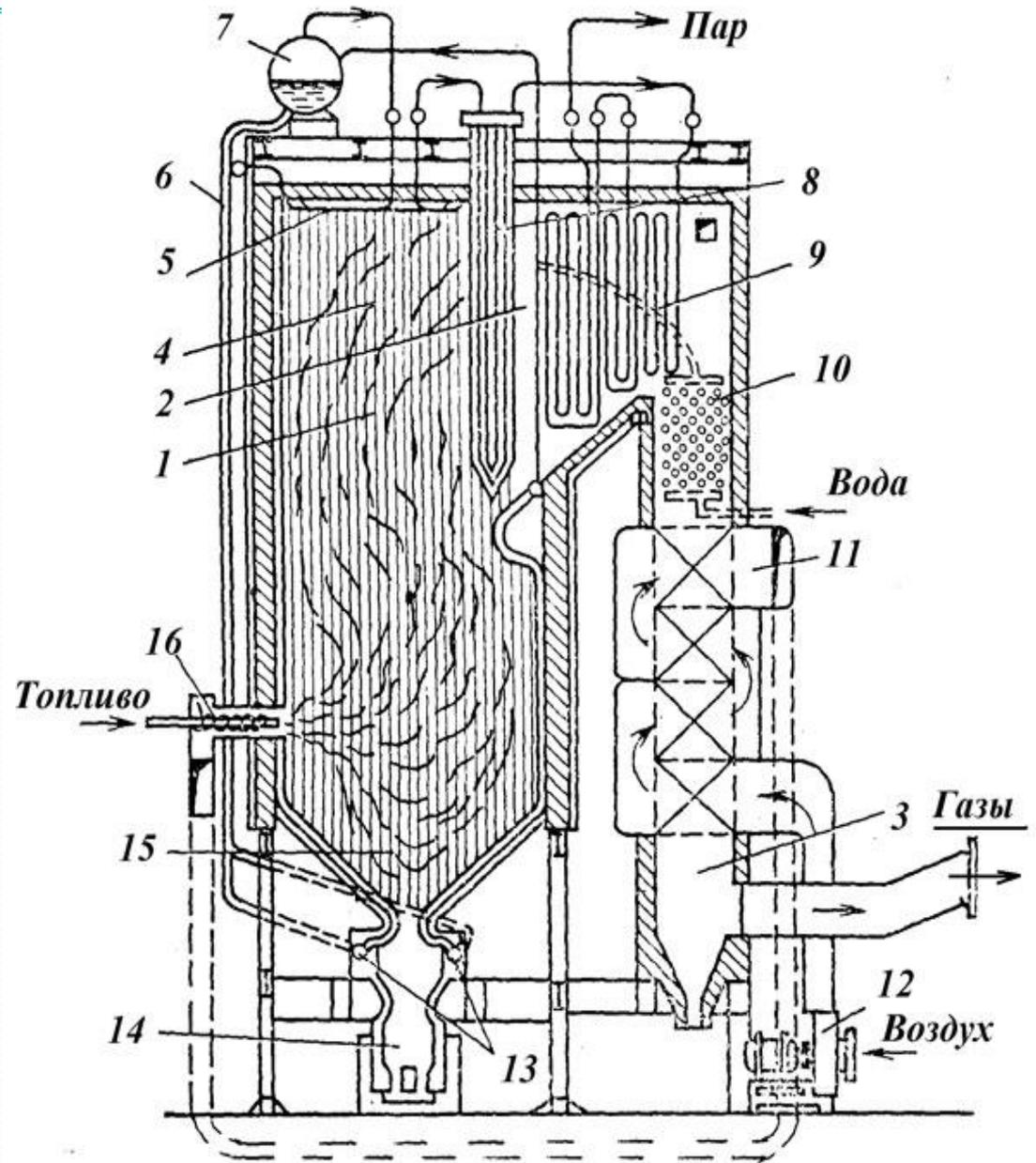
Эти котлы не нашли широкого применения в энергетике из-за сложной автоматики и опасностью заброса воды в турбину, что равносильно, если велосипеду на большой скорости сунуть в спицы палку.

Схема барабанного парового котла

Схема парового котла ТЭС.

- 1 - топочная камера (топка);
- 2 - горизонтальный газоход;
- 3- конвективная шахта;
- 4 - топочные экраны;
- 5 - потолочные экраны;
- 6 - спускные трубы;
- 7 - барабан;
- 8 - радиационно-конвективный пароперегреватель;
- 9 - конвективный пароперегреватель;
- 10 - водяной экономайзер;
- 11 - воздухоподогреватель;
- 12 - дутьевой вентилятор;
- 13 - нижние коллекторы экранов;
- 14 - шлаковый комод;
- 15 - холодная коронка;
- 16 - горелки.

На схеме не показаны золоуловитель и дымосос.



Устройство и принцип работы барабанного котла.

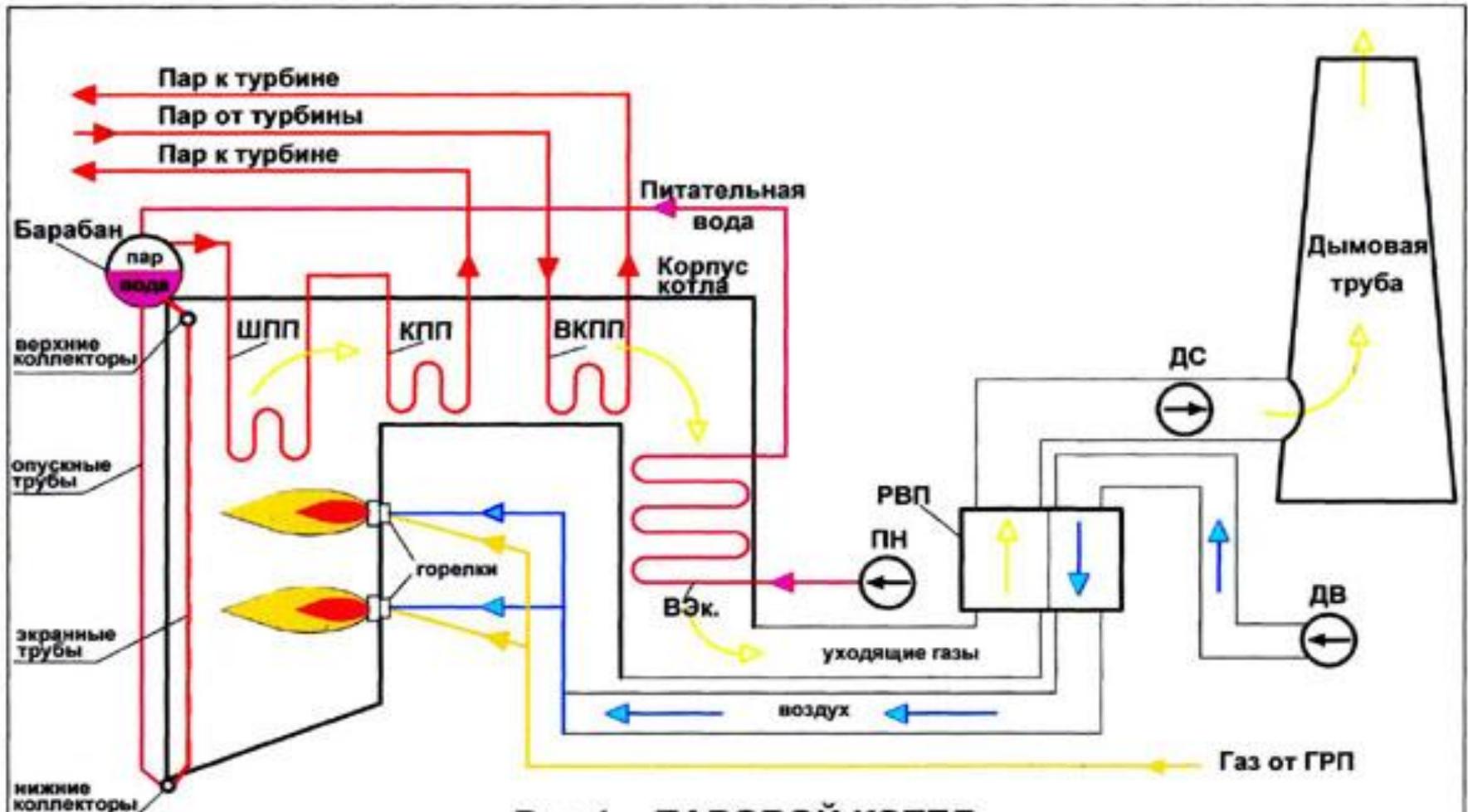


Рис.1 ПАРОВОЙ КОТЕЛ

ШПП - ширмовый пароперегреватель;
КПП - конвективный пароперегреватель;
ВКПП - вторичный конвективный пароперегреватель (промежуточный);
ВЭк. - водяной экономайзер;

ДС - дымосос;
ПН - питательный насос;
РВП - регенеративный воздухоподогреватель;
ДВ - дутьевой вентилятор.

Котлы-утилизаторы.

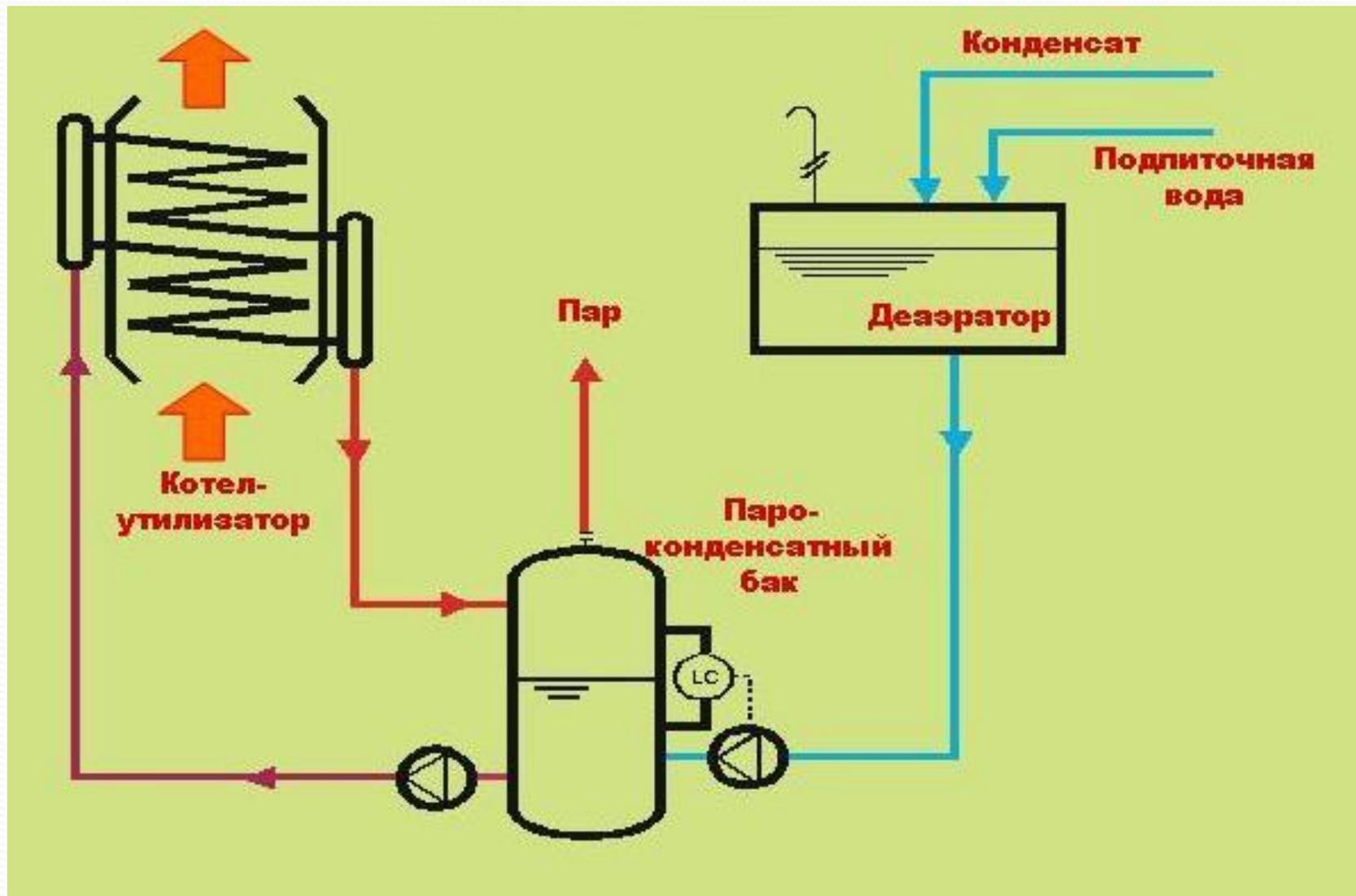


Котел-утилизатор - это котел, у которого отсутствует собственная топочная камера. Принцип действия котла-утилизатора основан на использовании тепла, который образуется в процессе различных производственных процессов.

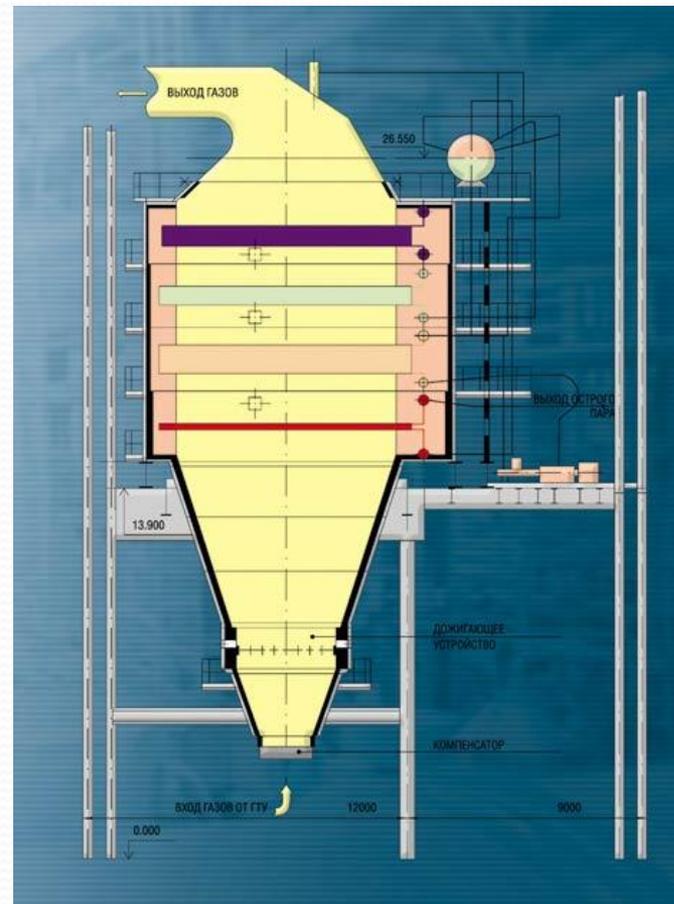
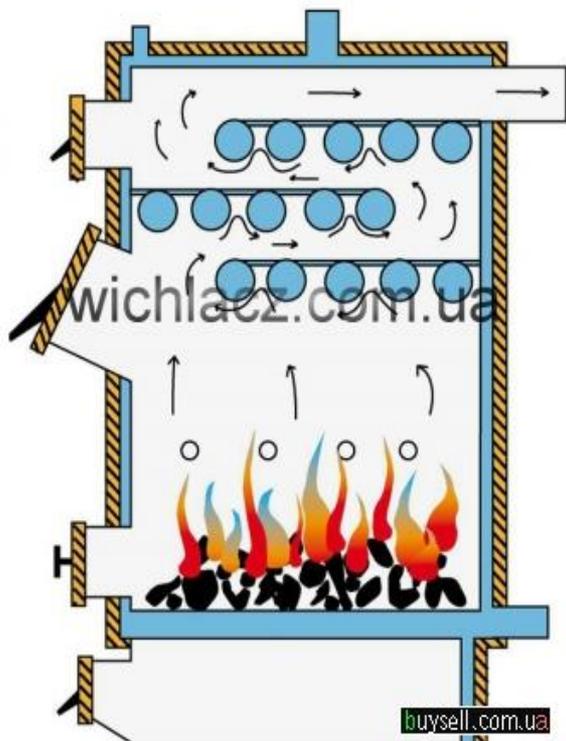
Котлы-утилизаторы развивают энергосберегающие технологии в производственных процессах и повышают КПД.

Котлы-утилизаторы конструктивно разделяются на котлы с естественной или принудительной циркуляцией, с барабаном или без барабана.

Котлы-утилизаторы.



Принципиальные схемы котлов-утилизаторов.



Турбины.



Турбина (фр. turbine от лат. turbo вихрь, вращение) — двигатель с вращательным движением рабочего органа (ротора), преобразующий кинетическую энергию в механическую работу при помощи подводимого рабочего тела — пара, газа, воды. Струя рабочего тела воздействует на лопатки, закреплённые по окружности ротора, и приводит его в движение.

Применяется для вращения генератора и дальнейшего получения электрического тока на тепловых и атомных электростанциях, в качестве двигателей на морском, наземном и воздушном транспорте, как составная часть гидродинамической передачи.

Конструкция турбины

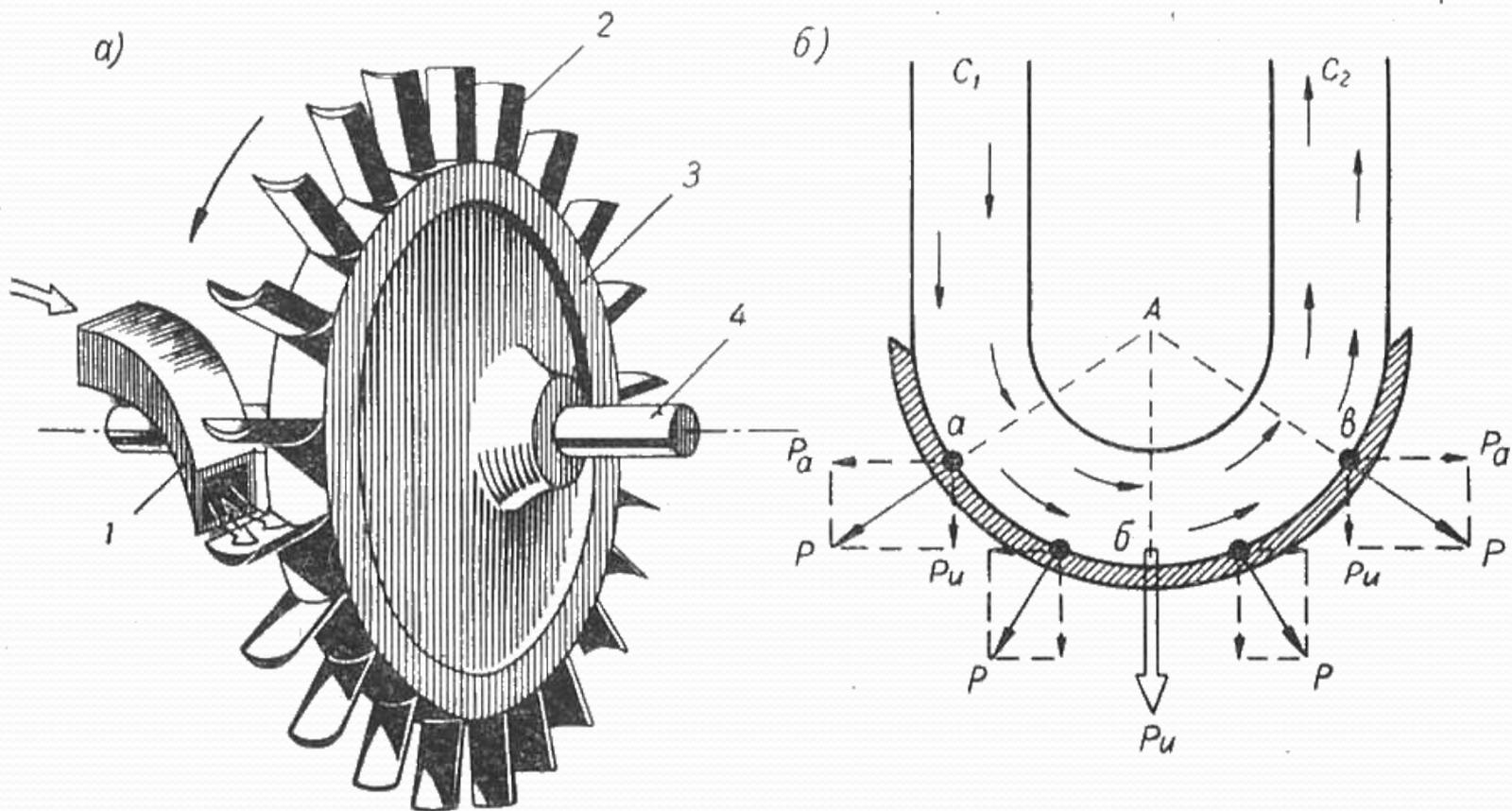


Рис. 1. Схема простейшей активной турбины.

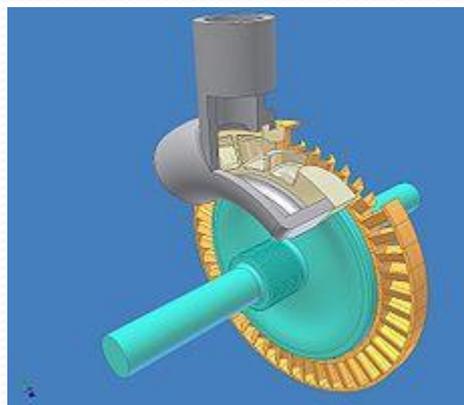
Газовые турбины



ГТЭС



Газовая турбина



Наборный элемент газовой турбины

Гидротурбины



Рабочее колесо радиально-осевой гидротурбины

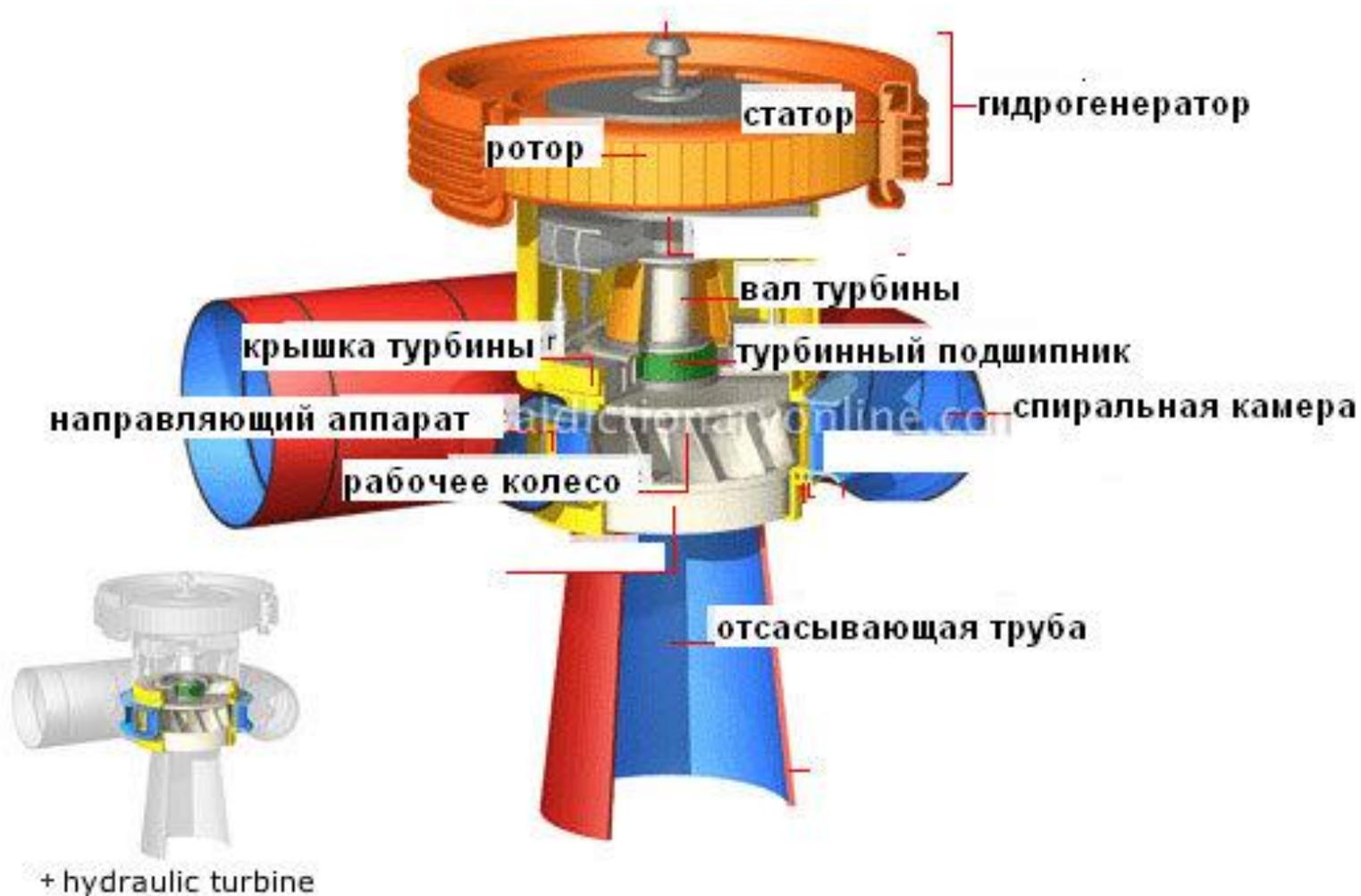


Рабочее колесо поворотно-лопастной турбины



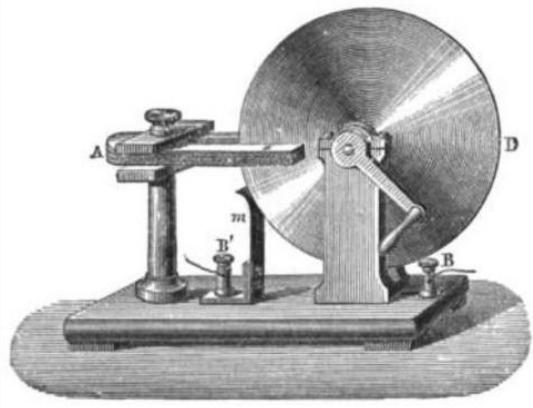
Ковшовая гидротурбина с горизонтальным расположением вала.

Конструкция гидротурбины.

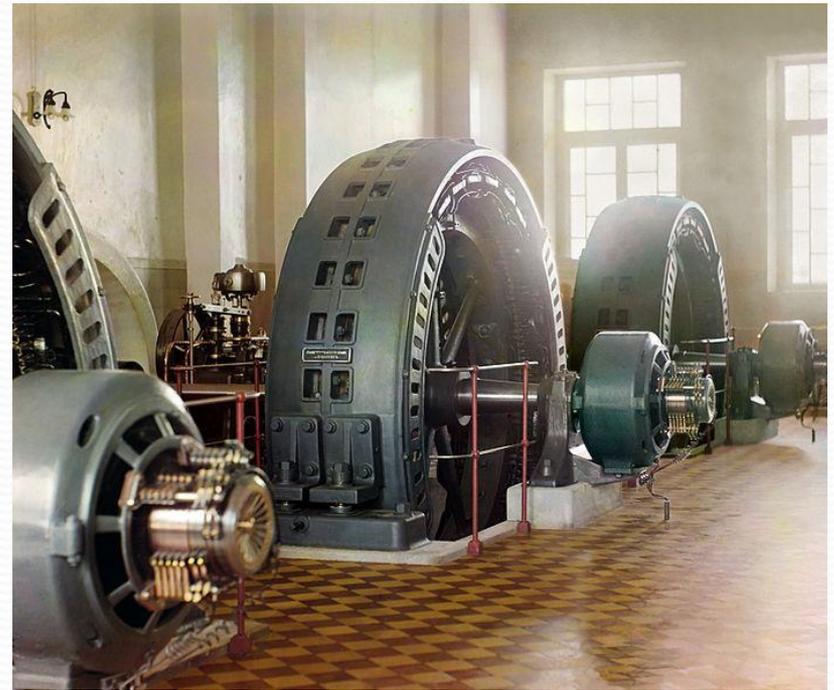


Генераторы.

Электрический генератор — это устройство, в котором механическая энергия преобразуется в электрическую .



В 1832 Майкл Фарадей открыл принцип работы электромагнитных генераторов. Он также построил первый электромагнитный генератор, названный «диском Фарадея». Он вырабатывал небольшое постоянное напряжение и ток.

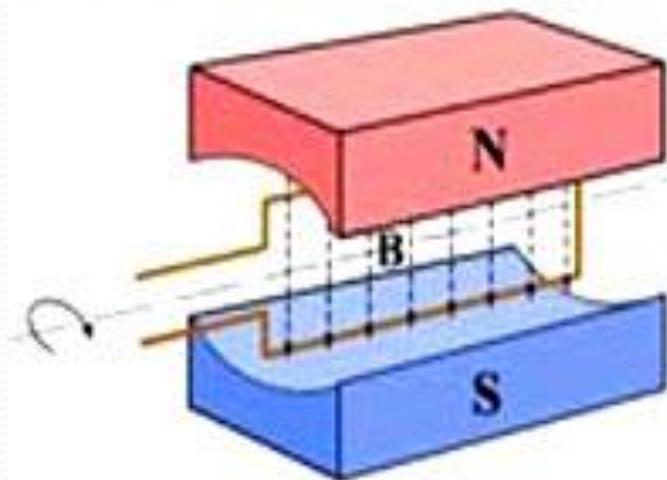


Электродгенераторы в начале XX века

Синхронные генераторы

Синхронная машина — это электрическая машина переменного тока, частота вращения ротора которой равна частоте вращения магнитного поля в воздушном зазоре.

Принцип действия любого генератора основан на явлении электромагнитной индукции. Если в однородном магнитном поле B равномерно вращается рамка, то в ней возникает переменная Э.Д.С., частота которой равна частоте вращения рамки. Будем ли мы вращать рамку в магнитном поле, или магнитное поле вокруг рамки, либо магнитное поле внутри рамки, результат будет один - Э.Д.С., изменяющаяся по гармоническому закону.



Синхронные генераторы

Синхронные генераторы используют в качестве источников переменного тока и устанавливают на электростанциях и в электрических установках. Наибольшее распространение имеют **синхронные генераторы** для получения тока промышленной частоты, роторы которых приводятся во вращение паровыми (**Турбогенератор**) или водяными (**Гидрогенератор**) турбинами.

Синхронные генераторы бывают с приводом от газовых турбин, двигателей внутреннего сгорания, ветровых или электродвигателей.

Синхронные генераторы

Обмотки ротора **синхронного генератора** питаются постоянным током от отдельного генератора (**возбудителя**), размещаемого на общем валу.

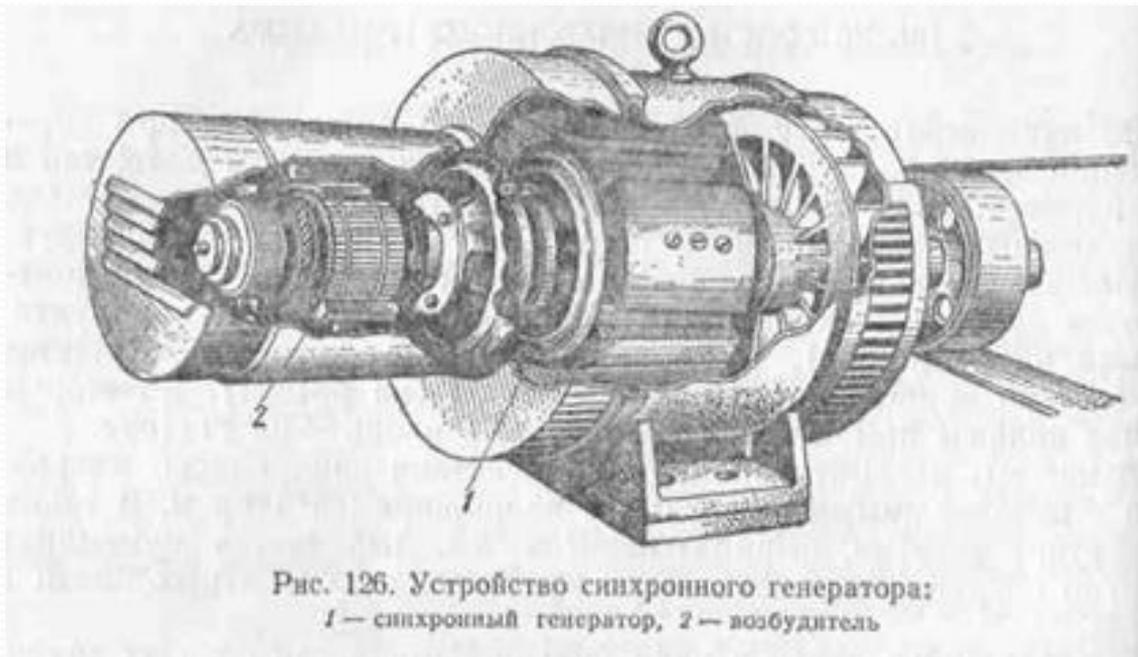
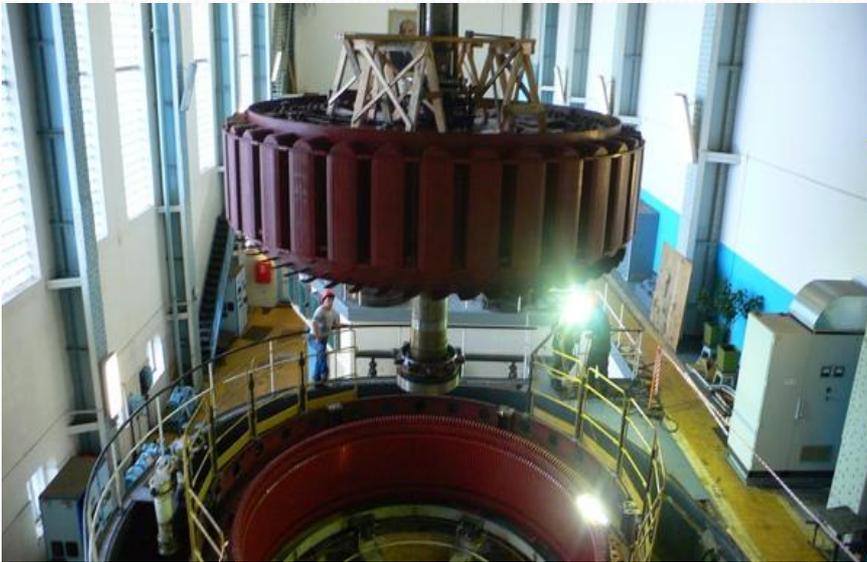


Рис. 126. Устройство синхронного генератора:
1 — синхронный генератор, 2 — возбудитель

Синхронные генераторы

При вращении ротора его магнитное поле наводит в трёхфазной обмотке статора переменную эдс.

Быстроходные **Синхронные генераторы** (турбогенераторы) имеют малое число пар полюсов ($p = 1, 2$), а в тихоходных (гидрогенераторах) p достигает нескольких десятков. Величина эдс регулируется изменением тока в обмотке ротора.



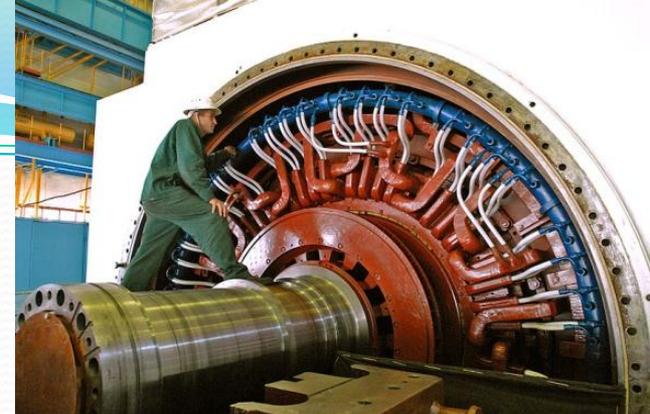
Ротор гидрогенератора



гидрогенераторы



Турбогенераторы



Разобранный турбогенератор

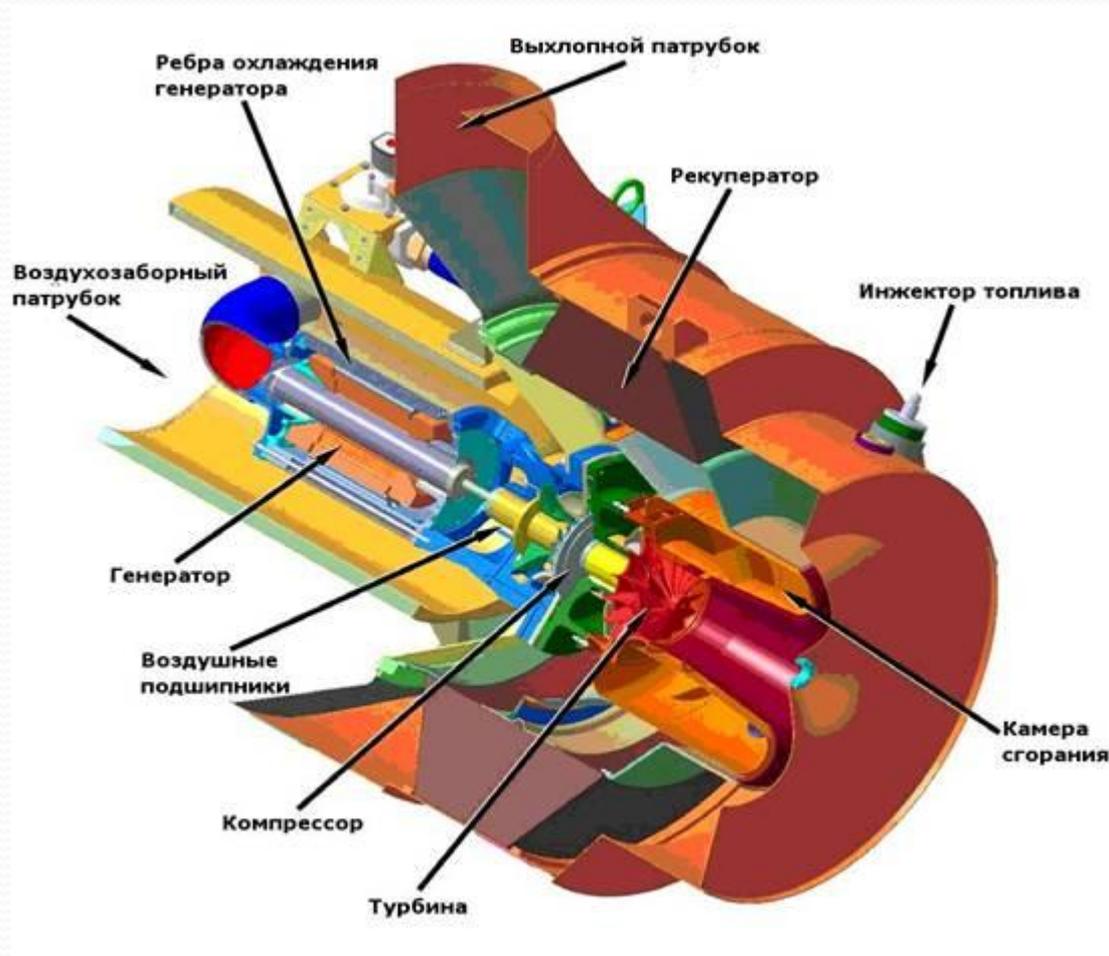
По мощности турбогенераторы подразделяются на три основные группы: 2,5-32 МВт, 60-320 МВт и свыше 500 МВт.

По частоте вращения различают турбогенераторы четырехполюсные (на частоту вращения 1500 и 1800 об/мин) и двухполюсные (на частоту вращения 3000 и 3600 об/мин) соответственно на частоты сети 50 и 60 Гц.

По виду приводной турбины турбогенераторы классифицируются на генераторы, приводимые во вращение паровой турбиной, и генераторы с приводом от газовой турбины.

По системе охлаждения турбогенераторы подразделяются на машины с воздушным, с косвенным водородным, непосредственным водородным и жидкостным охлаждением.

Конструкция турбогенератора



Системы охлаждения синхронных генераторов

Поверхностное или косвенное

Охлаждающий газ подается с помощью вентилятора внутрь машины и прогоняется через ее воздушный зазор и систему вентиляционных каналов. Газ не соприкасается с проводниками обмоток, и тепло от них передается охлаждающему газу через изоляцию обмоток, пазовую изоляцию и сталь зубцов, т.е. через значительный "тепловой барьер". Бывает Воздушное (для генераторов Небольшой мощности) и водородное.

Непосредственное

Применяется для генераторов больших мощностей. В них охлаждающая среда непосредственно соприкасается с медью обмоток. В непосредственных системах охлаждения в качестве охлаждающей среды используют **водород**, **воду** (реже **масло**).

Трансформаторы. Общие сведения

Трансформатор был изобретен английским физиком Майклом Фарадеем в 1831 г. Трансформатор является одним из главных компонентов современных электроэнергетических систем.

Трансформатор (от лат. *Transformo*- преобразовывать) это устройства для преобразования переменного тока и напряжения.

Трансформаторы - преобразовательные устройства не имеющие подвижных частей. Трансформатор состоит из нескольких обмоток, находящихся на магнитопроводе (сердечнике) из ферромагнитного сплава.

Трансформаторы используются в электросетях, при передаче электроэнергии, а так же они используются в блоках питания самых различных электроприборов.

Силовые трансформаторы

Силовые трансформаторы, установленные на электростанциях и подстанциях, предназначены для преобразования электроэнергии с одного напряжения на другое.

Трансформаторы изготавливают **трехфазными и однофазными, двух- и трех- обмоточными.**

Распространение получили трехфазные трансформаторы, так как потери в них на 12-15% ниже, а расход активных материалов и стоимость на 20-25% меньше, чем в группе трех однофазных трансформаторов такой же суммарной мощности.

Группы из однофазных трансформаторов применяются только при самых больших мощностях, при напряжениях 500 кВ и выше в целях уменьшения транспортной массы.



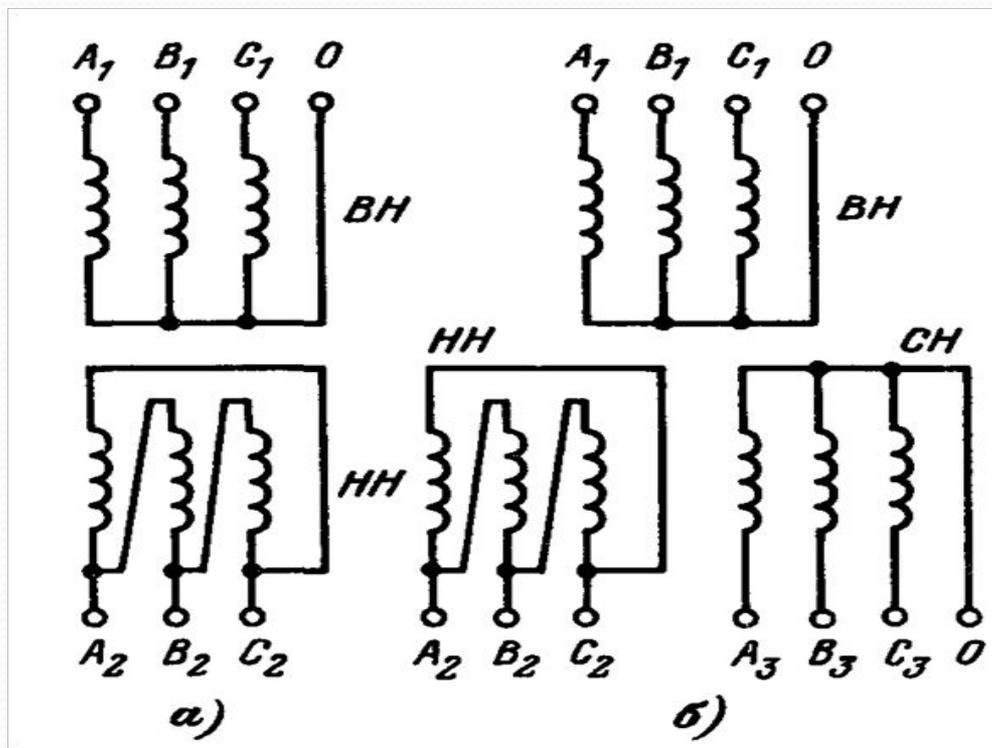
Силовые трансформаторы

Простейший силовой трансформатор состоит из магнитопровода - сердечника, выполненного из ферромагнитного материала (листовая электротехническая сталь) и двух обмоток (катушек), расположенных на стержнях магнитопровода. Одна из обмоток присоединена к источнику переменного тока на напряжение U_1 , эту обмотку называют первичной. К другой обмотке подключен потребитель Z_n - ее называют вторичной.

Действие трансформатора основано на явлении электро - магнитной индукции. При подключении первичной обмотки к источнику переменного тока в витках этой обмотки протекает переменный ток i_1 , который создает в магнитопроводе переменный магнитный поток Φ . Замыкаясь на магнитопроводе, этот поток сцепляется с обеими обмотками (первичной и вторичной) и индуцирует в них э.д.с.

Типы трансформаторов и их параметры

По количеству обмоток различного напряжения на каждую фазу трансформаторы разделяются на **двухобмоточные** и **трехобмоточные**.



Принципиальные схемы трансформаторов: а) двухобмоточного; б) трехобмоточного.

Силовые трансформаторы



Класс габарита	Диапазон мощностей, кВА	Номер напряжения, кВ
I	До 100	До 35
II	От 100 до 1000	До 35
III	От 1000 до 6300	До 35
IV	Свыше 6300	До 35
V	До 40000	От 35 до 110
VI	От 40000 до 80000	До 330
VII	От 80000 до 200000	До 330 и выше
VIII	Независимо от мощности для ЛЭП постоянного тока	Независимо от напряжения

Типы трансформаторов и их параметры

Основные параметры трансформаторов:

1. Номинальная мощность (указывается в заводском паспорте),
2. Номинальное напряжение,
3. Номинальный ток;
4. Напряжение короткого замыкания (КЗ);
5. Ток холостого хода (ХХ);
6. Потери холостого хода и КЗ.



Силовой понижающий трансформатор

Системы охлаждения силовых трансформаторов

Естественное воздушное охлаждение

Осуществляется путем конвекции воздуха и частичного лучеиспускания в воздухе.

При открытом исполнении
(С)

При защищенном исполнении
(СЗ)

При герметизированном исполнении (СГ)

С принудительной циркуляцией воздуха (СД)

Трансформаторы до 1600 кВА

Системы охлаждения силовых трансформаторов

**Естественное масляное
охлаждение (М)**

Тепло, выделенное в обмотках и магнитопроводе, передается маслу, которое циркулируя по баку и радиаторным трубам передает его окружающему воздуху

Трансформаторы до 1600кВА

**Масляное охлаждение с
дутием и естественной
циркуляцией масла (Д)**

В навесных охладителях из радиаторных труб помещаются вентиляторы. Вентилятор засасывает воздух снизу и обдувает верхнюю часть труб.

Применяется для мощных трансформаторов

Системы охлаждения силовых трансформаторов

**Масляно- водяное
охлаждение**

Устроено так же как система ДЦ, но охладители состоят из трубок по которым циркулирует вода, а между трубками движется масло.

С принудительной
циркуляцией масла
(Ц)

Трансформаторы
160 МВА и более

С направленным
потокком масла
(НЦ)

Трансформаторы
630 МВА и более

**Масляное охлаждение с дутьем и
принудительной циркуляцией
масла через воздушные охладители
(ДЦ)**

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

Трансформаторы 630
МВА и более

Обозначения и маркировка трансформаторов



Каждый трансформатор имеет условное буквенное обозначение, которое содержит следующие данные в том порядке, как указано ниже:

1. Число фаз (для однофазных -О; для трехфазных – Т);
2. Вид охлаждения:
3. Число обмоток, работающих на различные сети, для трехобмоточного – Т; для трансформатора с расщепленными обмотками Р(после числа фаз);
4. Буква Н в обозначении при выполнении одной из обмоток с устройством РПН;
5. Буква А на первом месте для обозначения автотрансформатора. За буквенным обозначением указывается номинальная мощность кВА; класс напряжения обмотки ВН%; климатическое исполнение и категория размещения.

Автотрансформатор

Автотрансформатором (АТ) называется трансформатор, в котором две или более обмотки гальванически связаны так, что они имеют общую часть. Обмотки автотрансформатора связаны электрически и магнитно, и передача энергии из первичной цепи во вторичную происходит как посредством магнитного поля, так и электрическим путем. В автотрансформаторе только часть всей энергии трансформируется, а другая часть передается непосредственно из системы одного напряжения в систему другого напряжения без трансформации.



автотрансформатор
АТДЦТН-125 000/220 У1

Автотрансформаторы



автотрансформатор 250 МВА.



АТ-2 220/110/10 кВ 125 МВА

Автотрансформаторы

Преимущества автотрансформаторов

1. **Меньший расход меди, стали, а также изоляционных материалов и меньшая стоимость по сравнению с трансформаторами той же мощности.**
2. **Меньшая масса и габариты позволяют создавать трансформаторы больших мощностей.**
3. **Автотрансформаторы имеют меньшие потери и больший КПД.**
4. **Имеют лучшие условия охлаждения.**

Недостатки автотрансформаторов

1. **Сложность регулирования напряжения.**
2. **Опасность перехода атмосферных перенапряжений с одной обмотки на другую из-за электрической связи обмоток.**

Контрольные вопросы.

1. Какое основное оборудование электрических станций вы знаете?
2. Что такое синхронный генератор?
3. Какие трансформаторы используются на электростанциях?
4. Для чего применяют трансформаторы?

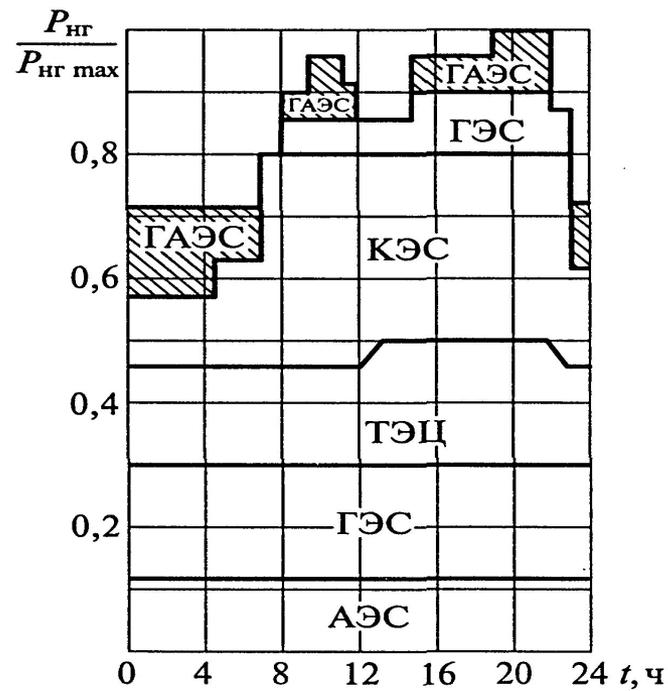


Рис. 1.5. Суточный график нагрузки энергосистемы и графики электростанций, участвующих в выработке электроэнергии