

# ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

:

Ковязина Инна Владимировна  
Ст.преподаватель каф. АИИТ

# Электроэнергетическое оборудование. Основные понятия и определения.

## Электроэнергетическая система

### Лекция 1

#### План

1. Цель изучения дисциплины
2. Электроэнергетическая система
3. Электроэнергетическое оборудование : основные понятия и определения.

# Учебная нагрузка

Группы:

ЭС-16-б

**Всего аудиторных**

**занятий:** *18 часов лекций (9 пар) +*

*36 часов практических занятий*

Домашнее задание: курсовой проект

Вид итогового контроля: дифзачет

# Цели и задачи

## преподавания дисциплины

- **Цель учебной дисциплины** – освоение дисциплинарных компетенций по разработке производственных электроэнергетических комплексов, включающих промышленный привод переменного и постоянного тока, которые позволят студентам успешно решать теоретические и практические задачи в профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией производственного оборудования.
- 
- В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие компетенции:
  - – способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования (ПК-3);
  - – способность проводить обоснование проектных решений (ПК-4).
-

# Энергетическая система (энергосистема)

**Энергетическая система (энергосистема) — это совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединённых между собой и связанных общностью режимов в непрерывном процессе производства, преобразования, передачи и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.**

•

•

# Энергетическая система



# Структура электроэнергетической системы

Часть энергетической системы, состоящая из генераторов, распределительных устройств, повышающих и понижающих подстанций, линий энергетической сети и приемников электроэнергии, называется **электроэнергетической системой**.

**Электрическими сетями** называются части электроэнергетической системы, состоящие из подстанций и линий электропередачи постоянного и переменного тока различных напряжений. Электрическая сеть служит для передачи и распределения электрической энергии от места ее производства к местам потребления.



# Особенности ЭЭС

1. Производство, преобразование, перераспределение, потребление электроэнергии — процессы взаимосвязанные. Аккумулировать электроэнергию в промышленных масштабах невозможно.

2. Быстрота переходных процессов и переходов режимов работы.

3. ЭЭС осуществляет функционирование всех остальных систем.





# Единая энергетическая система России

- Единая энергетическая система России ([ЕЭС России](#)) состоит из **69** региональных энергосистем, которые, в свою очередь, образуют **7** объединенных энергетических систем: [Востока](#), [Сибири](#), [Урала](#), [Средней Волги](#), [Юга](#), [Центра](#) и [Северо-Запада](#).
- Все энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением **220-500** кВ и выше и работают в синхронном режиме (параллельно).
- В электроэнергетический комплекс ЕЭС России входит около 700 электростанций мощностью свыше 5 МВт. На конец 2012 года общая установленная мощность электростанций ЕЭС России составила **223 070,83 МВт**.

# Единая энергетическая система России

- Ежегодно все станции вырабатывают около одного триллиона кВт·ч электроэнергии. В 2012 году электростанции ЕЭС России выработали 1 032,1 млрд. кВт·ч (на 1,3% больше, чем в 2011 году).
- Сетевое хозяйство ЕЭС России насчитывает более 10 700 линий электропередачи класса напряжения 110 – 1150 кВ.
- Управление электроэнергетическими режимами 7 энергообъединений и энергосистем, расположенных на территории 79 субъектов Российской Федерации осуществляют филиалы ОАО «СО ЕЭС» — объединенные и региональные диспетчерские управления соответственно.

# Единая энергетическая система России

- Параллельно с ЕЭС России работают энергосистемы Азербайджана, Белоруссии, Грузии, Казахстана, Латвии, Литвы, Молдавии, Монголии, Украины и Эстонии. Через энергосистему Казахстана параллельно с ЕЭС России работают энергосистемы Центральной Азии - Киргизии и Узбекистана. Через устройство Выборгского преобразовательного комплекса совместно (несинхронно) с ЕЭС России работает энергосистема Финляндии, входящая в энергообъединение энергосистем Скандинавии [НОРДЕЛ](#).
- Кроме того, параллельно с энергосистемами Норвегии и Финляндии работают отдельные генераторы ГЭС Кольской и Ленинградской энергосистем, а также один из блоков Северо-Западной ТЭЦ.
- ОАО «СО ЕЭС», являясь координатором параллельной работы энергосистем, обеспечивает регулирование частоты в энергообъединении стран – участниц синхронной зоны.

# Единая энергетическая система России

■ ГЭС 15,05%      ■ АЭС 17,19%      ■ ТЭС 67,76%



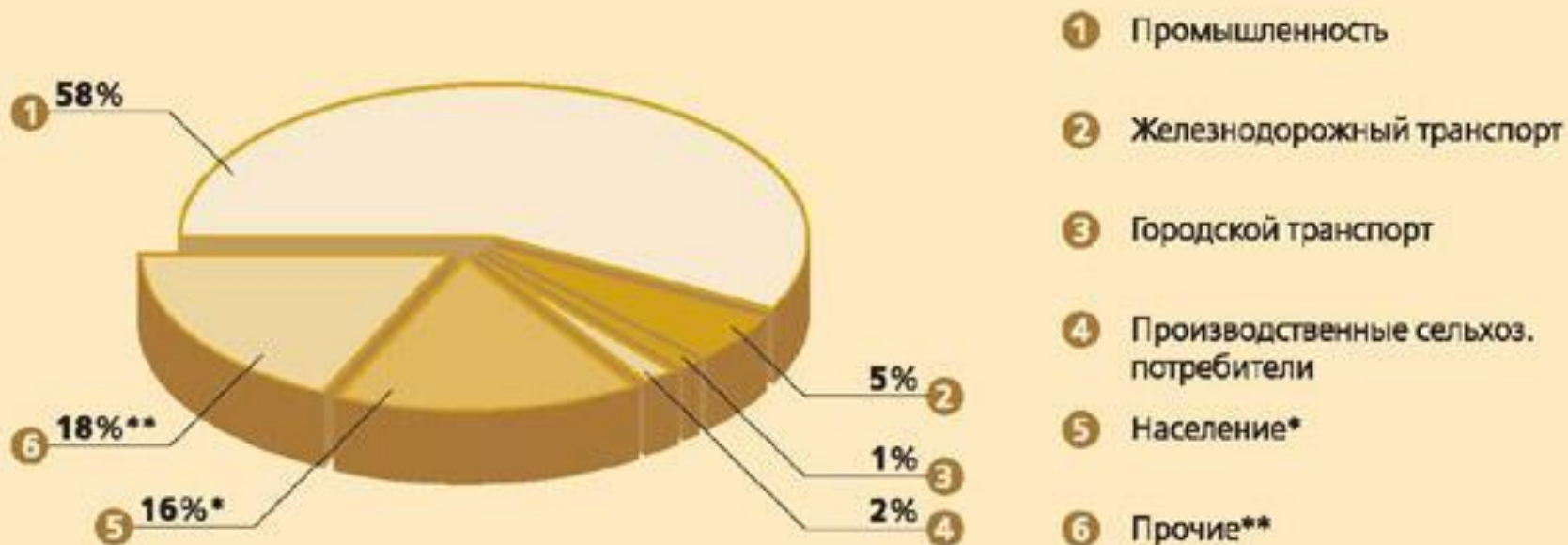
Структура выработки электроэнергии  
в ЕЭС России, %  
(на 01.01.2013 г.)

■ ГЭС 20,6%      ■ АЭС 11,3%      ■ ТЭС 68,1%



Структура установленной мощности  
электростанций ЕЭС России, %  
(на 01.01.2013 г.)

# Структура поставок энергии потребителям за 2005 год



\*с учетом населения, проживающего в населенных пунктах и обслуживаемого ОПП

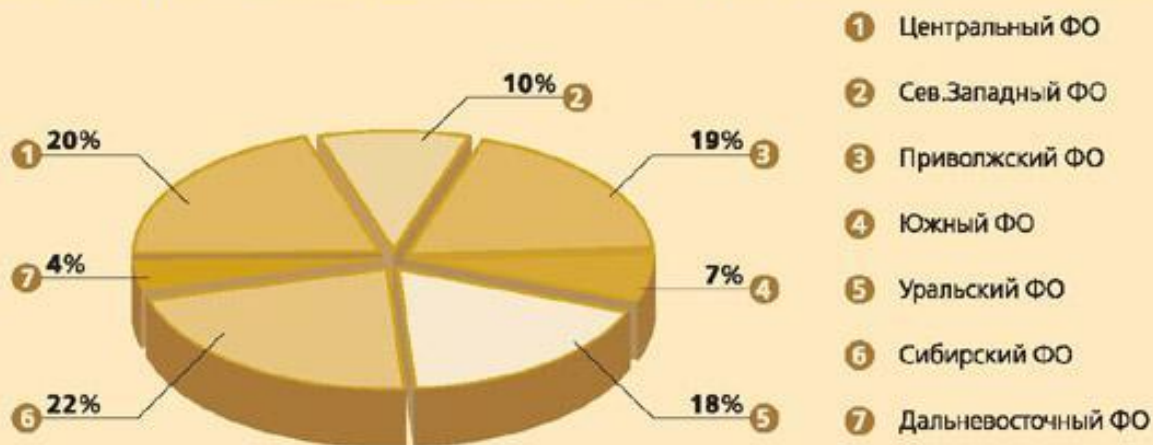
\*\*в том числе потребители ОПП, кроме населения

Источник: ОАО РАО «ЕЭС России»

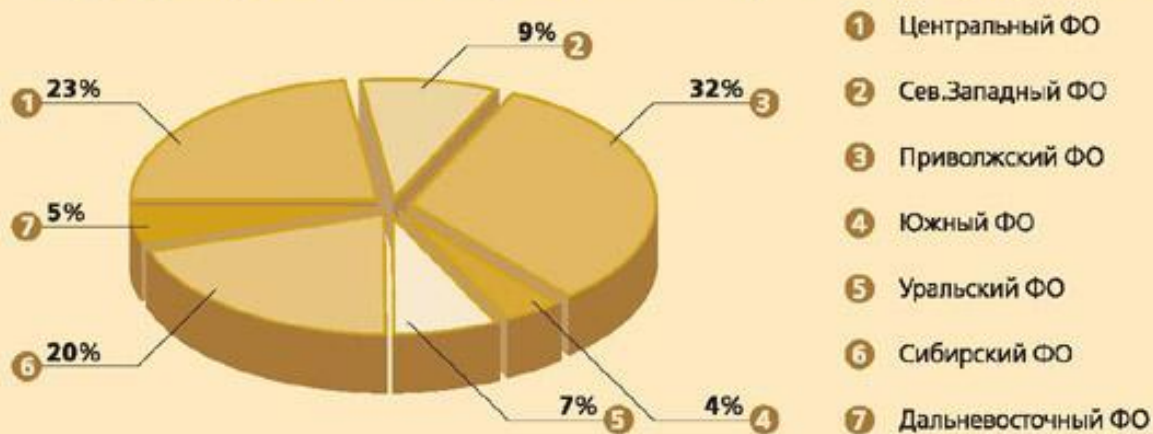
Рис. 6.1. Структура отпуска электрической энергии конечным потребителям в целом по стране в 2005 году

# Структура поставок энергии потребителям за 2005 год

а) Структура отпуска электроэнергии конечным потребителям по федеральным округам



б) Структура отпуска тепловой энергии конечным потребителям по федеральным округам



Источник: ОАО РАО «ЕЭС России»

Рис. 6.2. Структура отпуска электрической и тепловой энергии конечным потребителям по федеральным округам в 2005 году



# Структура поставок энергии потребителям за 2009 год

№	Группы потребителей	Полезный отпуск электроэнергии тыс. Квт*ч	Доля в полезном отпуске %
1.	Промышленные и приравненные к ним потребители с присоединённой мощностью 750 кВА и выше	396 232	24.64%
2.	Промышленные и приравненные к ним потребители с присоединённой мощностью до 750 кВА	232 210	14.44%
3.	Непромышленные потребители	391 937	24.38%
4.	Производственные сельскохозяйственные потребители	73 763	4.59%
5.	Население городское	343 735	21.38%
6.	Население сельское	153 113	9.52%
7.	Городские населенные пункты, рассчитывающиеся по общему счетчику	12 121	0.75%
8.	Сельские населенные пункты, рассчитывающиеся по общему счетчику	4 761	0.30%
9.	Итого отпущено потребителям	1 607 872	100.0%
9.1.	В т. ч. высокое напряжение (110 кВ)	236 283	14.7%
9.2.	среднее I (35кВ)	15 922	0.99%
9.3.	среднее II (6,10кВ)	558 971	34.76%
9.4.	низкое (0,4 кВ)	796 696	49.55%

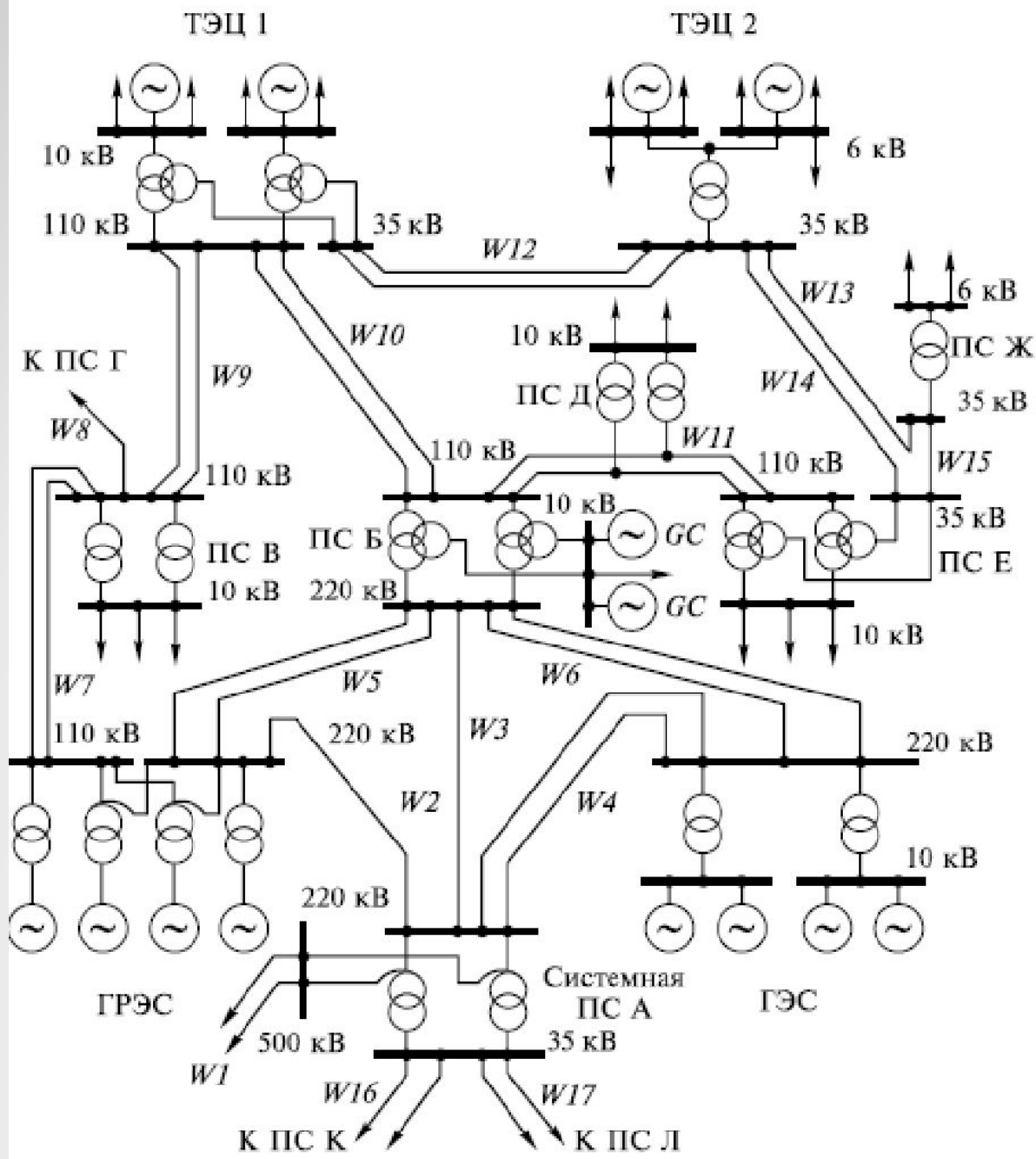


Рис. Принципиальная схема энергосистемы



# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- Электрические машины, генераторы, трансформаторы и автотрансформаторы, установленные на электрических станциях и подстанциях, линии электропередачи электрической энергии нуждаются в управлении и защите от аварийных и ненормальных режимов. Для этого необходимы коммутационные аппараты, измерительные трансформаторы тока и напряжения, токоограничивающие реакторы, нелинейные ограничители напряжения и другое электротехническое оборудование первичных силовых цепей. Для получения информации о режимах работы ЭУ, управления, контроля, измерений, релейной защиты, автоматики, сигнализации необходимы вторичные цепи ЭУ. Перечисленные элементы электрического оборудования первичных и вторичных цепей вместе другим вспомогательным оборудованием и строительной частью **образуют распределительное устройство (РУ) станции или подстанции.**

# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- **Электростанция** – ЭУ или группа ЭУ для группа ЭУ для производства электрической энергии, а в некоторых случаях и тепловой.
- **Линия электропередачи (ЛЭП)** – электрическая линия, выходящая за пределы электрической станции или подстанции и предназначенная для передачи электрической энергии на расстояние;
- **Воздушная линия электропередачи – ВЛ;**
- **Кабельная линия электропередачи – КЛ;**
- **Электрическая подстанция** — электроустановка, предназначенная для приема, преобразования и распределения электрической энергии, состоящая из трансформаторов или других преобразователей электрической энергии, устройств управления, распределительных и вспомогательных устройств;

# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- Трансформаторная подстанция предназначена для преобразования электрической энергии одного напряжения в электрическую энергию другого напряжения с помощью трансформаторов.
- Электрическое распределительное устройство (РУ) (**ЗРУ** - закрытое РУ, **ОРУ** – открытое РУ) - служит для приема и распределения электроэнергии и содержит коммутационные аппараты, которые содержат сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (аккумуляторные), а также устройства защиты автоматики и измерительные приборы.
- **КРУ** – комплектно распредустройство внутренняя установка
- **КРУН** – наружная установка
- Состоит из шкафов или блоков со встроенными в них коммутационными аппаратами, оборудованием, устройствами защиты и автоматики, поставляемые в собранном или полностью подготовленным для сборки в виде.
- Электрический распределительный пункт (РП) - это распределительное устройство не входящее в состав подстанции.
- Преобразовательная подстанция предназначена для преобразования рода тока (с помощью инвертора) или его частоты.
- Комплектная трансформаторная подстанция (КТП).

# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- Наглядное представление о ЗРУ и ОРУ или электроустановки в целом даёт **электрическая схема** – графическое изображение ЭУ с помощью условных символов соответствующих действующей ЕСКД.
- **Приёмник электрической энергии** – устройство в котором происходит преобразование электрической энергии в другой вид энергии для её использования.
- **Установленная мощность ЭУ** – наибольшая активная электрическая мощность, с которой ЭУ может длительно работать без перегрузки в соответствии с техническими условиями или паспортом на оборудование.
- **Присоединённая мощность ЭУ** – сумма номинальных мощностей трансформаторов и приёмников электроэнергии, непосредственно подключённых к электрической сети.

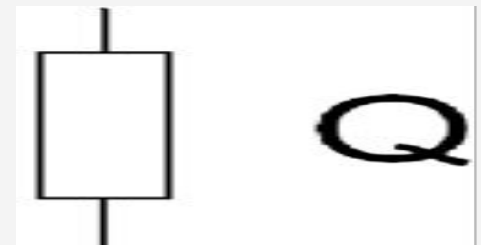
# Классификация электрооборудования

## станций и ПС



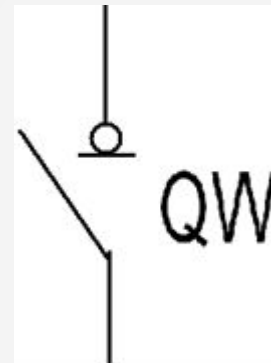
# Общая характеристика высоковольтного оборудования электрических подстанций

- **Токопроводы** – электротехнические устройства, предназначенные для передачи электроэнергии на малые расстояния от 1 до 100 и более метров. Это устройство, предназначенное для передачи и распределения электроэнергии, состоящее из проводников, изолированных от заземлённых частей твёрдыми диэлектрическими материалами, защитными оболочками, ответвительных устройств, поддерживающих и опорных конструкций. Сечение токопроводов определяется величиной максимально допустимого тока. Оно может быть как сплошным, так и полым.
- **Выключатель** – это электрический аппарат, предназначенный для коммутации всех возможных токов в данной электроустановке, от самых незначительных (токов холостого хода, зарядный ток и т. п.), до самых значительных (токи коротких замыканий) которые могут превышать номинальные токи в десятки и даже сотни раз.



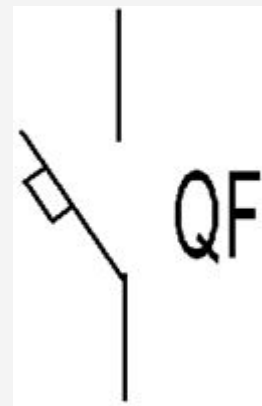
# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- Выключатели нагрузки.
- Высоковольтный коммутационный аппарат для отключения рабочего (номинального) тока применяют на стороне высшего напряжения вместо силовых выключателей.
- Графическое обозначение



# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

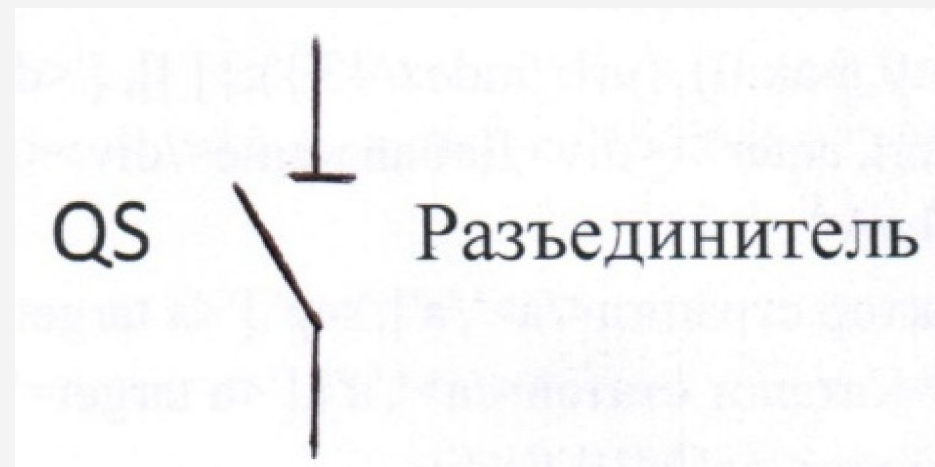
- Автоматический выключатель.
- 
- Представляет собой силовой выключатель со встроенными релейными устройствами прямого действия, называемыми расцепителями (электромагнитными или тепловыми).





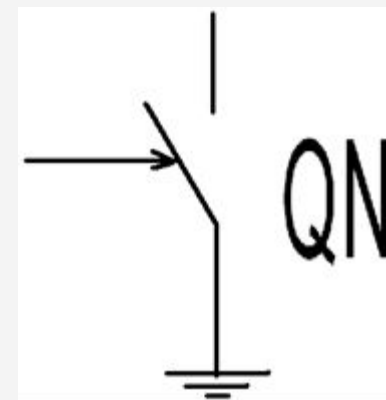
# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- **Разъединитель** – это контактный коммутационный аппарат, предназначенный для коммутации электрической цепи без тока. Разъединители используются для видимого отделения участка электрической сети на время ревизии или ремонта оборудования, для создания безопасных условий работы и отделения от смежных частей электрооборудования, находящихся под напряжением, для создания которых разъединители комплектуются блокировкой включенного (отключенного) положения, исключающими подачу напряжения на выведенный в ремонт участок сети.
- Графическое изображение и буквенные обозначения разъединителей
- Включение цепи: разъед.→выкл.
- Выключение цепи: выкл.→разъед



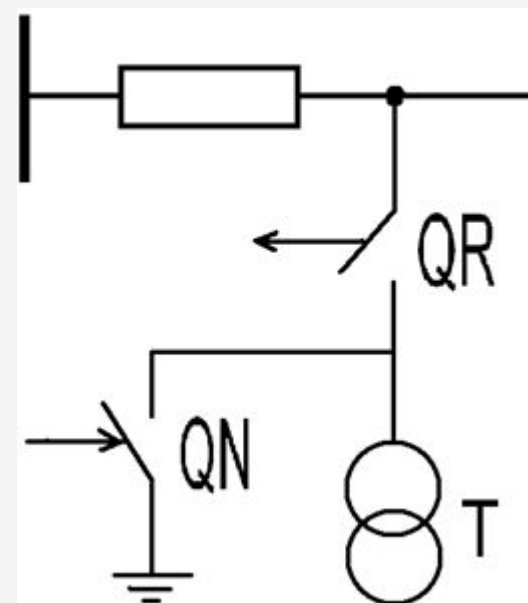
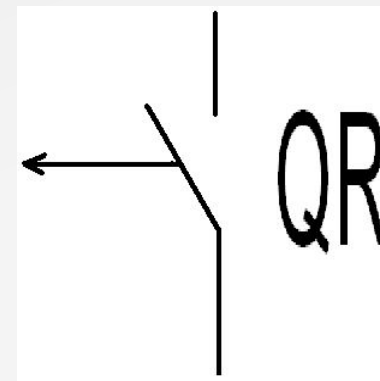
# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- Короткозамыкатели
- Представляют собой одно или двух полюсный разъединитель, снабженный приводом (пружинным) для автоматического включения и создания искусственного короткого замыкания (т.е. соединение фазы с землей), по команде поступающей от релейной защиты или оператора.



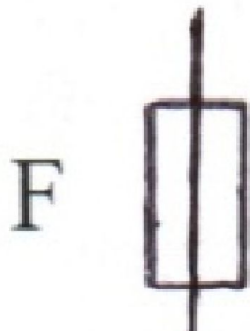
# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- Отделители
- Это трех полюсный разъединитель, снабженный приводом для автоматического отключения участка цепи, который предварительно отключен высоковольтным выключателем.
- Отделитель изолирует поврежденное оборудование от сети (0,5-1)с. Включение производится вручную.
- Использование короткозамыкателя с отделителем применяется в целях экономии, т.к. выключатели дороже.



# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- **Плавкий предохранитель** - это устройство, которое за счет расплавления одной или нескольких его деталей, имеющих определенную конструкцию и размеры, размыкает цепь, в которую оно включено, прерывая ток, если он превышает заданное значение в течение определенного времени. Предохранитель включает в себя все детали, образующие готовые изделия. Плавкий предохранитель является самым слабым участком защищаемой электрической цепи, срабатывающим в аварийном режиме, тем самым разрывая цепь и предотвращая последующее разрушение более ценных элементов электрической цепи высокой температурой, вызванной чрезмерными значениями силы тока.
- Графическое изображение и буквенное обозначения



F

Предохранитель плавкий

# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- Токоограничивающие реакторы



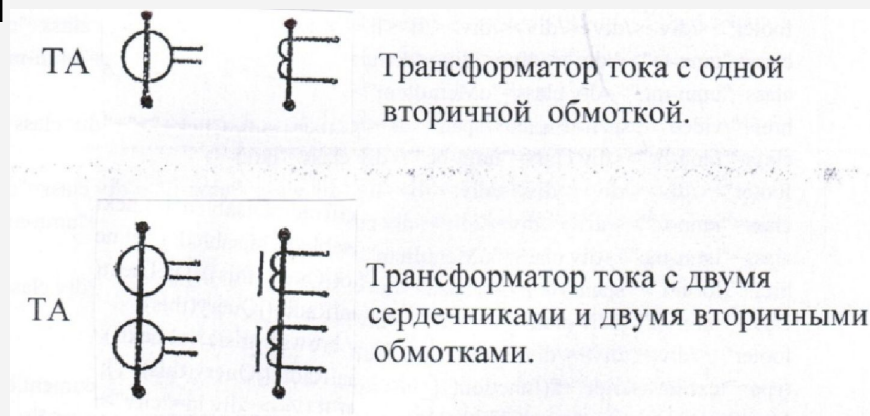
- Графическое обозначение

- Представляют собой индуктивные сопротивления, предназначенные для ограничения тока короткого замыкания в защищаемой зоне.
- это катушка, включенная в цепь последовательно.
- В большинстве конструкций токоограничивающие реакторы не имеют ферромагнитных сердечников. В нормальном режиме на реакторе наблюдается падение напряжения 3-5%, что допустимо. В случае короткого замыкания большая часть напряжения приходится на реактор. Чем выше индуктивное сопротивление реактора, тем меньше значение ударного тока.

$$i_m = 2,54 I_H \frac{100\%}{X_p}$$

# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- Измерительные трансформаторы тока
- Предназначены для изменения тока до величин удобных для измерения и для использования в релейной защите.
- Первичная обмотка трансформатора тока включается последовательно в цепь с измеряемым переменным током, а во вторичную включаются измерительные приборы. Ток, протекающий по вторичной обмотке пропорционален току, протекающему в его первичной обмотке. Обеспечивают безопасность измерений, изолируя измерительные цепи от первичной цепи с высоким напряжением, часто составляющим сотни киловольт.
- К трансформаторам тока предъявляются высокие требования по точности. Как правило, трансформатор тока выполняют с двумя и более группами вторичных обмоток: одна используется для подключения устройств защиты, другая, более точная — для подключения средств учёта и измерения

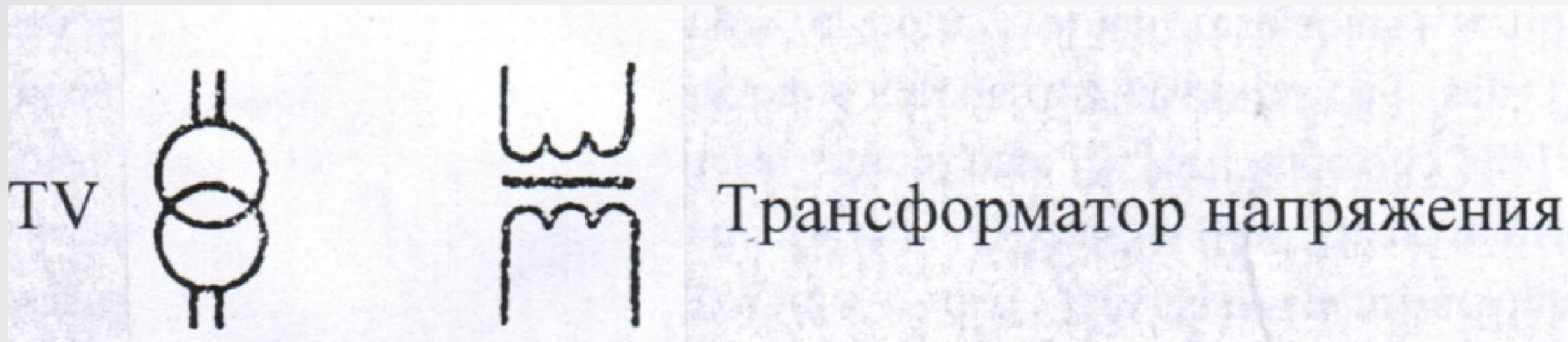




# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

## Измерительные трансформаторы напряжения

- это статическое электромагнитное устройство, имеющее две или более индуктивно связанные обмотки на каком-либо магнитопроводе и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем (напряжений) переменного тока в одну или несколько других систем (напряжений), без изменения частоты.
- При номинальном первичном напряжении  $U_1$  вторичное напряжение  $U_2$  равно 100 В. Графическое изображение и буквенное обозначения измерительных трансформаторов напряжения на электрических схемах



# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- Вентильные разрядники
- Служат для защиты изоляции электрооборудования от перенапряжений в электрических сетях.
- Вентильные разрядники устанавливают возле трансформаторов, а также у вводов воздушных линий в распределительное устройство. Действие вентильного разрядника основано на том, что при увеличении напряжения сопротивление уменьшается.
- Более современными средствами защиты от перенапряжений являются нелинейные ограничители перенапряжения ОПН





# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- *Ограничитель перенапряжений нелинейный (ОПН)* - аппарат, предназначенный для защиты изоляции электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений. ОПН не имеет искровых промежутков, как у вентильных разрядников, и в них используются современные полупроводниковые резисторы (варисторы) на основе оксида цинка, обеспечивающие лучшие характеристики. Надежность устройства защиты улучшается.
- . Графическое изображение и буквенное обозначения ограничителей напряжения нелинейных на электрических схемах




FV



Ограничитель перенапряжения

# Электроэнергетическое оборудование Основные понятия, термины и определения

- **Силовой трансформатор** — стационарное устройство с двумя или более обмотками, которое посредством электромагнитной индукции преобразует систему переменного напряжения и тока в другую систему переменного напряжения и тока,
- как правило, различных значений при той же частоте в целях передачи электроэнергии без изменения её передаваемой мощности. Графическое изображение и
- буквенное обозначения трёхфазных силовых трансформаторов общепромышленного исполнения на электрических схемах

Т		Трансформатор трёхфазный с ферромагнитным сердечником, двухобмоточный, с регулированием напряжения под нагрузкой.
Т		Трансформатор трёхфазный с ферромагнитным сердечником и расщепленной обмоткой низшего напряжения, с регулированием напряжения под нагрузкой.
Т		Трансформатор трёхфазный с ферромагнитным сердечником трёхобмоточный, с регулированием напряжения под нагрузкой.