

Введение в электроэнергетику



Лектор Целебровский Юрий Викторович

1.1.3. Э л е к т р о у с т а н о в к а - совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для:

производства ,

преобразования ,

трансформации ,

передачи ,

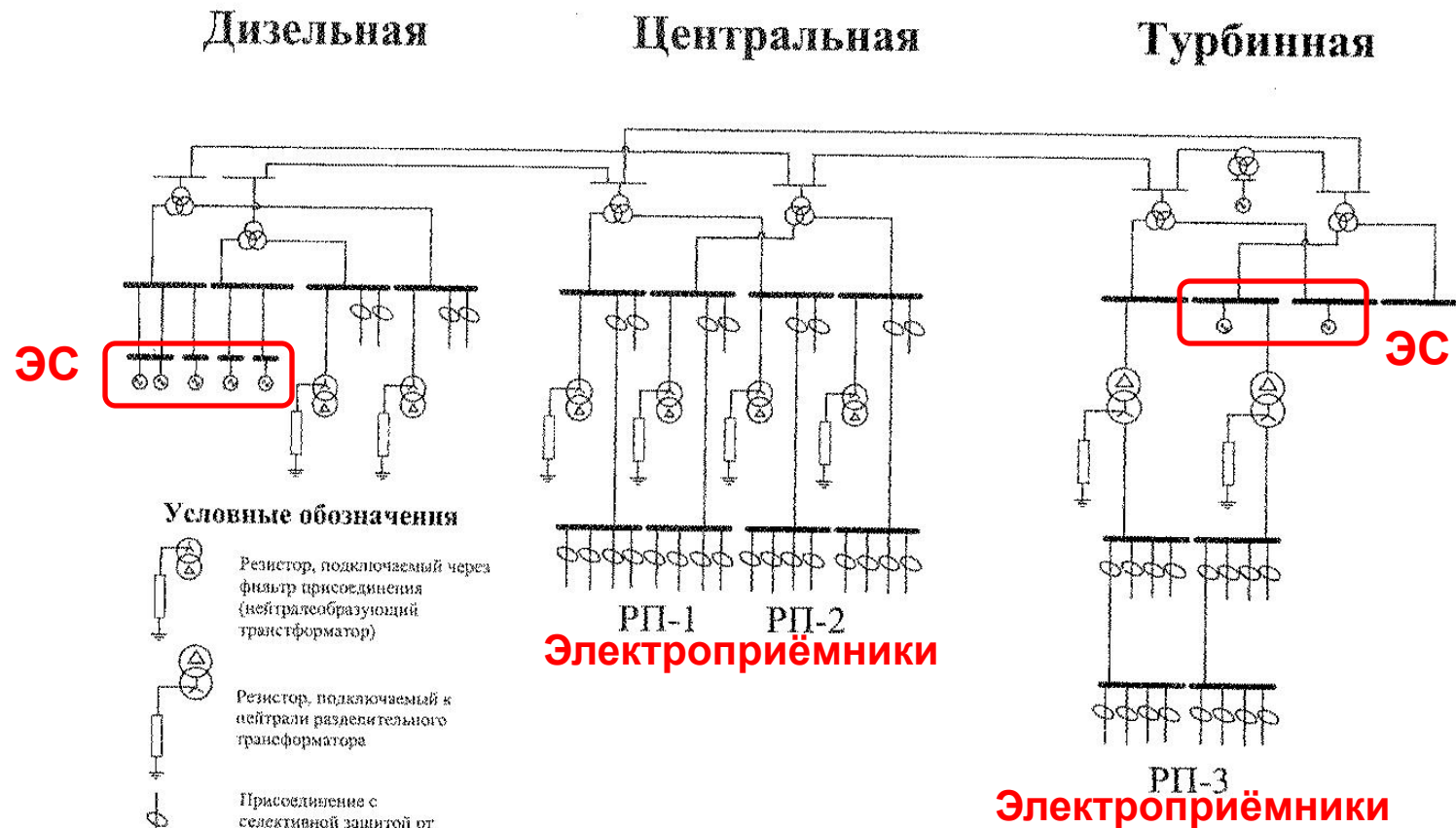
распределения электрической энергии

и преобразования её в другие виды энергии.

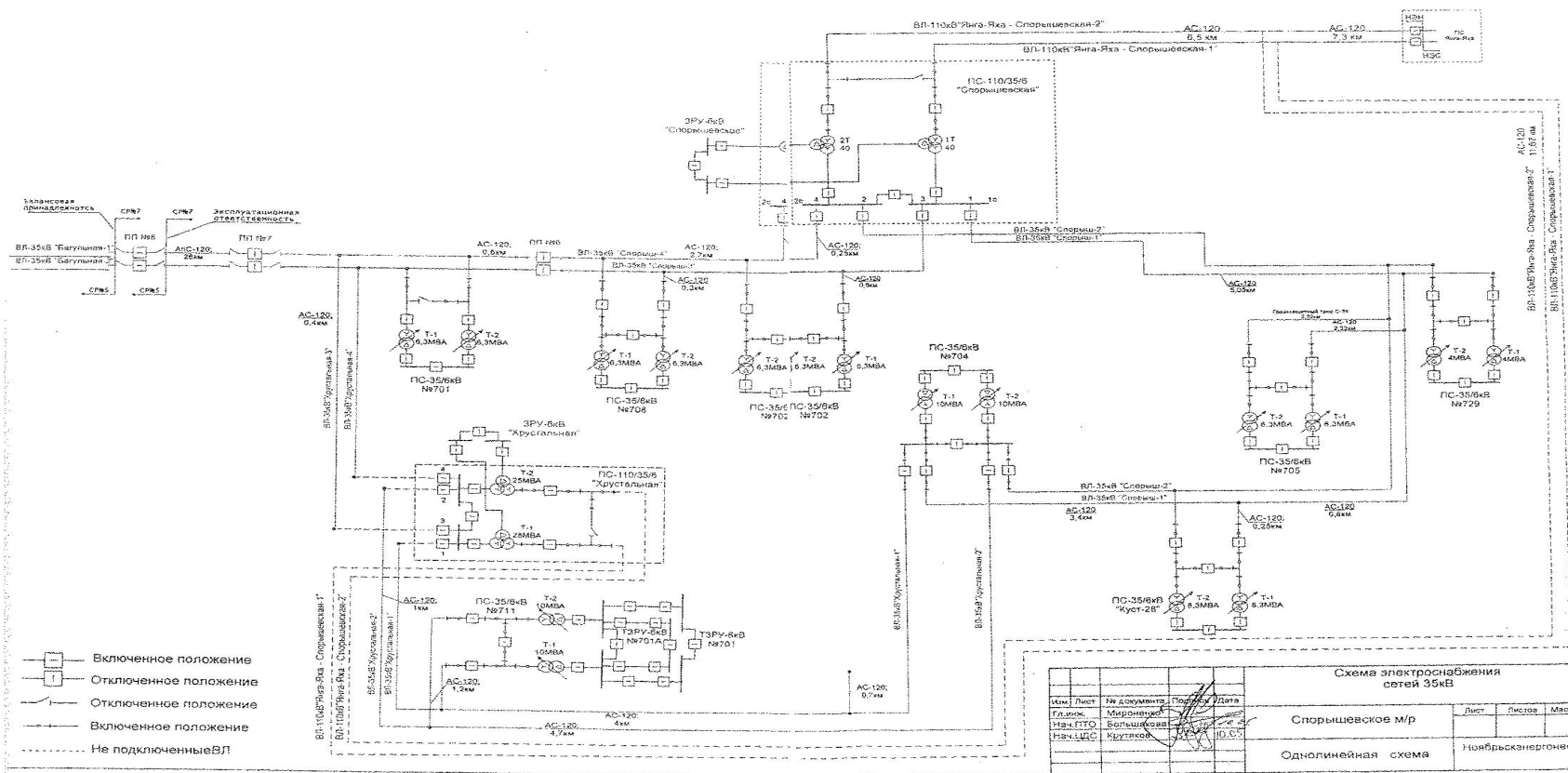
1.2.2. Энергетическая система (энергосистема) – совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режимов в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом

1.2.3. Электрическая часть энергосистемы – совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы.

1.2.4. Электроэнергетическая система – электрическая часть энергосистемы и питающиеся от неё приемники электрической энергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии.



1.2.6. Электрическая сеть – совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

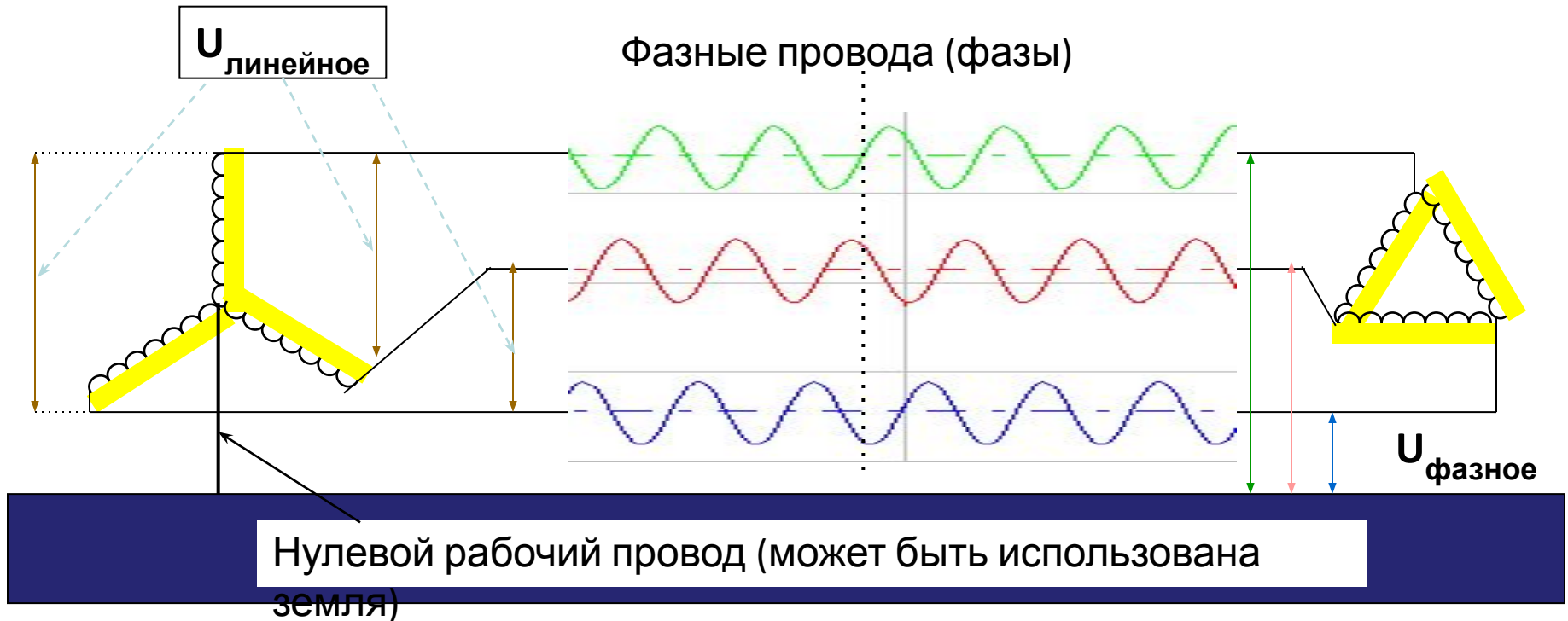


Электрические сети России – это сети трёхфазного переменного тока частотой 50 Гц.

На электрических станциях установлены трёхфазные генераторы. Обмотки статора трёхфазного генератора расположены через 120° по окружности статора. Магнитное поле вращающегося ротора создаёт максимальную ЭДС в каждой обмотке в разное время. В результате фаза ЭДС одной обмотки опережает фазу ЭДС следующей обмотки на 120° .

Трёхфазные системы позволяют создать компактные устройства передачи, трансформации и распределения большой электрической энергии

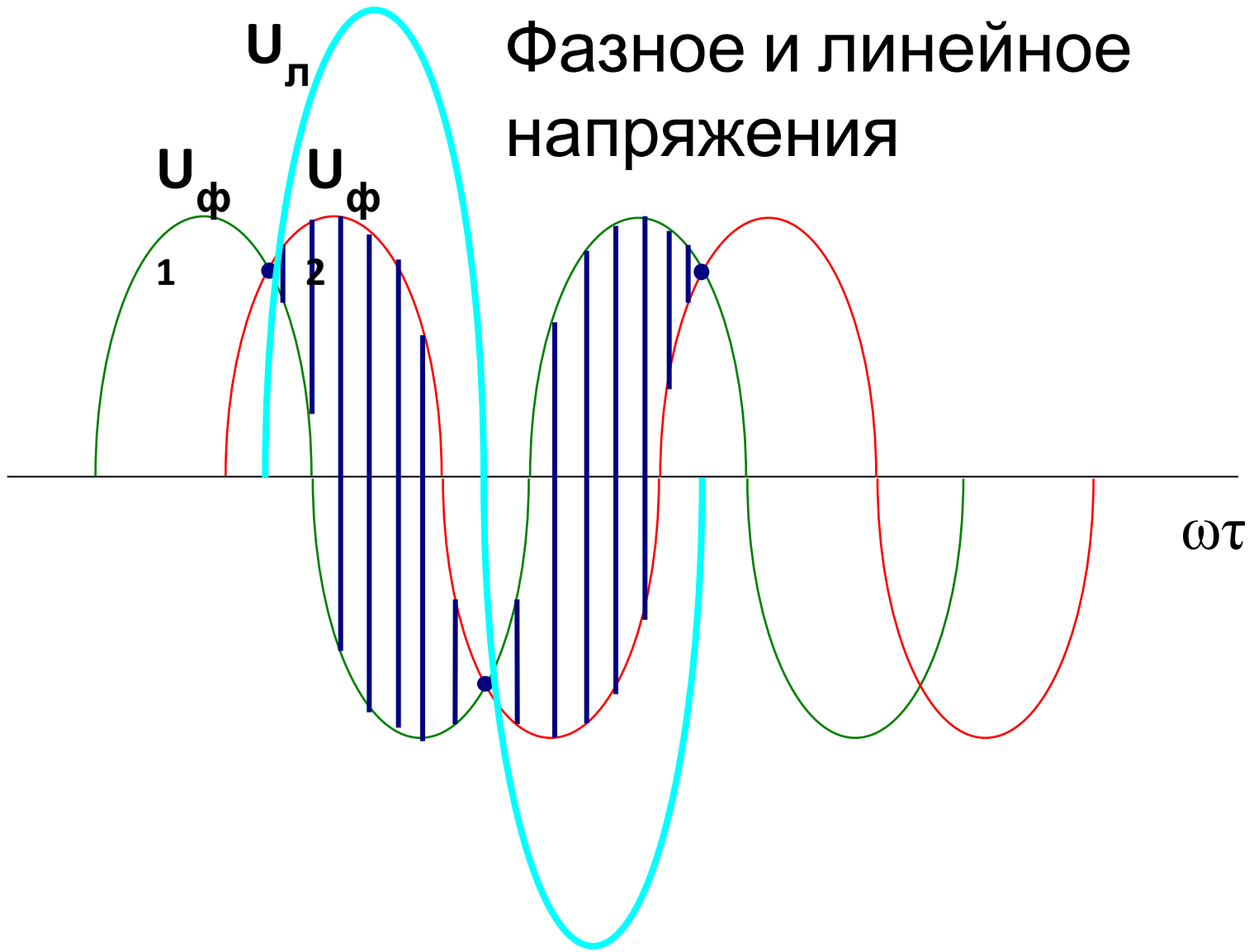
Электроустановки трёхфазного переменного тока



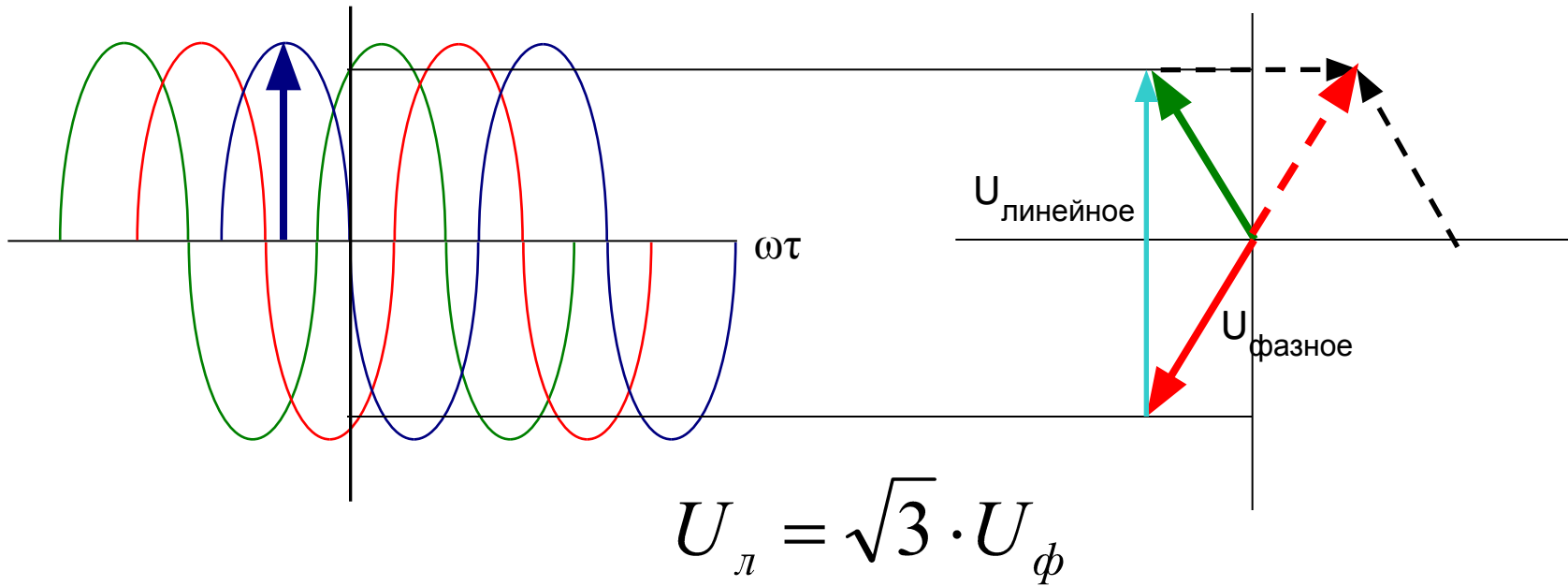
При одинаковых действующих значениях токов по фазным проводам ток в нулевом рабочем проводе равен нулю.

$$P_{1\phi} = U_{\phi} \cdot I ; \quad P_{3\phi} = 3U_{\phi} \cdot I$$

Фазное и линейное напряжения



Фазное и линейное напряжения



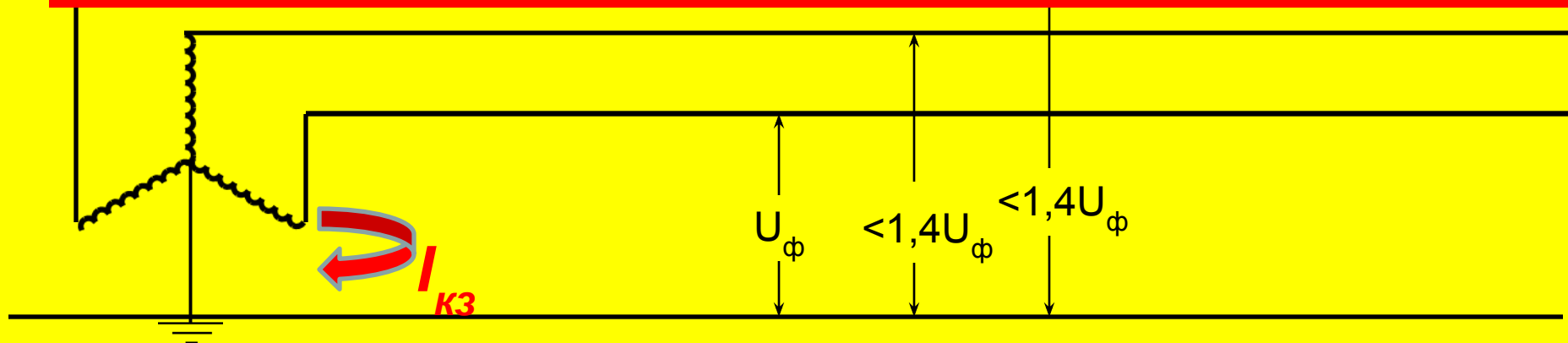
$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I$$

Электрические сети напряжением выше 1000 В подразделяются на сети:

- с эффективно заземлённой нейтралью,
- с изолированной нейтралью или нейтралью, заземлённой через дугогасящий реактор или резистор.

Сеть с эффективно заземлённой нейтралью

Номинальные напряжения: 110, 220 (330) 500, (750), 1150 кВ

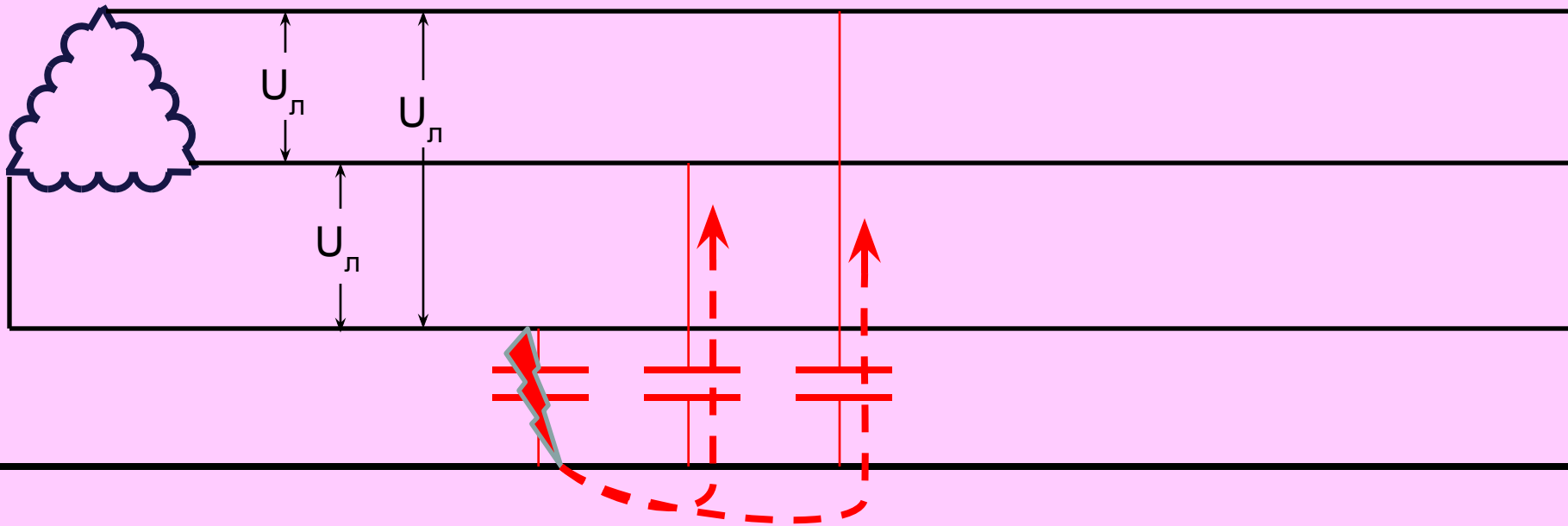


+++ Изоляция сети выполняется на фазное напряжение

--- Большие токи однофазного короткого замыкания

Сеть с изолированной нейтралью

Номинальные напряжения: 6, 10, (20), 35 кВ



+++ Токи однофазного замыкания на землю не превышают 500 А

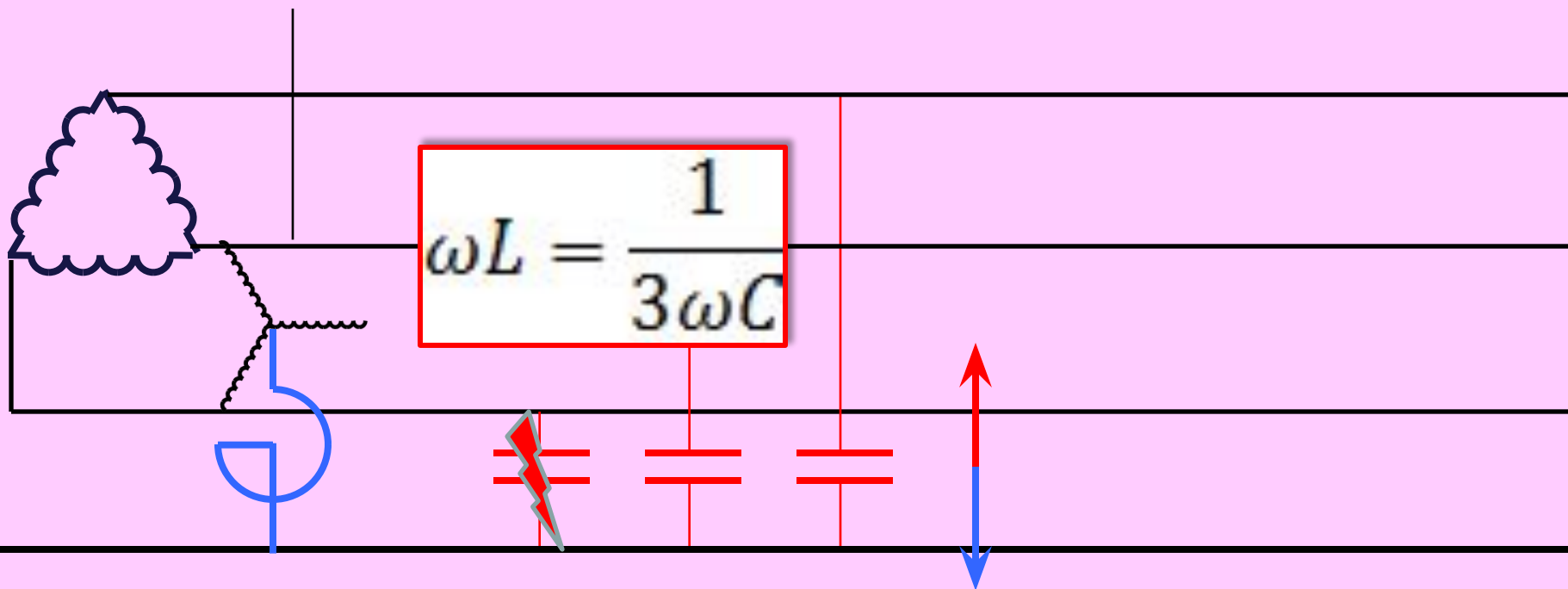
--- Изоляция сети выполняется на линейное напряжение

Другие варианты режима нейтрали в сетях 6...35 кВ:

-Заземление через дугогасящий реактор

-Заземление через резистор

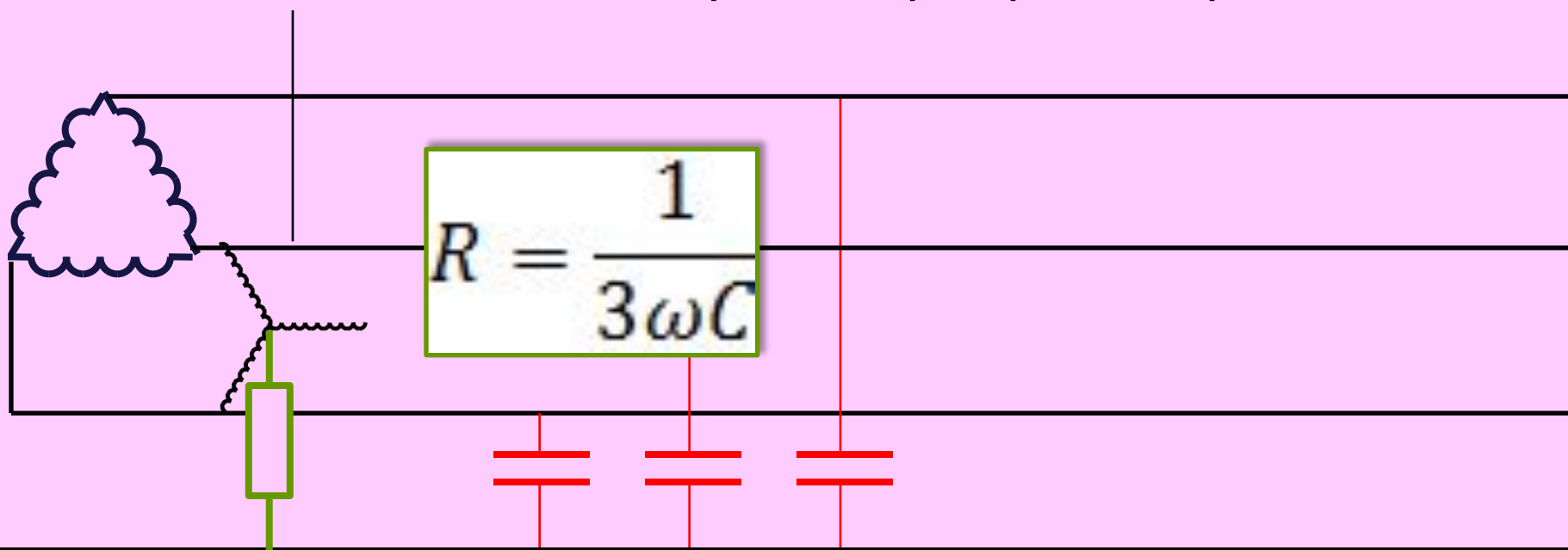
Заземление нейтрали через дугогасящий реактор



Условия применения дугогасящего реактора:

1. Сеть должна быть симметрична. Напряжение несимметрии должно быть не выше 0,75% фазного напряжения
2. ДГР должен иметь автоматическую подстройку к изменяющейся ёмкости сети

Заземление нейтрали через резистор



Достоинства сети с резистивным заземлением нейтрали:

1. Глубокое ограничение перенапряжений
2. Продление ресурса изоляционных конструкций
3. Повышение надёжности работы защит от однофазных замыканий на землю

Линии электропередачи служат для передачи электрической энергии на расстояние



Линии электропередачи , бывают воздушными и кабельными.

Воздушная линия электропередачи (ВЛ) в качестве основной изоляции использует воздух. Существуют ВЛ с изолированными проводами (до 1000 В и до 10 кВ)

АС 120

19,32

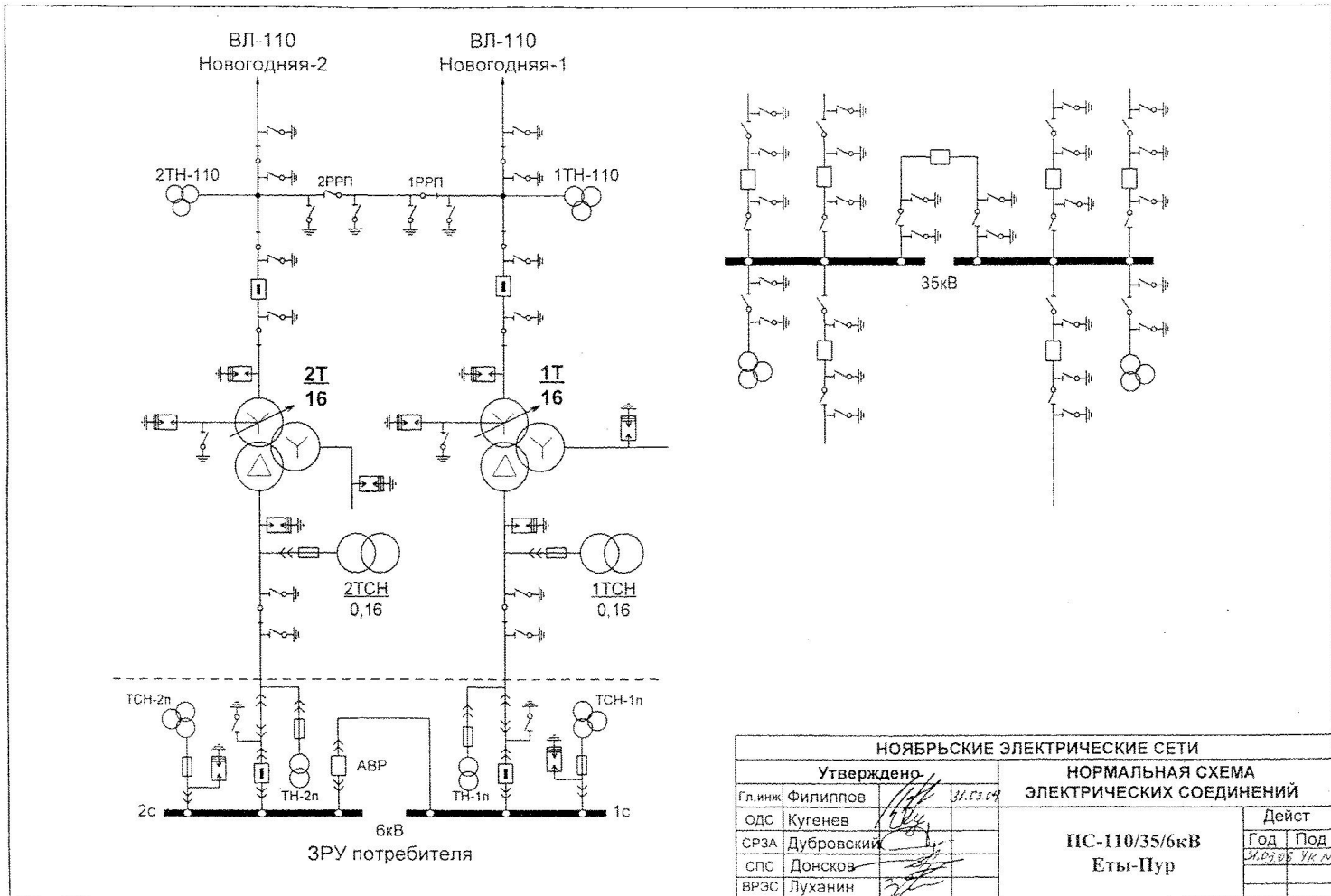
Кабельная линия электропередачи (КЛ) в качестве основной изоляции используется твердая, жидкая или газообразная изоляция. Существуют КЛ напряжением до 1000 В и до 500 кВ

Марка кабеля

Длина кабеля



Подстанция – это электроустановка, которая служит для трансформации и преобразования электрической энергии



Подстанция чаще всего содержит трансформаторы (**T1, T2..**) и распределительные устройства (**РУ**)

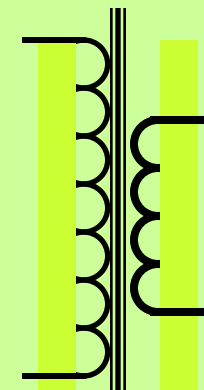
Подстанции с высшим напряжением 6..10 кВ сокращенно обозначаются **ТП**.

Подстанции с высшим напряжением ≥ 35 кВ сокращенно обозначаются **ПС**.

Электроустановка, предназначенная только для распределения энергии и не содержащая трансформаторов, называется распределительным пунктом (**РП**)

ТРАНСФОРМАТОР

- это устройство (электрическая машина или аппарат), предназначенное для трансформации электрической энергии. В нем электрическая энергия одних напряжения и тока преобразуется в электрическую энергию других напряжения и тока



Трансформаторы подразделяются:

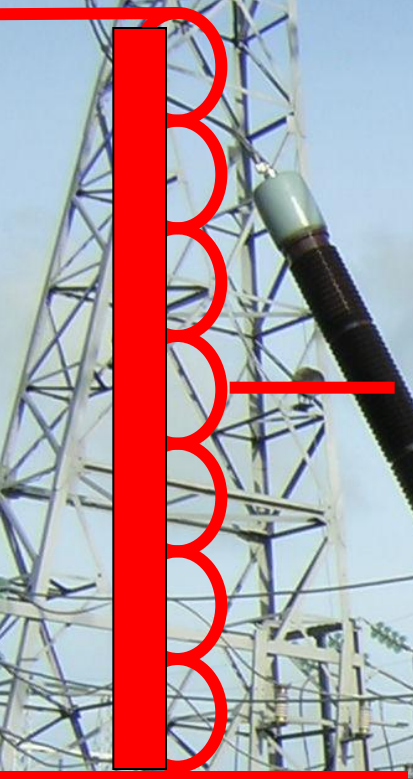
- **Силовые трансформаторы**
- **Измерительные трансформаторы:**
 - Трансформаторы тока
 - Трансформаторы напряжения

Обозначение
трансформатора



Силовой трансформатор – это электрическая машина, трансформирующая электрическую энергию (мощность) одних напряжения и тока в равноценную, но других напряжения и тока

Обозначение
автотрансформатора

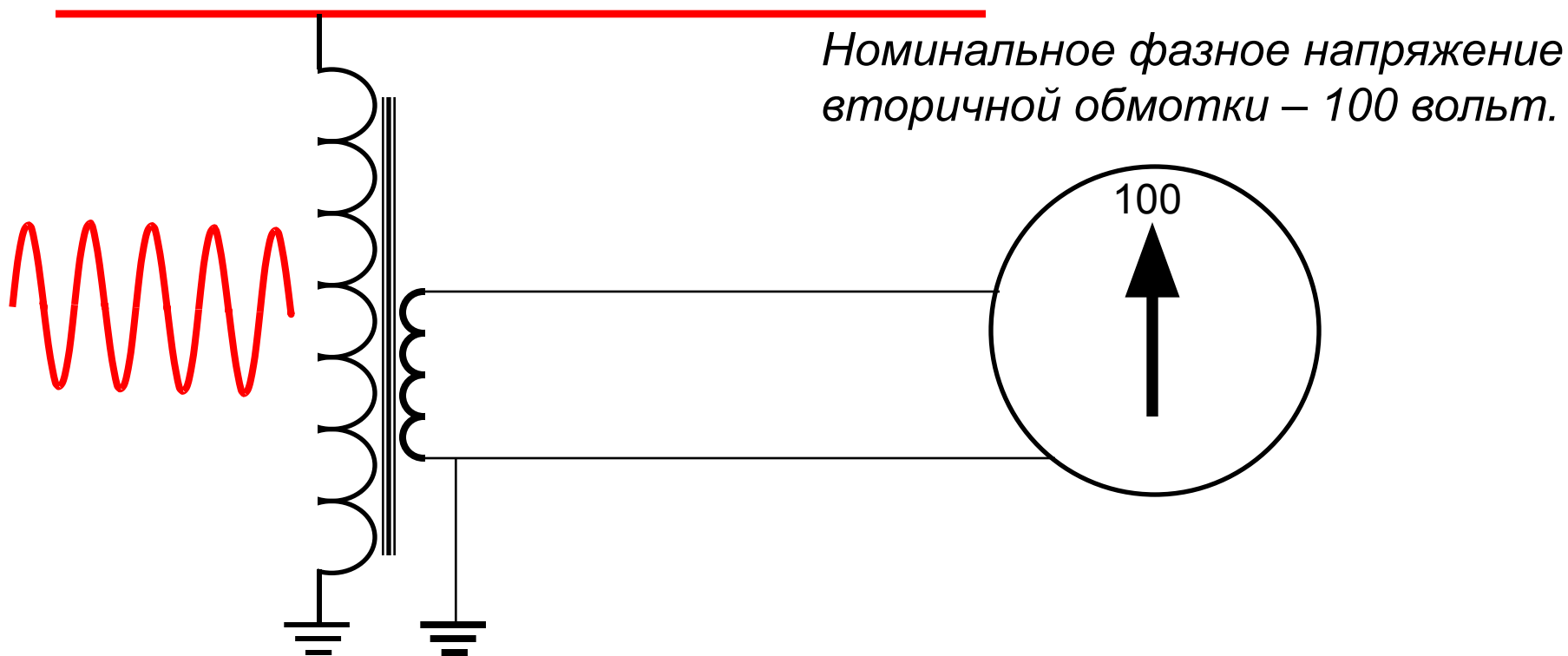


Силовой автотрансформатор

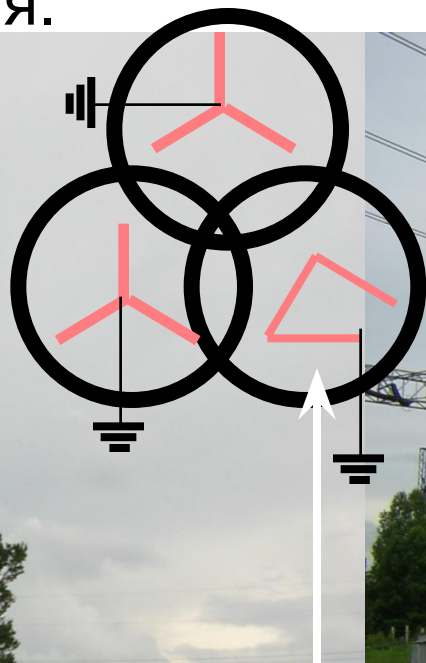
500/110 кВ

Трансформатор напряжения (ТН) – электрический аппарат, предназначенный для трансформации высокого напряжения в низкое с целью определения значений высокого напряжения аппаратурой низкого напряжения.

Первичная обмотка каждой фазы ТН подключается между фазой сети и землёй. Её номинальное напряжение равно фазному номинальному напряжению электрической сети.

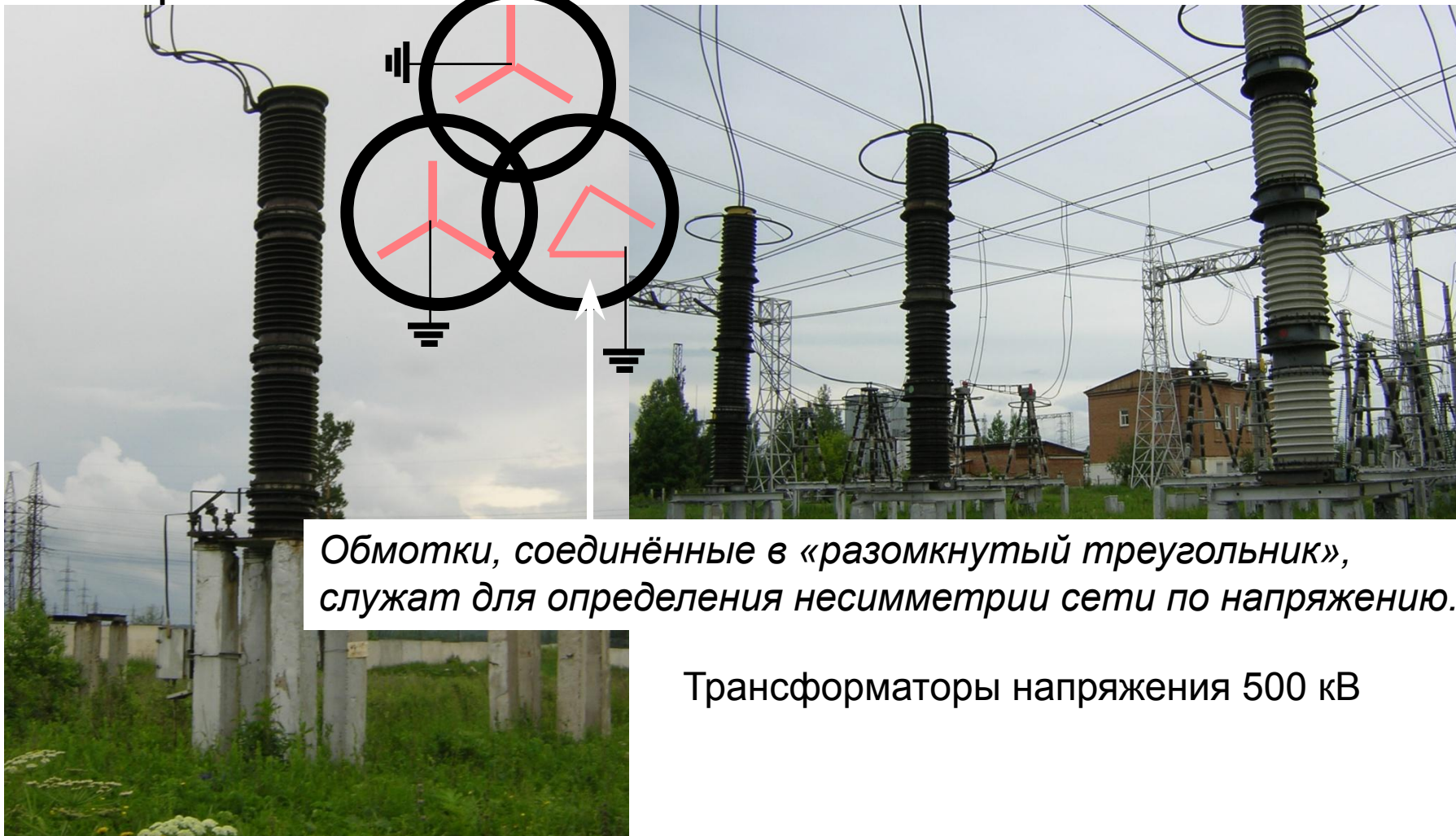


Трансформатор напряжения (ТН) – электрический аппарат, предназначенный для трансформации высокого напряжения в низкое с целью определения значений высокого напряжения аппаратурой низкого напряжения.



Обмотки, соединённые в «разомкнутый треугольник», служат для определения несимметрии сети по напряжению.

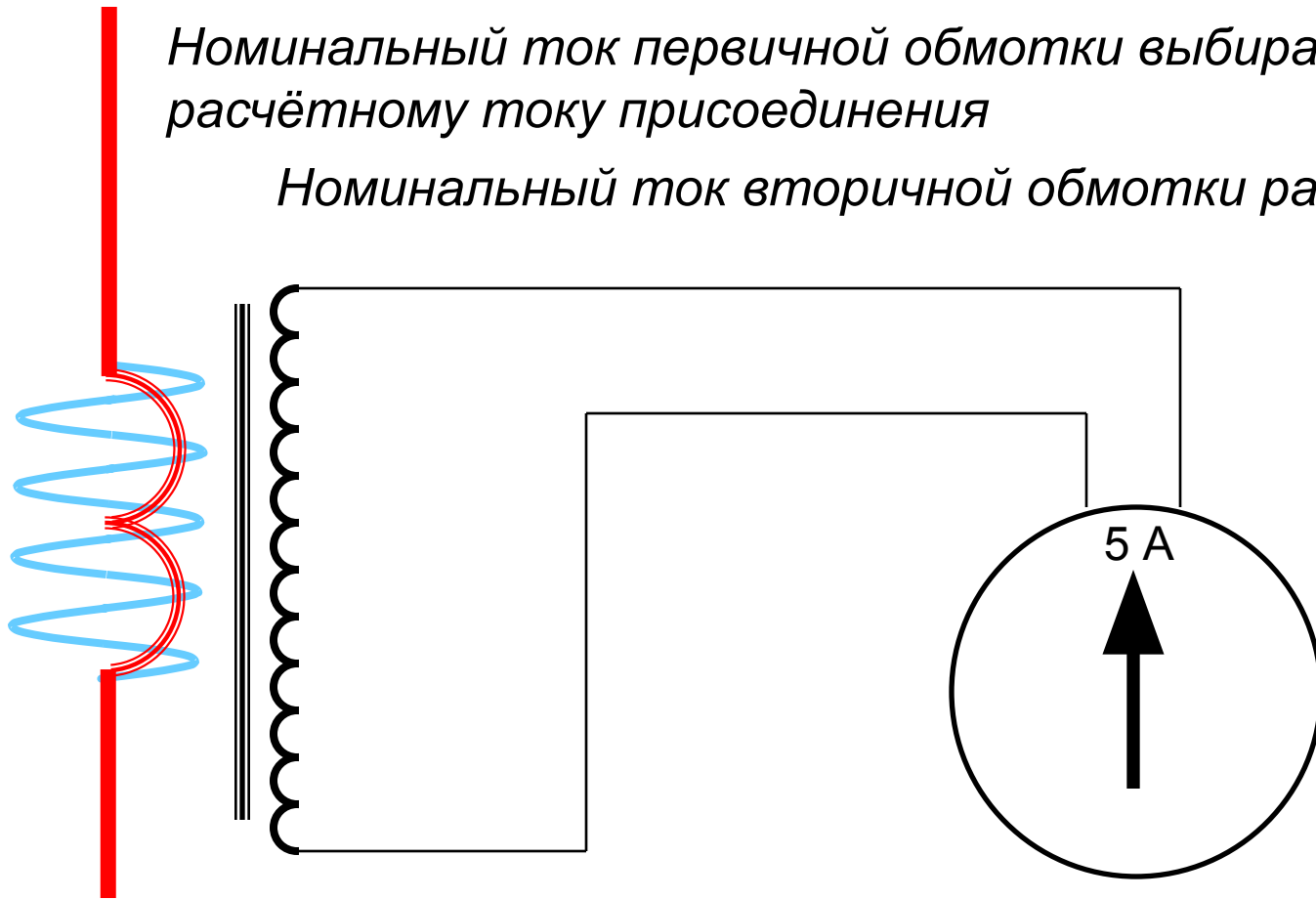
Трансформаторы напряжения 500 кВ



Трансформатор тока (ТТ) – это электрический аппарат, предназначенный для трансформации большого тока в малый с целью определения значений большого тока аппаратурой, измеряющей малые токи.

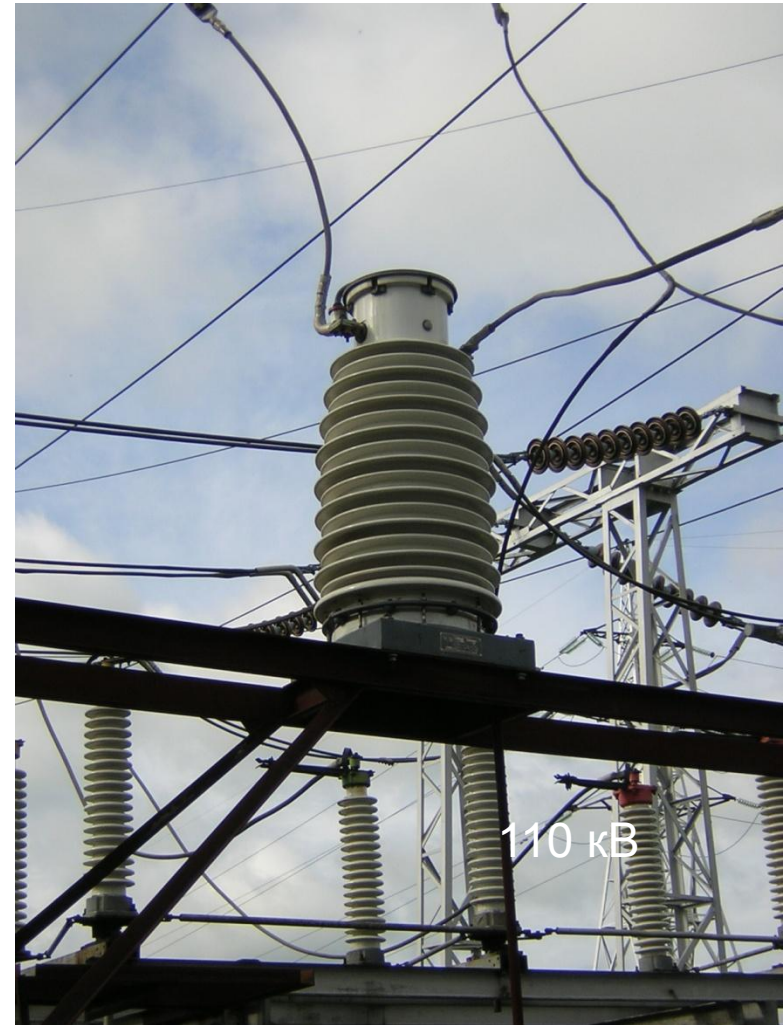
Номинальный ток первичной обмотки выбирается равным расчётному току присоединения

Номинальный ток вторичной обмотки равен 5 амперам



Шкала прибора имеет значения, пересчитанные в соответствии с коэффициентом трансформации: 200/5; 1000/5 и т.п.

Трансформатор тока (ТТ) – это электрический аппарат, предназначенный для трансформации большого тока в малый с целью определения значений большого тока аппаратурой, измеряющей малые токи.



Распределительным устройством РУ называется электроустановка, которая служит для приема и распределения электрической энергии между потребителями.

Распределительное устройство включает:

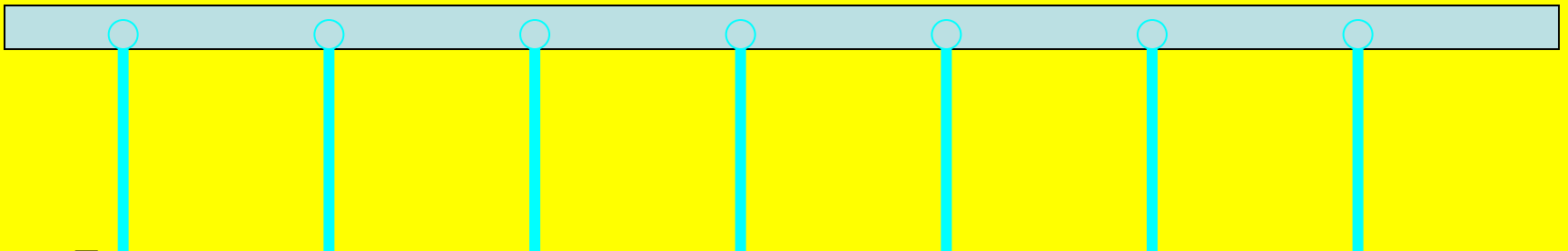
- Секции шин
- Выключатели
- Разъединители

В распределительном устройстве устанавливаются:

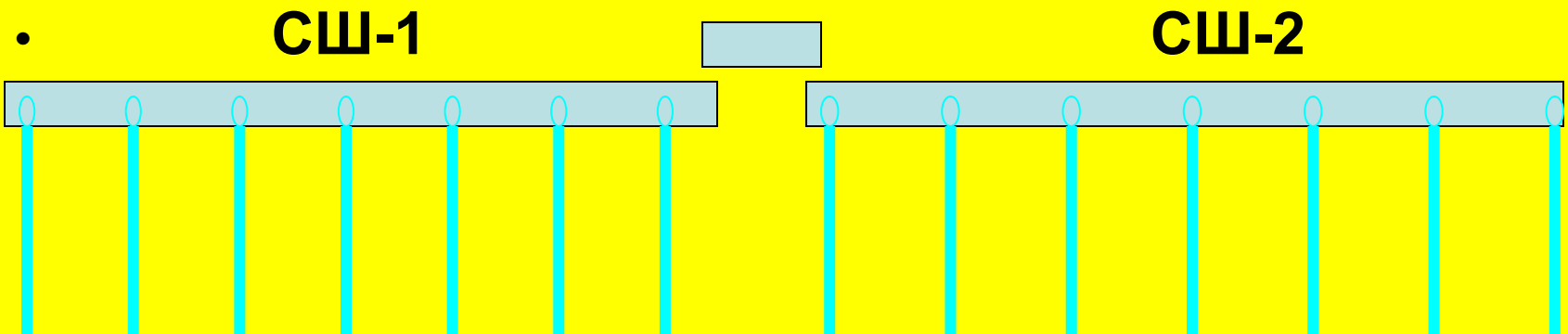
- трансформаторы напряжения,
- трансформаторы тока
- устройства для ограничения перенапряжений

ШИНЫ, СЕКЦИИ ШИН

- Неизолированный проводник какой либо фазы, от которого ответвляются несколько других проводников называется **шиной**:



- Если в электроустановке находится несколько отдельных шин (принадлежащих одноименной фазе), которые могут электрически соединяться и разъединяться между собой при помощи электрических аппаратов, такие отдельные шины называются **секциями**.



1.1.30. Буквенно-цифровые и цветовые обозначения шин в каждой электроустановке должны быть одинаковыми.

Шины должны быть обозначены:

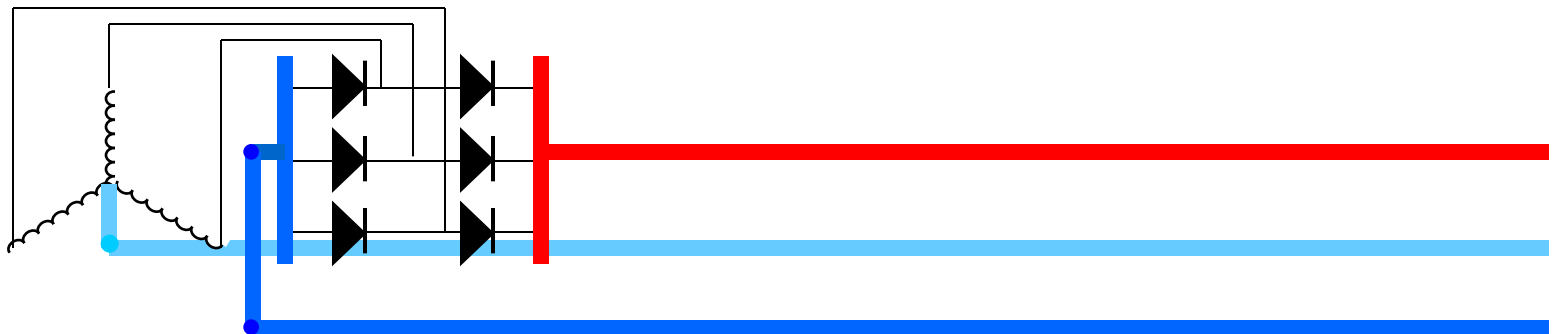
- При переменном трехфазном токе:

- Шины фазы **A** – желтым,
- фазы **B** – зелёным
- фазы **C** – красным



- При постоянном токе:

- Положительная шина (+) – красным цветом
- Отрицательная (-) – синим
- Нулевая рабочая – голубым цветом



ОРУ

Секция
шин
110 кВ

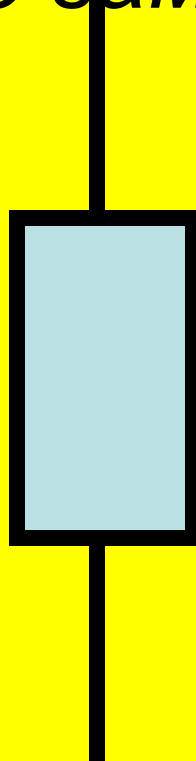


Выключатель – электрический аппарат, предназначенный для разрыва цепи тока (*тока нагрузки или тока короткого замыкания*)

Токи нагрузки:

от единиц до тысяч ампер

1.....10000 А



Токи короткого замыкания:

от сотен до десятков тысяч ампер

100...100000 А

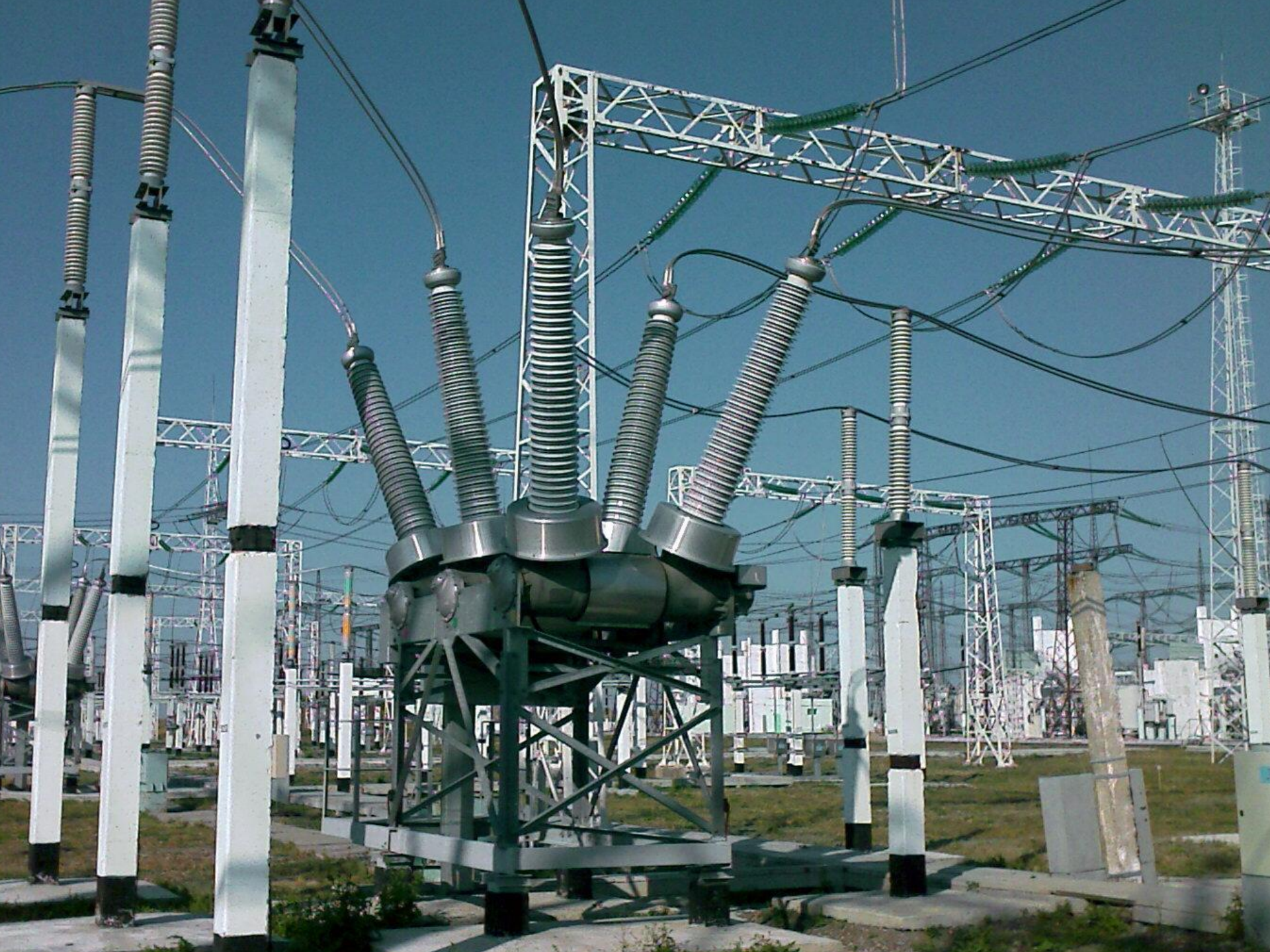


МКП -110



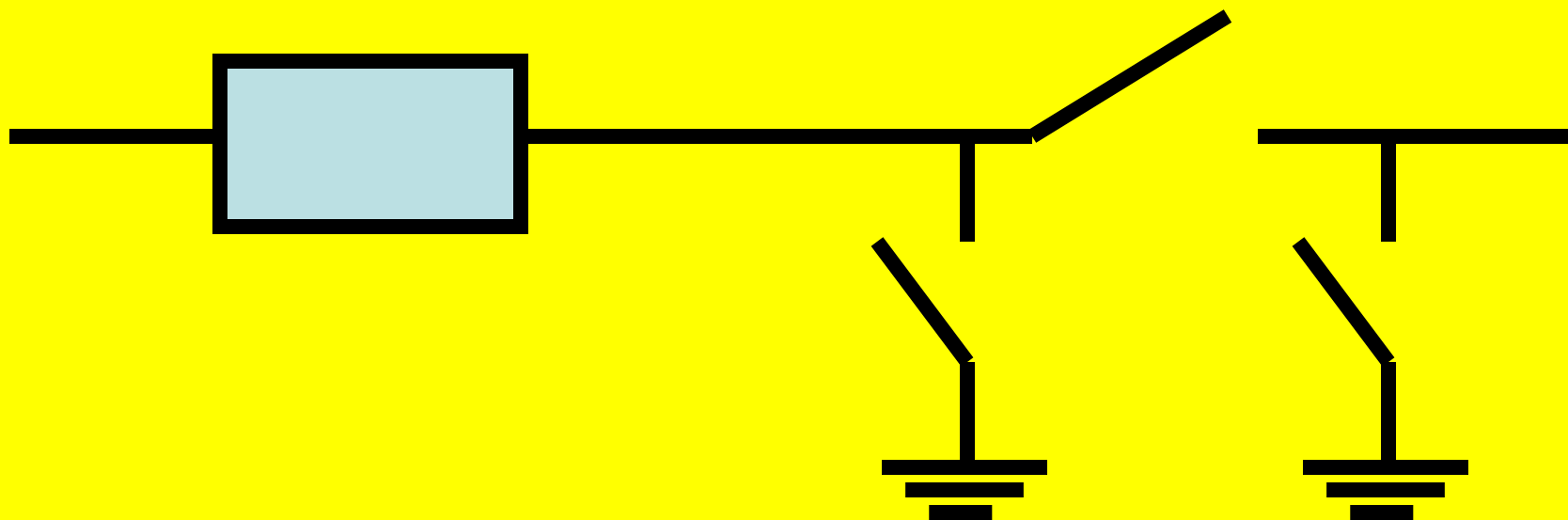
CB-35

C-35





Разъединитель- электрический аппарат, предназначенный для видимого разрыва электрической цепи



500 кВ



500 кВ



500 кВ



Ячейки ЗРУ с выкатными выключателями

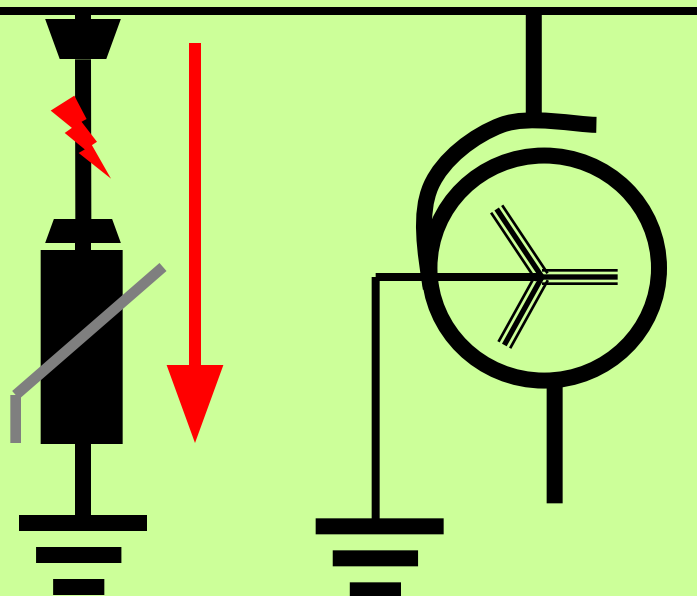


Разрядник – это электрический аппарат, предназначенный для защиты от перенапряжений. $q = CU$

Перенапряжение – появление в электрической сети напряжения выше номинального

▶ **ОПН (нелинейный ограничитель**

перенапряжений) – это электрический аппарат без искрового промежутка, предназначенный для защиты от перенапряжений.



ОПН 500 кВ





ОПН 110 кВ

Силовые резисторы

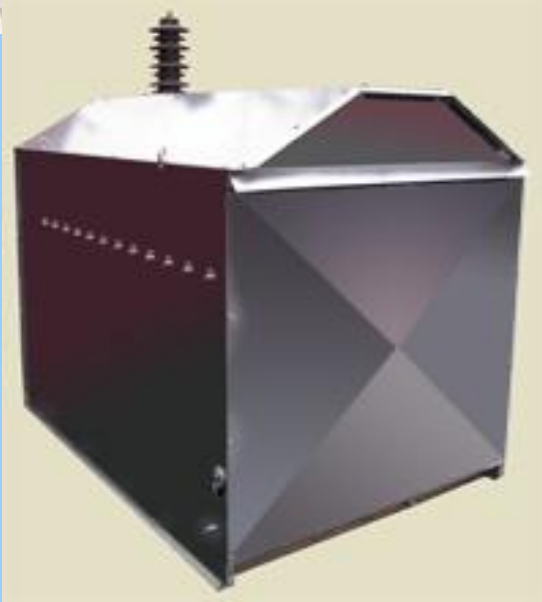
По назначению силовые резисторы можно разделить на несколько основных групп:

- резисторы, предназначенные для снижения коммутационных перенапряжений;
- резисторы для распределения напряжения между разрывами дугогасительного устройства многоразрывных выключателей;
- резисторы для ограничения и регулирования токов;
 - резисторы для заземления нейтрали сетей среднего напряжения;
 - резисторы для динамического торможения генераторов.

Силовые резисторы



Резисторы фирмы «Болид»



Резистор NER (Чехия)

Резисторы НГТУ



*Номинальное напряжение, кВ
Исполнение
Сопротивление, Ом
Время непрерывной работы, ч*



Лекция окончена.

Прошу задавать вопросы.

Можно в письменном виде.