

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

Для передачи большой мощности на расстояние применяется напряжение выше 1000 В, которое называют высоким напряжением, куда относят величины напряжения 6, 10, 20,35, 110, 150, 220, 330, 500, 750, 1150 кВ

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- Аппаратура высокого напряжения имеет увеличенные габариты, массу, большую стоимость, поэтому требует применения современных материалов и качественного технического обслуживания, и предусматривает высокую квалификацию обслуживающего персонала.
- К элементам и аппаратам напряжением свыше 1000 В относят: изоляторы, шины, предохранители, разъединители, выключатели нагрузки, короткозамыкатели, отделители, силовые выключатели, разрядники, реакторы, измерительные трансформаторы.
- **ИЗОЛЯТОРЫ** – предназначены для отделения (изоляции)

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- токоведущих частей от нетоковедущих (корпуса, массы, земли) и для крепления проводников (шин, токопроводов, проводов).
- Изоляторы бывают: опорные, проходные и подвесные; для внутренней и наружной установки; стационарные, аппаратные (в аппаратах) и линейные (на линиях). Материалы для изготовления изоляторов: - фарфор, стекло, пластмассы.
- Изоляторы применяются при любом напряжении. Если внутренняя полость изолятора заполнена маслом, или элегазом, то его называют масломоленным или газооленным вводом, такие вводы применяют на оборудовании при напряжении выше 35 кВ.

2 ИЗОЛЯТОРЫ И АРМАТУРА

2.1 ТИПЫ ИЗОЛЯТОРОВ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Изоляционные материалы



фарфор



стекло



Полимерные
материалы

ИЗОЛЯТОРЫ ЛИНЕЙНЫЕ ШТЫРЕВЫЕ



ИЗОЛЯТОРЫ ЛИНЕЙНЫЕ ПОДВЕСНЫЕ



ИЗОЛЯТОРЫ ОПОРНЫЕ



ИЗОЛЯТОРЫ ПРОХОДНЫЕ

ИЗОЛЯТОРЫ ПРОХОДНЫЕ ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ



ИЗОЛЯТОРЫ ОПОРНО-СТЕРЖНЕВЫЕ

РАЗЯДНИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ



РАЗЪЕДИНИТЕЛИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ



Перетяцько Виктория.

8 (727) 391-05-92

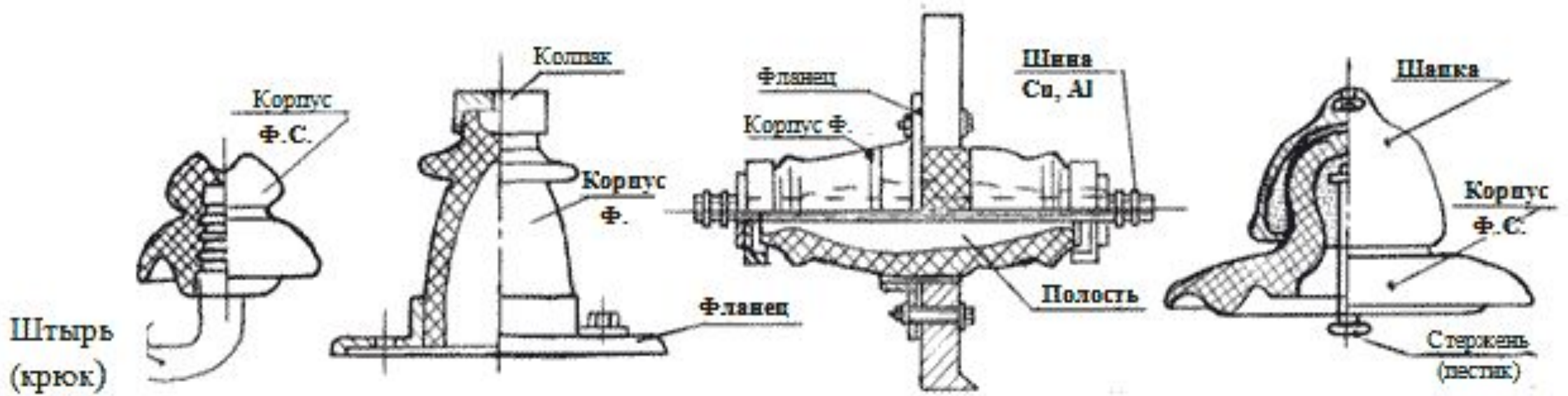
8 (727) 239-34-91

8-777-002-1819

8-777-302-2662

E-mail: texno.kz@bk.ru

Skype: [Viktoria21051985](https://www.skype.com/user/Viktoria21051985)



**Устройство штыревого, опорного,
проходного
и подвесного изоляторов**

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

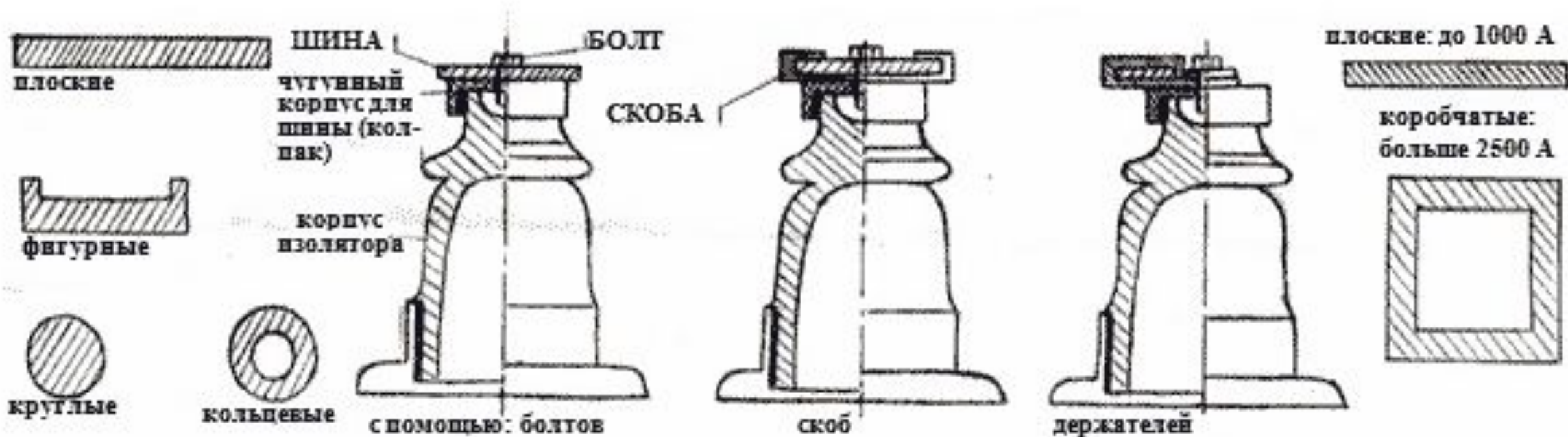
- **Опорные**, предназначены для крепления и изоляции токоведущих частей распределительных устройств (РУ). Обозначение:
 - О – опорный
 - Н – наружный
 - С – стержневой
 - У – усиленный
 - К – колонковый
 - Р – ребристый
 - Ш – штыревой
 - ШФ – штыревой фарфоровый
 - ШС – штыревой стеклянный
- **Проходные**, предназначены для прохождения токоведущей части через стены, перемычки, отсеки и камеры электроаппаратов. Обозначение: ИП (У) – изолятор проходной (усиленный)

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- **Подвесные** предназначены для подвески проводов и токопроводов и изоляции их от опор и конструктивных элементов зданий и сооружений. Обозначение: ПС (Ф) – подвесной стеклянный (фарфоровый), для воздушных ЛЭП, ПСРГ – ребристый для загрязненных районов.
- На воздушных линиях применяются штыревые изоляторы (до 35 кВ) и подвесные - от 6 кВ и выше. При напряжении выше 10 кВ подвесные изоляторы собирают в гирлянды: 35 кВ - 3-4 шт.; 110 кВ - 7-8 шт.; 220 кВ - 12-14 шт. и т.д. ; 6-10 кВ – 1 шт.

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

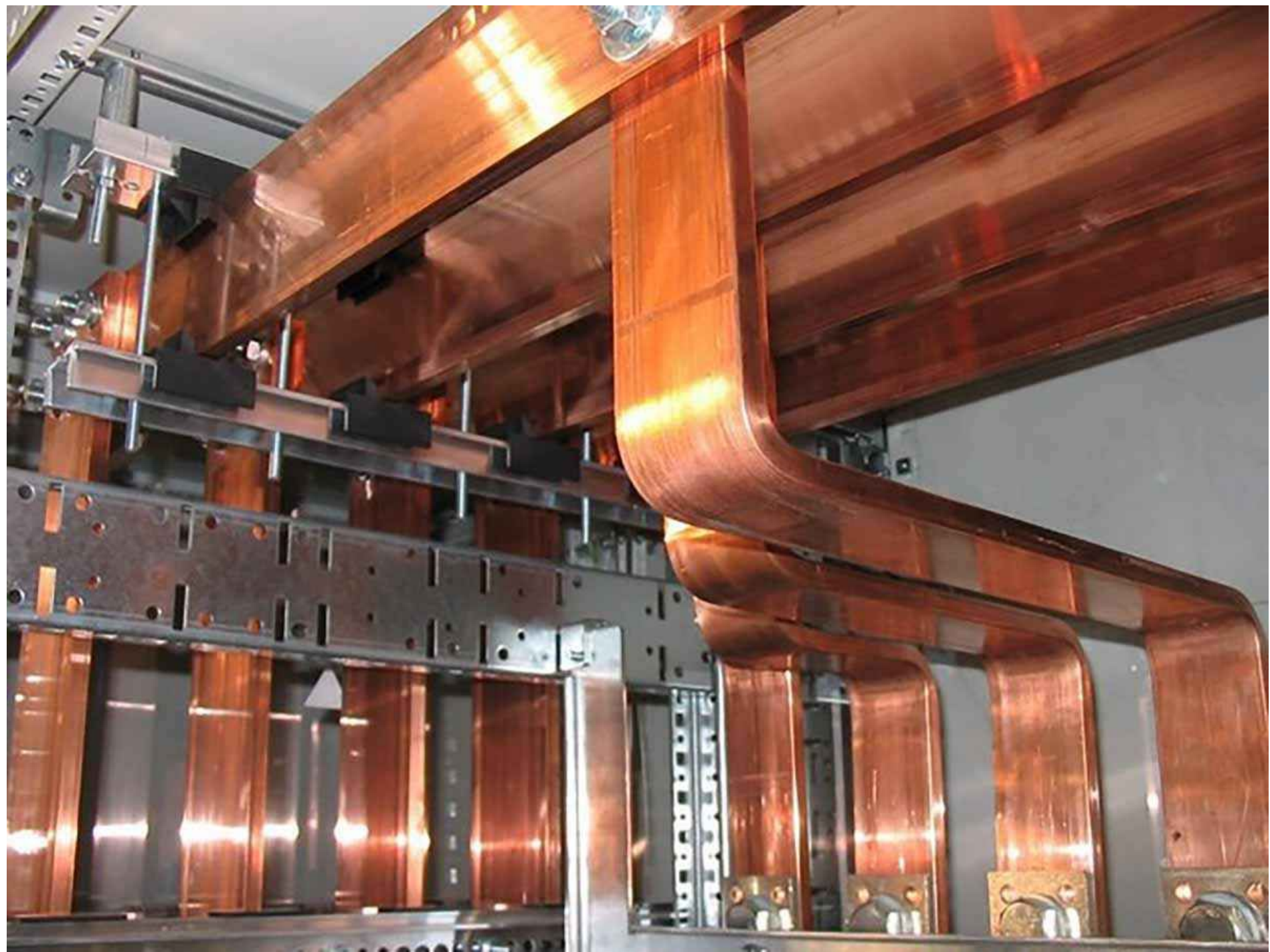
- **Шины** предназначены для проведения токов больших величин или технологических надобностей и изготавливаются из алюминия, меди, стали. В распределительных устройствах шины крепятся к изоляторам с помощью болтов, скоб и держателей. Чаще всего шины изготавливаются из алюминия или меди. В открытых распределительных устройствах, а иногда и в закрытых распределительных устройствах подстанций применяются **гибкие** шины, конструктивно схожие с гибкими проводами. Формы сечения шин: плоские, круглые, кольцевые(трубчатые).



Формы сечения и способы крепления шин

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- Во время короткого замыкания жесткие шины и изоляторы испытывают большие динамические нагрузки. Наиболее распространенными при токах до 1000 А являются алюминиевые плоские шины. Они крепятся, как правило, плашмя. Шины коробчатого сечения применяются при токах больше 2500 А. Допустимая температура шин при нормальной работе не более 70°C при температуре воздуха 25°C . Предельная температура шин: медных - 300°C ; алюминиевых - 200°C ; стальных - 300°C .
- Для отличия фазировки шины окрашивают и располагают в определенном порядке: ближняя к проходу людей шина окрашивается в красный цвет.



Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- Цвета окраски шин для переменного тока обозначение для переменного тока:
- Фаза А L_1 желтый – дальняя
- В L_2 зеленый – средняя
- С L_3 красный – ближняя
- N О голубой или полосатый ж/з.
- для постоянного тока:
- + - красный;
- «-» - синий;

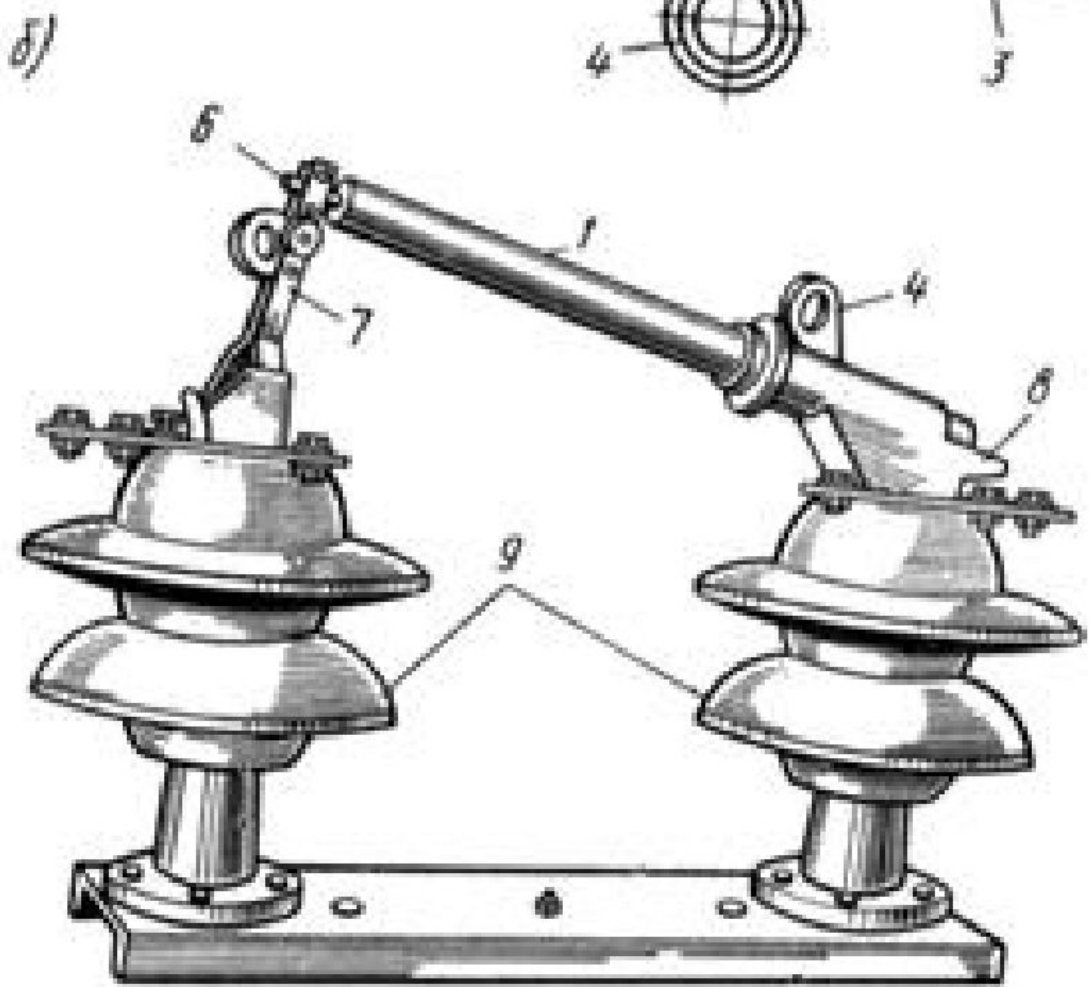
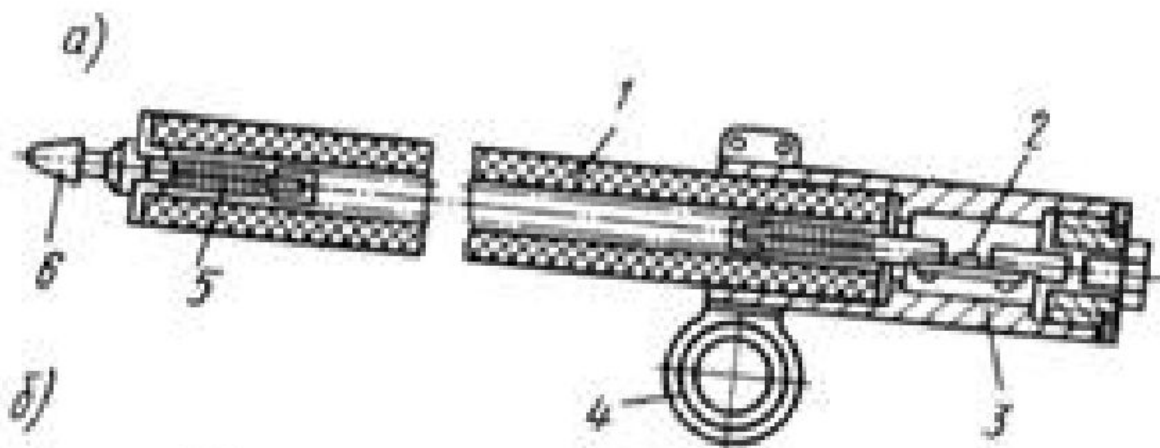
Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- **Предохранители (FU)**
- Предохранители предназначены для защиты силовых и измерительных трансформаторов, другого оборудования от коротких замыканий. Следует помнить, что предохранители не могут обеспечивать защиту от перегрузок.
- Предохранители бывают кварцевые ПК, газогенерирующие (выхлопные) ПВ, стреляющие ПС, ПСН.
- Маркировка предохранителей:
- ПК 1,2,3,4 – предохранитель с кварцевым заполнением, цифры -



Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- номера серий;
- ПКТ – трансформаторный,
- ПКЭ – экскаваторный,
- ПКТН – для защиты трансформаторов напряжения,
- ПКЭН – для экскаваторных КРУ,
- ПК-1-4 – предохранитель с указателем срабатывания,
- ПС, ПСН – предохранитель стреляющий наружной установки.
- Предохранители применяются для защиты электроустановок от коротких замыканий при напряжении до 110 кВ. Предохранители



- 1- трубка из газогенерирующего материала,
- 2 – плавкая вставка,
- 3 –металлический колпак,
- 4 –скоба,
- 5 –проводник,
- 6 –наконечник,
- 7 –рычаг,
- 8 –держатель,
- 9 – изоляторы.

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- бывают кварцевые, выхлопные или стреляющие. Предохранители устанавливаются в КРУ для защиты силовых трансформаторов, трансформаторов напряжения, других приемников ограниченной мощности. Часто предохранители используются совместно с разъединителями или выключателями нагрузки. Патрон изготавливается из стекла, фарфора или из другого материала.
- **Разъединители.**
- Высоковольтные разъединители предназначены для включения и отключения электроустановок (только без нагрузки!) и обеспечения видимого разрыва цепи. Разъединители применяют при любом напряжении внутри электроустановок, в КРУ и в открытых

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- в распределительных устройствах наружных установок. Разъединителями разрешается отключать ток 30 А при напряжении до 10 кВ, а также ток 5А до 35 кВ при замыкании на землю.
- Разъединители выпускаются на номинальный ток до 5000 А. Разъединители бывают одно-, двух-, трехполюсные; с заземляющими ножами и без них, **разъединители не имеют дугогасительных устройств.**
- В обозначениях разъединителей также применяются следующие буквы:
- О – однополюсный, У – усиленная изоляция, Б – с механической блокировкой ножей, П – с рычажной передачей.

Разъедините лъ



Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- **Приводы разъединителей.** Для включения разъединителей применяются различные приводы, позволяющие производить коммутацию на определенном расстоянии.
- - рычажный ПР-3; ПР-10; ПР-11 – применяются для разъединителей типа РВ, РВО, РЛВО, РВФ(3)
- - двигательный (моторный) ПД-12
- - рычажный для наружной установки – ПРН-1; ПРН-3.
- **Выключатели нагрузки.**
- Выключатели нагрузки предназначены для отключения электроустановок напряжением до 10 кВ под нагрузкой (но не при КЗ!) и для обеспечения видимого разрыва цепи.



**Выключатель
нагрузки**

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- По конструкции похожи на разъединители, но с дугогасительными камерами, содержащими вкладыши из органического стекла.
- Номинальный ток выключателя нагрузки – 400; 630 А.
- Гашение электрической дуги происходит за счет выделения газа при разложении вкладышей из органического стекла при действии электрической дуги. Эти выключатели также называют **автогазовыми**. В некоторых выключателях применяют катушки магнитного дутья или дутье воздуха. Замена вкладышей производится через 150-200 отключений при токе 100 А, однако при токе 400 А – после 3-4 отключений.

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- Привод выключателей –ручной, рычажный типа ПР; ПРА-17; (А – для дистанционного управления) ПЭ -11 – электромагнитный. В настоящее время находят применение вакуумные и элегазовые выключатели нагрузки отечественного и зарубежного производства, однако они не обеспечивают видимый разрыв цепи при отключении, поэтому при их использовании необходимо применение разъединителей. МО
- **Короткозамыкатели и отделители.**
- **Короткозамыкатели** предназначены для создания искусственно-го замыкания на землю в сетях напряжением 35-220 кВ при повреждениях на трансформаторных подстанциях, не имеющих

Короткозамыкатель – предназначен для создания КЗ в цепи высокого напряжения.



Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- силовых выключателей. При создании КЗ на землю срабатывает защита на питающей подстанции (РПС) и питающая линия отключается. Короткозамыкатели имеют дистанционное управление с помощью электромагнитного или моторного привода.
- **Отделители** предназначены для автоматического отключения питающей линии в период без токовой паузы (после срабатывания короткозамыкателя и защиты на РПС). После отключения отделителя питающая линия снова может включиться, но напряжение на ГПП поступать не будет, т.к. отделитель отключен. Конструктивно отделитель похож на

Отделитель



Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- разъединитель с автоматическим приводом. Отделители применяются при напряжении 35-220 кВ.
- Короткозамыкатели и отделители всегда имеют моторный и ручной привода.
- **Силовые выключатели.**
- Силовые выключатели применяются при любом напряжении для коммутации электрических цепей в любых режимах, в т. ч. при КЗ. Основные параметры: $I_{ном}$, $I_{ном}$, $I_{макс}$. (ток отключения при КЗ), $S_{макс}$ – мощность отключения при КЗ, $t_{св}$ – время собственное отключения.

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- Силовые выключатели разделяются:
 - - по роду установки: внутренней и наружной,
 - - по роду дугогасящей среды: масляные, воздушные, электромагнитные, элегазовые и вакуумные.
 - - по количеству и объему масла масляные делятся на многообъемные и малообъемные выключатели.
- **Масляные выключатели многообъемные** (баковые) с большим объемом масла применяются при напряжении до 220 кВ, имеют большое время отключения – до 0,15 с, пожароопасные, т.к. содержат много масла. Кроме этого масло необходимо менять

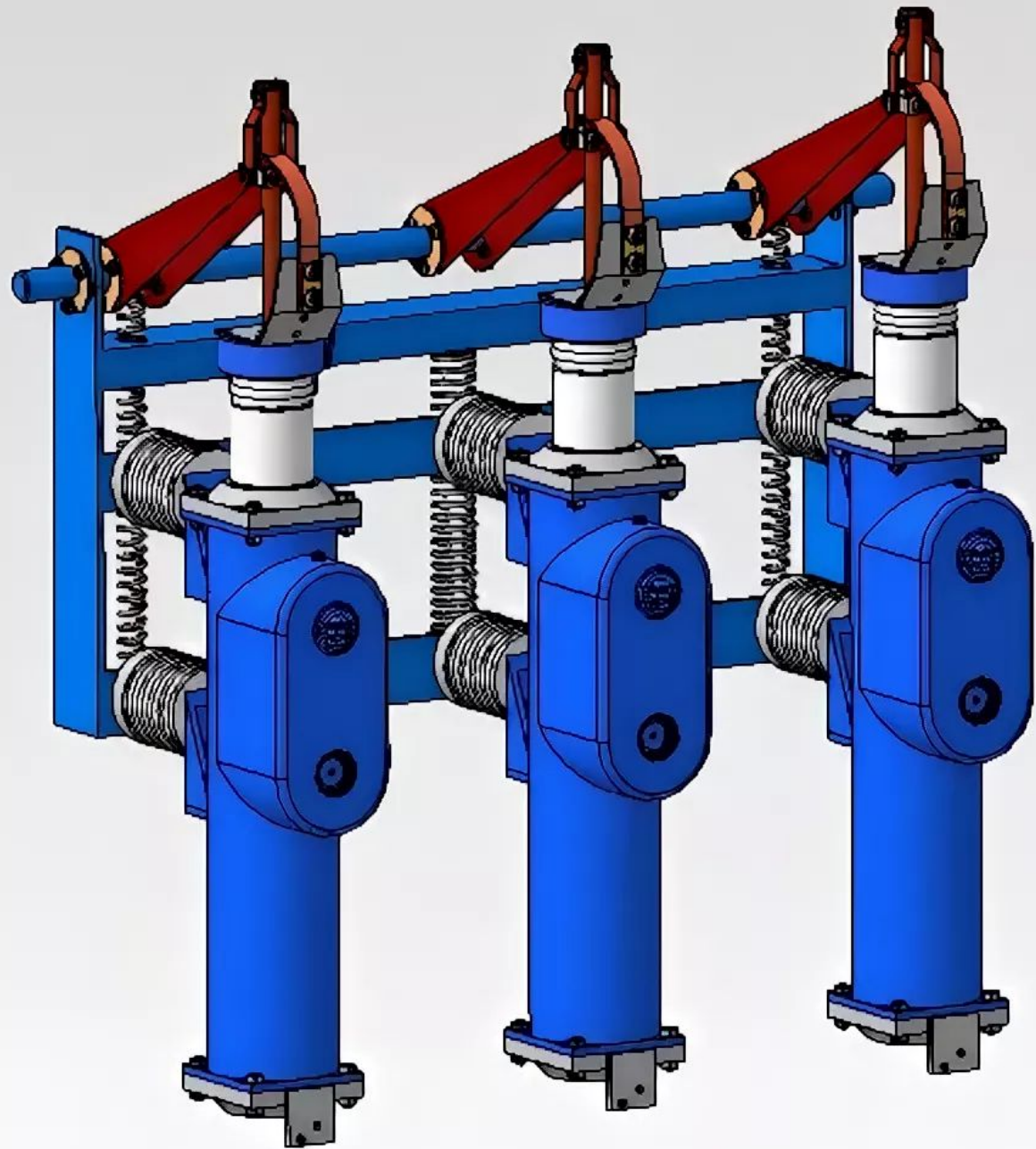


Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- после каждого отключения тока КЗ. При напряжении 6-10 кВ все три полюса выключателя помещаются в общий бак. При напряжении свыше 10 кВ выключатели имеют отдельные баки на каждую фазу. В настоящее время большинство масляных выключателей заменяются на более современные, не содержащие масла.
- В выключателях применяется специальное трансформаторное масло, имеющее высокую электрическую прочность, высокую антиокислительную стабильность, низкую температуру застывания, в масле не допускается наличие механических примесей и воды.

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- **Малообъемные масляные выключатели.** У них, в отличие от многообъемных, масло предназначено только для гашения дуги. Дуга гасится потоком масла, или газомасляной смеси, которая образуется в результате разложения масла от действия высокой температуры дуги. Движение потока масла происходит при отключении выключателя за счет поршневого эффекта подвижных элементов.
- Достоинством этих выключателей является меньшая пожароопасность, взрывобезопасность, меньшее время срабатывания (меньше 0,1 с), меньшие габариты и масса. Конструктивно выключатель выполнен в виде трех отдельных полюсов, горшков или колонок, связанных общей рамой и общим приводом.



Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- Выключатели оборудуются ручным, электромагнитным, пружинным, моторным или комбинированным приводом.
- **Воздушные выключатели.** Действие этих выключателей основано на гашении электрической дуги за счет мощного потока воздуха, выдувающего дугу из зоны действия основных контактов. Масла эти выключатели не содержат.
- Выключатели применяются при напряжении 35 кВ и выше. Эти выключатели имеют большую массу и габариты, специальную компрессорную установку и ресивер, что приводит к большей стоимости, однако в связи с пожаробезопасностью и малым



Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- временем отключения (0,04- 0,08 с) они применяются на ответственных электростанциях и подстанциях. При отключении такого выключателя расходуется до 40 м³ воздуха при давлении до 2 - 3 МПа.
- **Элегазовые и вакуумные силовые выключатели.** В настоящее время в США, Европе , Японии широко применяются, а в нашей стране начинают применяться элегазовые и вакуумные силовые выключатели на напряжение 10, 35, 110 кВ и выше. На их основе изготавливаются КРУ с элегазовыми выключателями (КРУЭ или ЯЭ), или с вакуумными (КВ) выключателями.

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- Элегазовые выключатели применяются при изготовлении КРУ на напряжение выше 10 кВ, что невозможно было при использовании масляных выключателей. Элегазовые КРУ применяются при напряжении 35, 110, 150, 220 кВ и выше. В связи с их уменьшенными габаритами имеется возможность применять на подстанциях закрытые (ЗРУ) вместо открытых (ОРУ) распределительных устройств.
- В этих выключателях гашение дуги происходит за счет действия действия электротехнического газа (элегаза), дугогасящие свойства которого в 4-5 раз лучше, чем у воздуха. Химическая формула элегаза — SF_6 .



forca.ru

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- **Вакуумный выключатель** — высоковольтный выключатель, в котором вакуум, создаваемый в вакуумных камерах, служит средой для гашения электрической дуги.
- Механизм гашения дуги в вакуумных выключателях основан на высокой электрической прочности и усиленных диэлектрических свойствах вакуума. В момент размыкания контактов в вакуумном промежутке возникает электрическая дуга, которая поддерживается за счет металла, испаряющегося с поверхности контактов. При переходе тока через ноль, происходит гашение дуги и восстановление диэлектрических свойств вакуумного промежутка, и дуга между разомкнутыми контактами больше не возникает.



Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

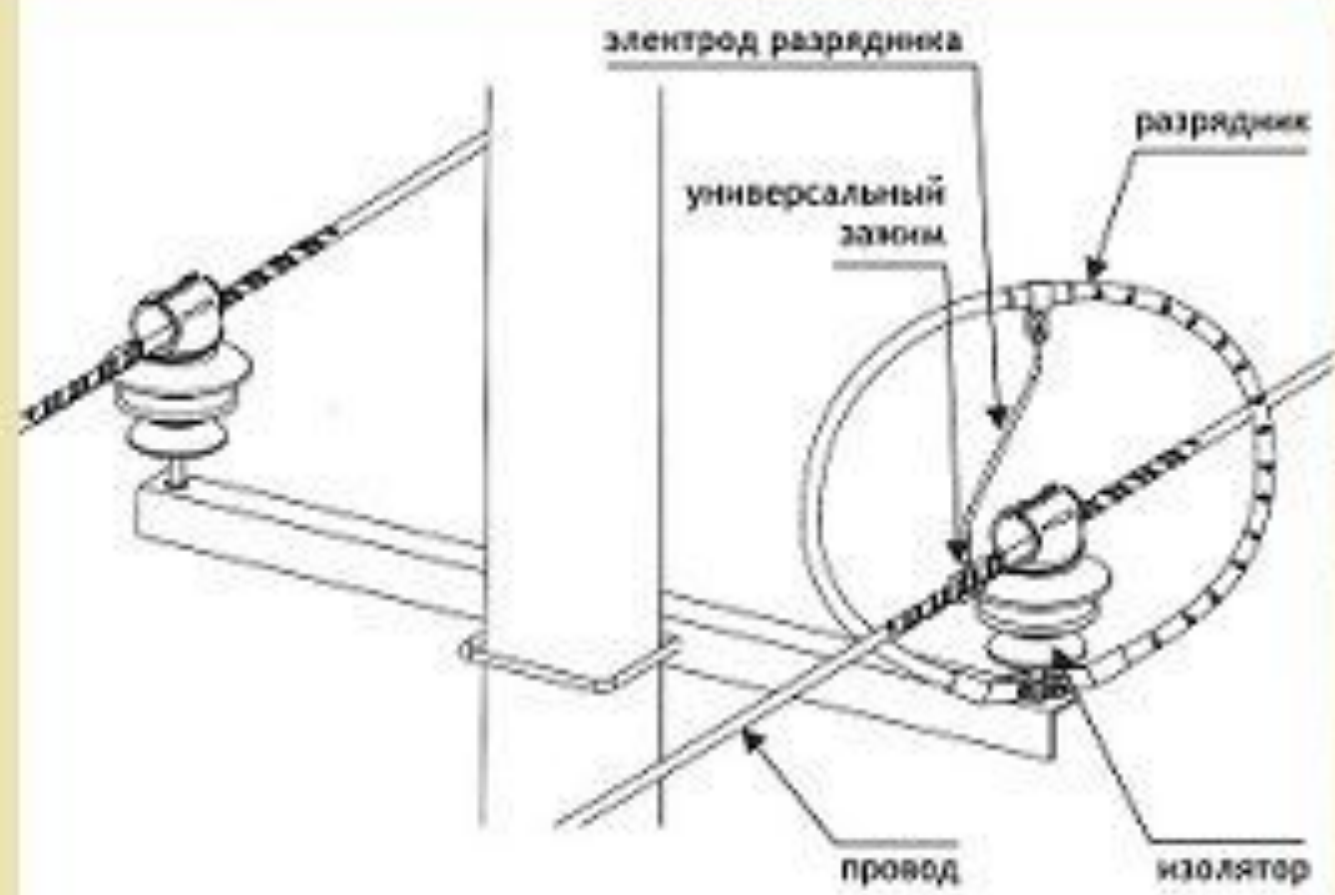
- **Электромагнитные выключатели.** По конструкции и принципу действия похожи на контакторы трехфазного тока. Применяются при напряжении 6-20 кВ. Гашение дуги происходит за счет магнитного дутья, т.е. взаимодействия магнитных полей электрической дуги и катушки магнитного дутья. Выключатели не требуют масла и сжатого воздуха, имеют большой срок службы и малое время срабатывания (0,06 с).
- **Разрядники и ограничители перенапряжений (ОПН).**
- В отличие от выключателей разрядники и ограничители перенапряжений не являются коммутационной аппаратурой, а



B3M-103-1000-20 Y3

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- предназначены для защиты линии, оборудования от атмосферных и коммутационных перенапряжений.
- Разрядники предназначены для защиты от перенапряжений при атмосферных явлениях (гроза) и неправильных оперативных переключениях персонала. При грозовых разрядах напряжение достигает 10 млн. Вольт, что может вывести из строя любую электроустановку. От прямых ударов молнии защищают стержневые и тросовые молниеотводы. Разрядник представляет собой элемент, изменяющий свое сопротивление в зависимости от уровня напряжения.



Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- При нормальном рабочем напряжении его сопротивление - большое и разрядник является изолятором. При увеличении напряжения выше допустимого в разряднике происходит пробой и он становится проводником, по которому электрический разряд от проводов воздушной линии уходит в землю, т.к. разрядник одним концом присоединен к проводу а другим к заземлителю. При уменьшении напряжения до нормального, разрядник опять становится изолятором.
- В разрядниках применяются в качестве рабочего элемента воздушные промежутки и специальные диски из материалов, изменяющих свое сопротивление в зависимости от напряжения:(вилит, гирит, тервит, карбид кремния с фарфоровы-



Мультикамерный разрядник



**Трубчатый
разрядник**

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- ми или слюдяными прокладками).
- Величина воздушных промежутков зависит от напряжения: 6 кВ — 10 мм ; 10 кВ — 15 мм ; 35 кВ — 100 мм.
- Разрядники бывают трубчатыми, вентильными, газовыми, магнитовентильными и мультикамерными.
- Трубчатые, вентильные, магнитовентильные и мультикамерные разрядники применяются на воздушных линиях электропереда-чи.
- Вентильные и магнитовентильные в том числе и для защиты оборудования на ОРУ подстанций.



Газовый

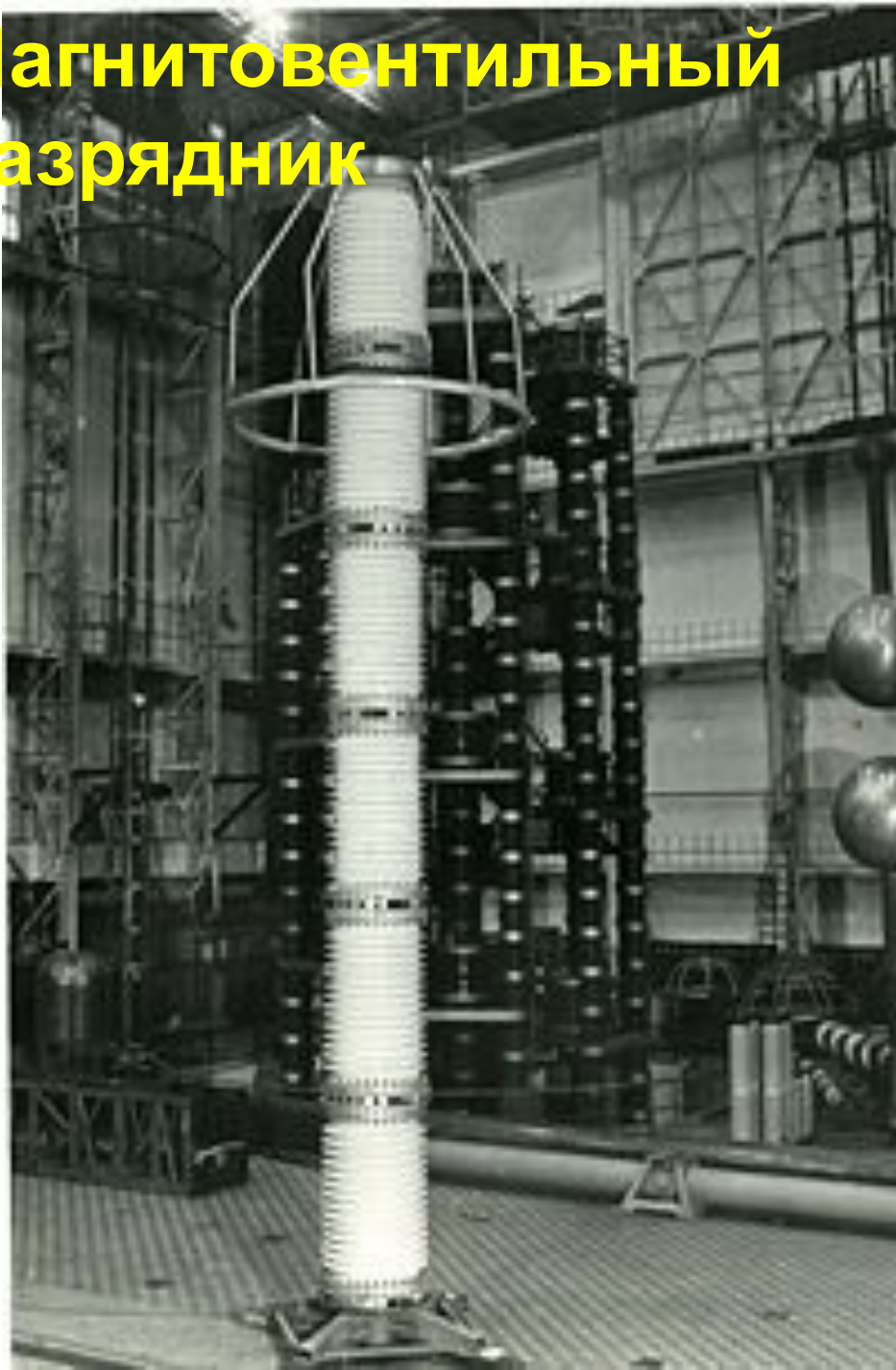


Вентильный

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- Газовые разрядники применяются для защиты цепей, полупроводниковых элементов от перенапряжений до 3000 В.
- **Ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН)** являются аппаратами для глубокого (до 1,6 – 1,85 Uф) ограничения коммутационных перенапряжения с несколько лучшими грозозащитными характеристиками, чем у традиционных разрядников. **ОПН** также можно назвать разрядником без искровых промежутков. Основной элемент ОПН — **варистор**. Ограничители применяются вместо вентильных разрядников соответствующих классов напряжения и включаются параллельно защищаемому устройству или установке.

Магнитовентильный разрядник



Варистор

ОП
Н

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- **Реакторы** предназначены для ограничения величины тока КЗ в мощных сетях, когда ток отключения выключателя меньше расчетной величины то КЗ сети, а также для ограничения величины пусковых токов мощных электродвигателей.
- Реактор уменьшает скорость нарастания тока КЗ, как бы растягивая его во времени. Реактор представляет катушку с малым активным сопротивлением и большой индуктивностью, за счет чего и происходит "торможение" нарастания тока КЗ или пускового тока в каждой фазе.



Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- **Трансформаторы тока (ТТ)** имеют 2 (или одну) обмотки. Первичная включается последовательно в силовую (главную) цепь, к вторичной – подключаются средства измерения, защиты и автоматики. Поэтому первичная обмотка имеет мало витков (0; 1; 2;) и выполнена из толстого проводника (шины), а вторичная имеет много витков и выполнена из более тонкого проводника. Ток во вторичной обмотке меньше, чем в первичной в W_2/W_1 раз. Если вторичная обмотка трансформатора тока останется без нагрузки, то трансформатор может выйти из строя, поэтому его вторичная обмотка закорачивается резистором. Трансформаторы тока выпускаются на любое напряжение.

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- Так же бывают оптические трансформаторы работающие на эффекте Фарадея и датчики тока (датчики Холла).
- Все трансформаторы тока применяются для определения силы тока в измеряемой цепи.
- **Трансформаторы напряжения (ТН).** Трансформаторы напряжения устроены аналогично обычным трансформаторам, только имеют малые габариты и мощность — от 10 до 1200 ВА. Трансформаторы выпускаются на любое первичное напряжение, номинальное вторичное напряжение $U_2=100$ В. Обе обмотки имеют много витков.



Трансформаторы тока 110

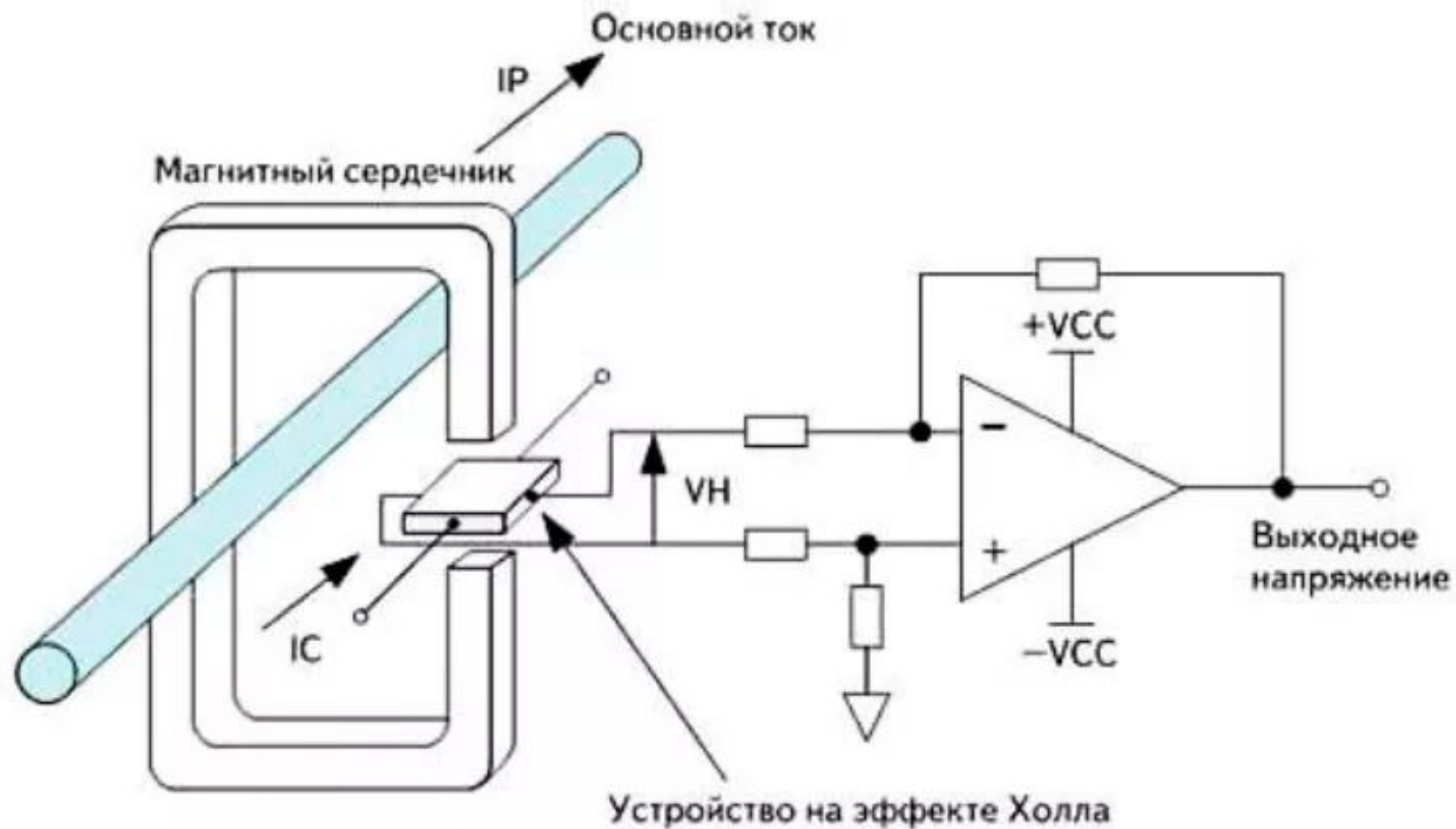


Рисунок 2.91 – Датчик тока на эффекте Холла открытого типа

Датчик тока



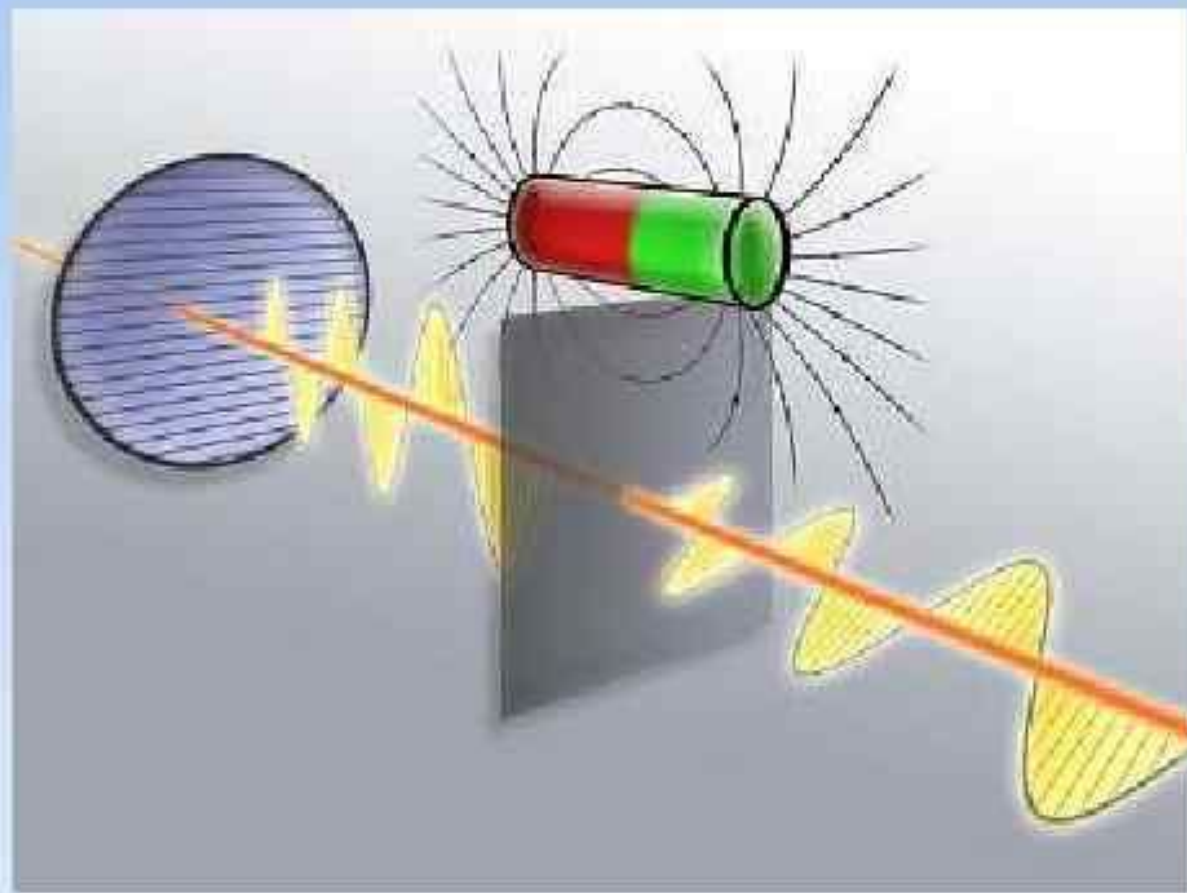


2. Магнитное вращение плоскости поляризации

2.1. Эффект Фарадея

Данный эффект был обнаружен М. Фарадеем в 1845 году.

Это магнитооптический эффект, который заключается в том, что при распространении линейно поляризованного света а через оптически неактивное вещество, находящееся в магнитном поле, наблюдается вращение плоскости поляризации света.

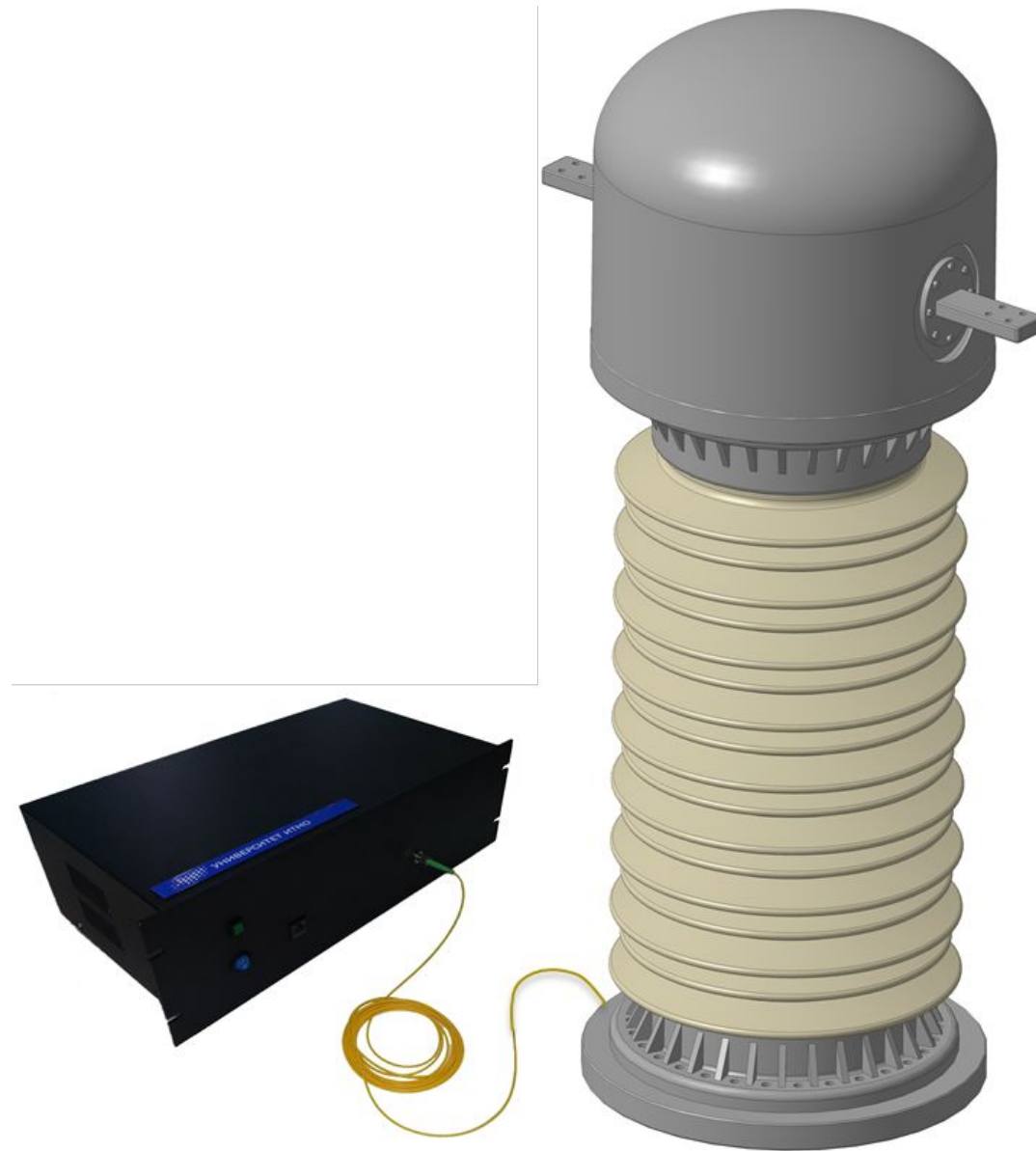


Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В

- Коэффициент трансформации: $K_{tv} = W_1/W_2 = U_1/(U_2=100 \text{ В})$.
- ТН применяются для питания контрольно-измерительных приборов и питания цепей защиты и сигнализации.
- Также существуют оптические трансформаторы напряжения.



Трансформатор напряжения



Оптический трансформатор

Аппаратура защиты и управления напряжением выше 1000 В