

Разъединитель

Разъединитель (QS) - коммутационный аппарат, предназначенный для создания видимого разрыва электрической цепи с целью обеспечения безопасности людей, производящих осмотр и ремонт оборудования электрических установок высокого напряжения или ЛЭП.

Разъединитель не имеет дугогасительного устройства, поэтому им можно отключать только очень малые токи: 1) трансформаторов ($U=10$ кВ и $S \leq 750$ кВА; 20 кВ и $S \leq 6300$ кВА; 35 кВ и $S \leq 20$ МВА; 110 кВ и $S \leq 40$ МВА);

2) ток заземления нейтралей трансформаторов и дугогасящих катушек, уравнительный ток линий (при разности напряжений не больше 2%);

3) ток замыкания на землю, $I \leq 5$ А при $U=35$ кВ и 10А при $U=10$ кВ;

4) небольшие зарядные токи воздушных и кабельных линий.

Номинальные параметры разъединителей: номинальное напряжение, номинальный продолжительный ток, номинальный ток динамической стойкости, номинальный ток термической стойкости.

Кроме основного назначения разъединители используют также для других целей:

- для отключения и включения ненагруженных силовых трансформаторов и линий ограниченной мощности и длины при строго установленных условиях;
- для переключений (в нормальных условиях) присоединений РУ с одной системы сборных шин на другую без прерывания тока;
- для заземления отключенных и изолированных участков системы с помощью вспомогательных ножей, предусматриваемых для этой цели.

- По количеству полюсов (исполнению): *однополюсные, трехполюсные, трехполюсные с заземляющими ножами;*
- по роду установки: *наружной и внутренней установки,*
- по способу установки: *с горизонтальным и вертикальным расположением ножей.*
- По конструктивным особенностям: *поворотного, рубящего, пантографического, подвесного и катящегося типов.*

Разъединители снабжают приводами – ручными или электродвигательными – для неавтоматического управления.

Обозначение

Р - разъединитель;

В - внутренней установки или вертикальный (типа РНВ);

Н - наружной установки; **Л** - линейный; **О** - однополюсный;

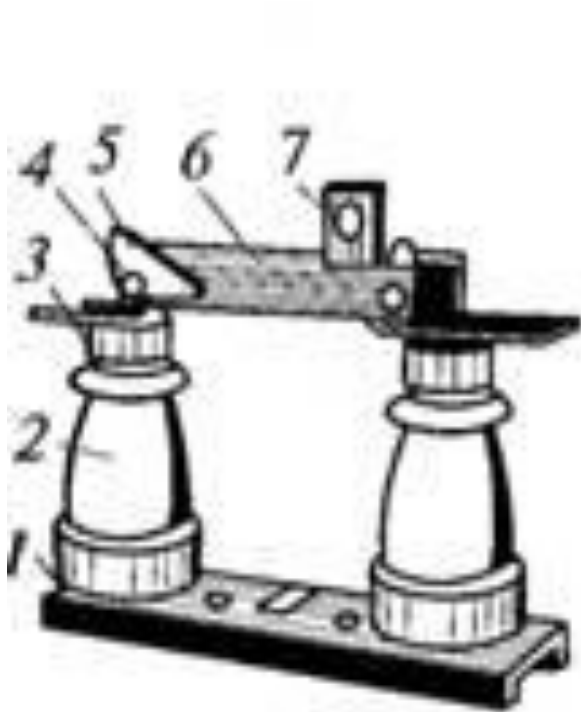
Д - с двумя опорными колонками или с двухлучевой изоляционной гирляндой (для подвесных); **З** - с заземляющим ножом; **К** - коробчатого профиля; **Ф** - фигурное исполнение (с проходным изолятором); **С** - со стеклянной изоляцией;

М - модернизированный или с медным ножом (для РЛНДМ);

А - с алюминиевым ножом; **П** - с рычажной передачей для уменьшения момента на валу привода или подвесного исполнения; **У** - усиленная изоляция ; **Б** - наличие механической блокировки (для разъединителей подвесного исполнения — усиленная изоляция);

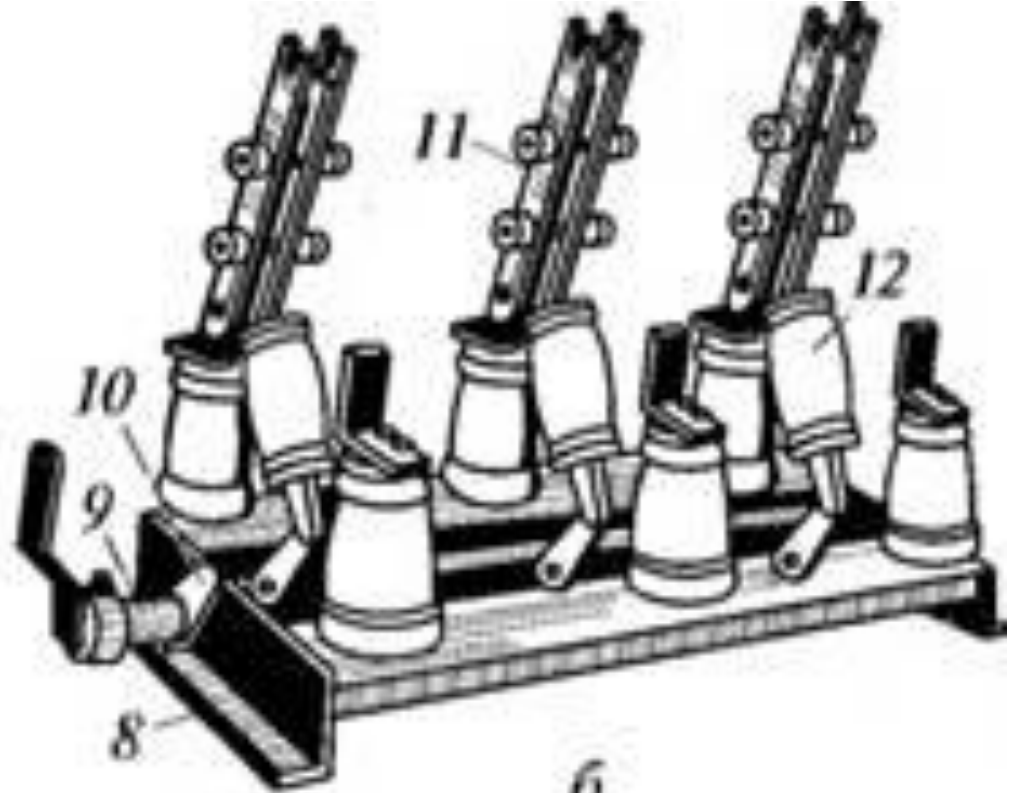
номинальное напряжение, кВ, и (после /) номинальный ток, А; 1, 2 - количество заземляющих ножей или (для подвесных разъединителей) вид тросовой системы управления: 1 - прямая, 2 - Г-образная.

Разъединители внутренней установки



a

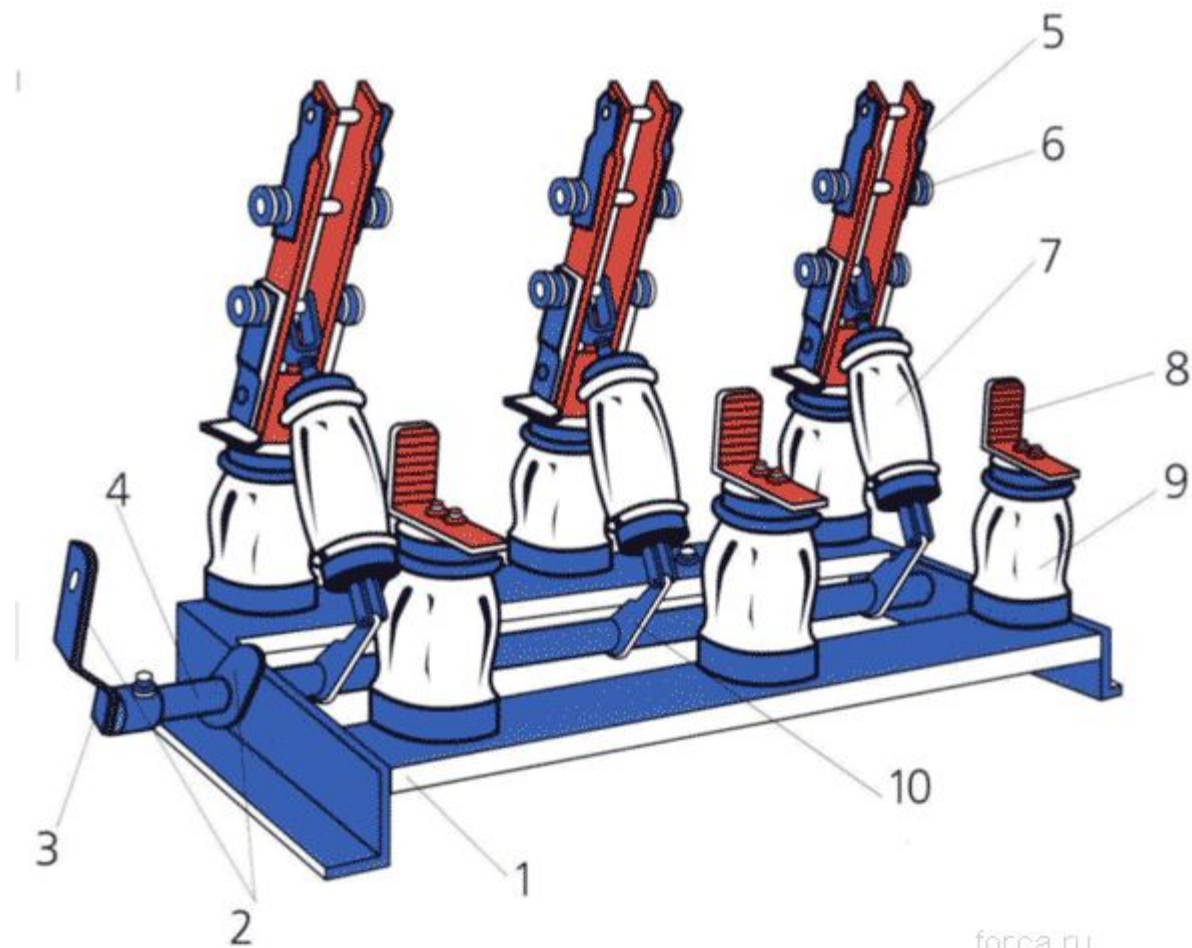
РВО – 6



b

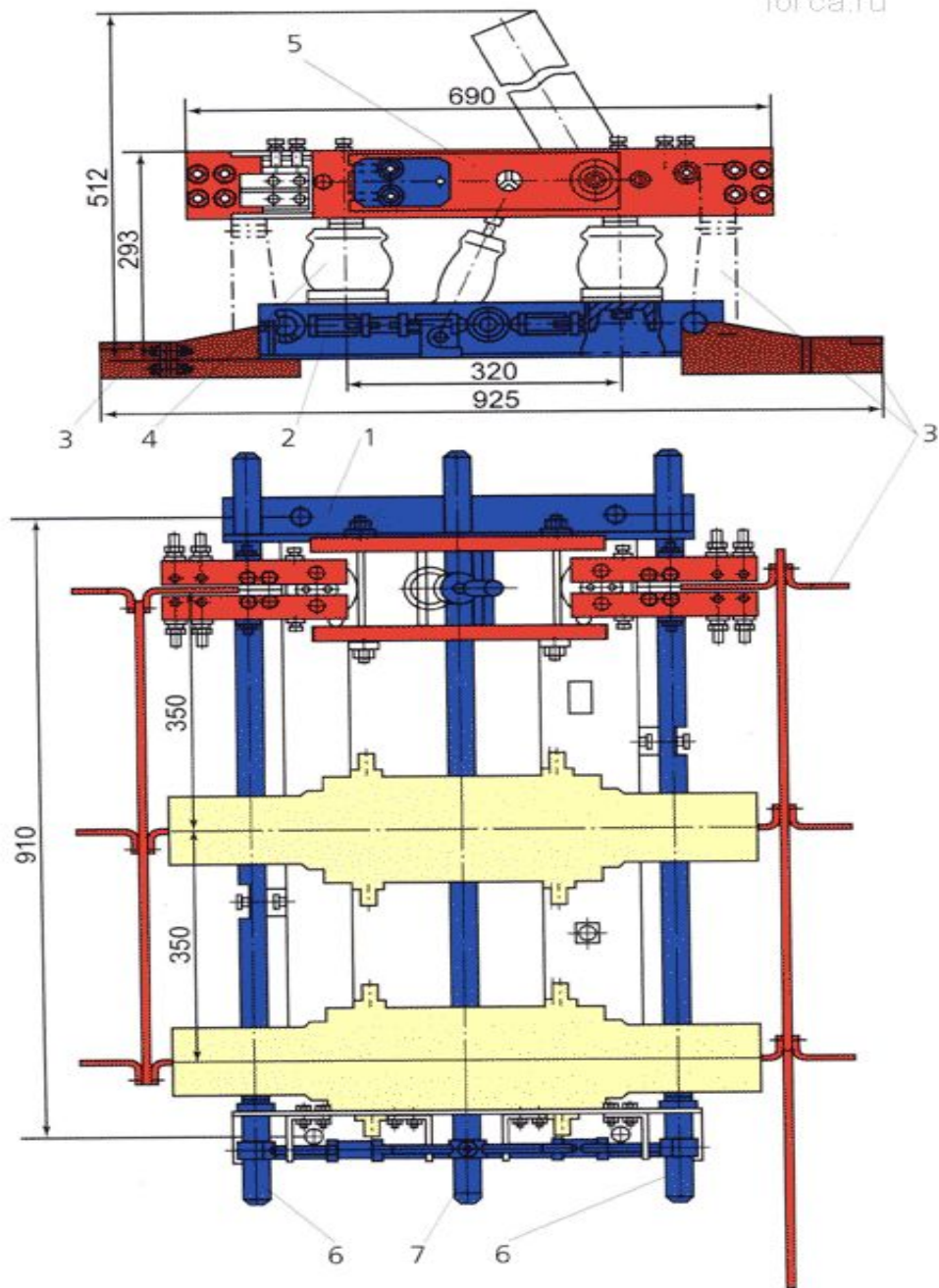
РВ -10

1 - цоколь; 2 - опорный изолятор; 3 - неподвижный контакт; 4 - ось скобы упора; 5 - скоба; 6 - подвижный контактный нож; 7 - ушко; 8 - рама; 9 - вал; 10 - упор; 11 - нож с замком; 12 - тяга



Трехполюсный разъединитель РВ-10:

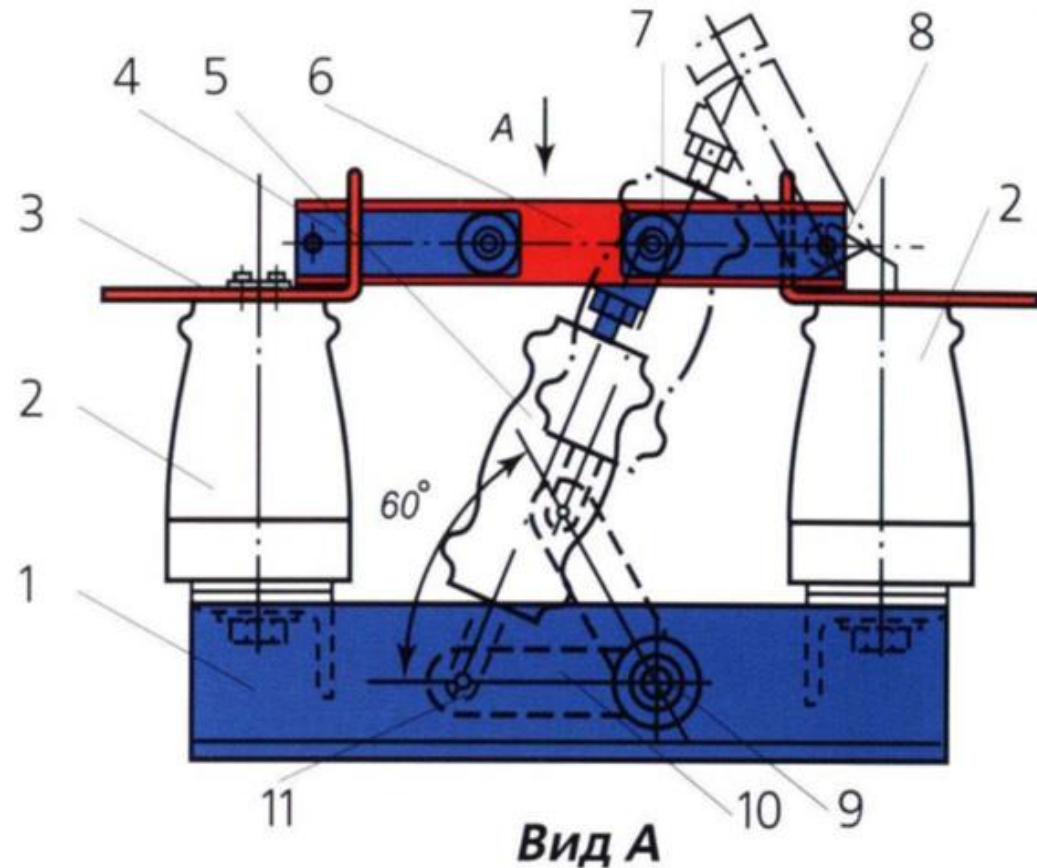
- 1 - рама; 2 - упор ограничения поворота вала; 3 - рычаг; 4 - вал;
5 - подвижный контакт; 6 - пружина; 7 - фарфоровая тяга;
8 - неподвижный контакт; 9 - опорный изолятор; 10 - рычаг



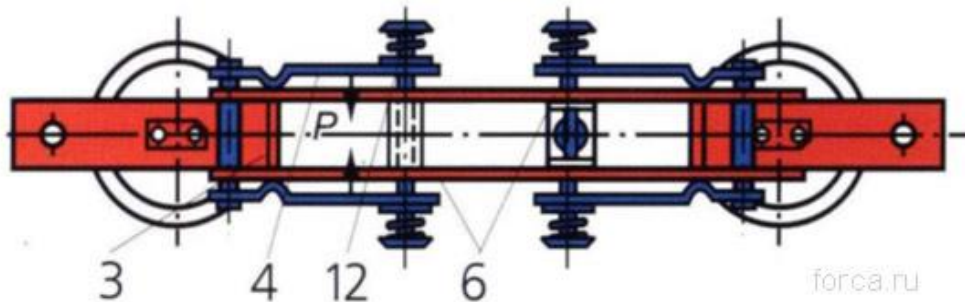
**RVR3-2-10/2000 -
Разъединитель рубящего типа
для внутренней установки с
двумя заземляющими ножами**

- 1 - рама;**
- 2 - механическая блокировка
основных и заземляющих ножей;**
- 3 - заземляющий нож;**
- 4 - опорный изолятор;**
- 5 - главные ножи разъединителя;**
- 6 - вал заземляющих ножей;**
- 7 - вал главных ножей.**

Полюс разъединителя РВР-10

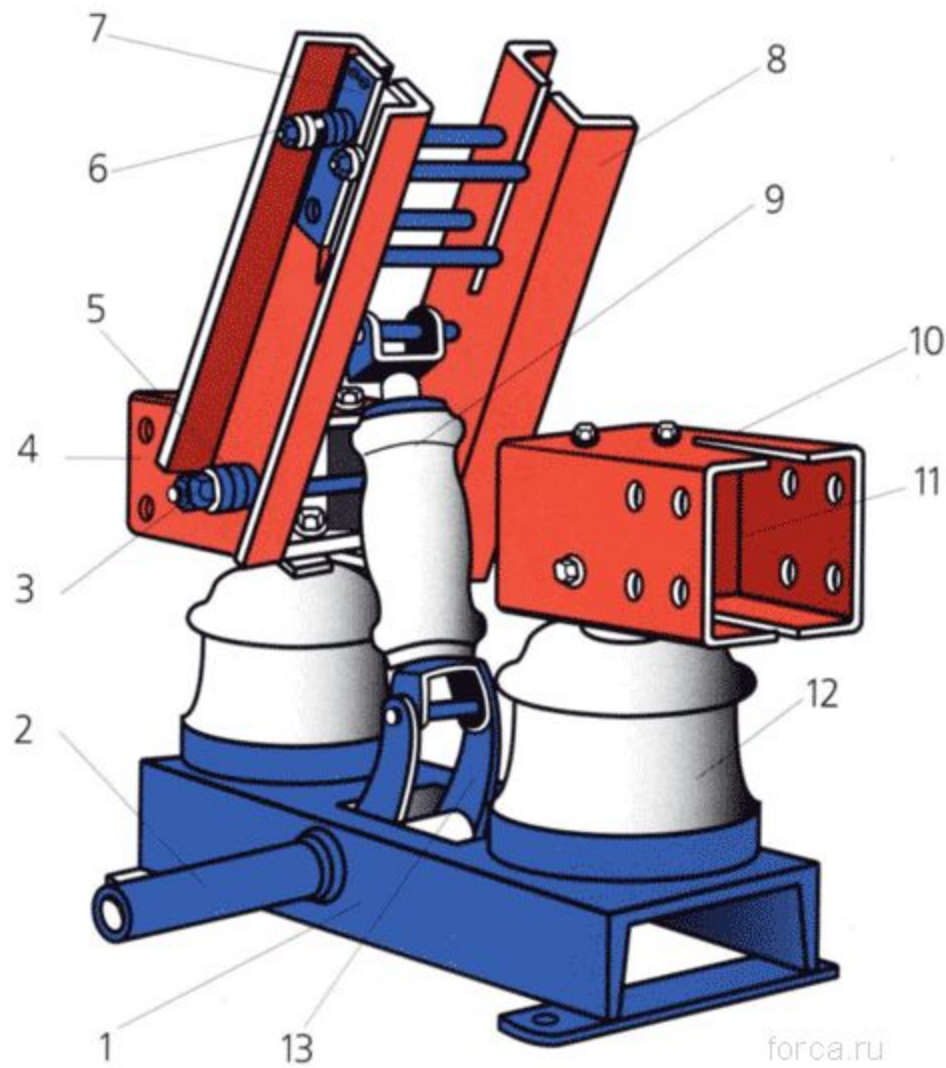


- 1 - рама;
- 2 - опорный изолятор;
- 3 - неподвижный контакт;
- 4 - стальная пластина;
- 5 - фарфоровая тяга;
- 6 - контактный нож;
- 7, 8, 11 - оси;
- 9 - вал;
- 10 - рычаг.

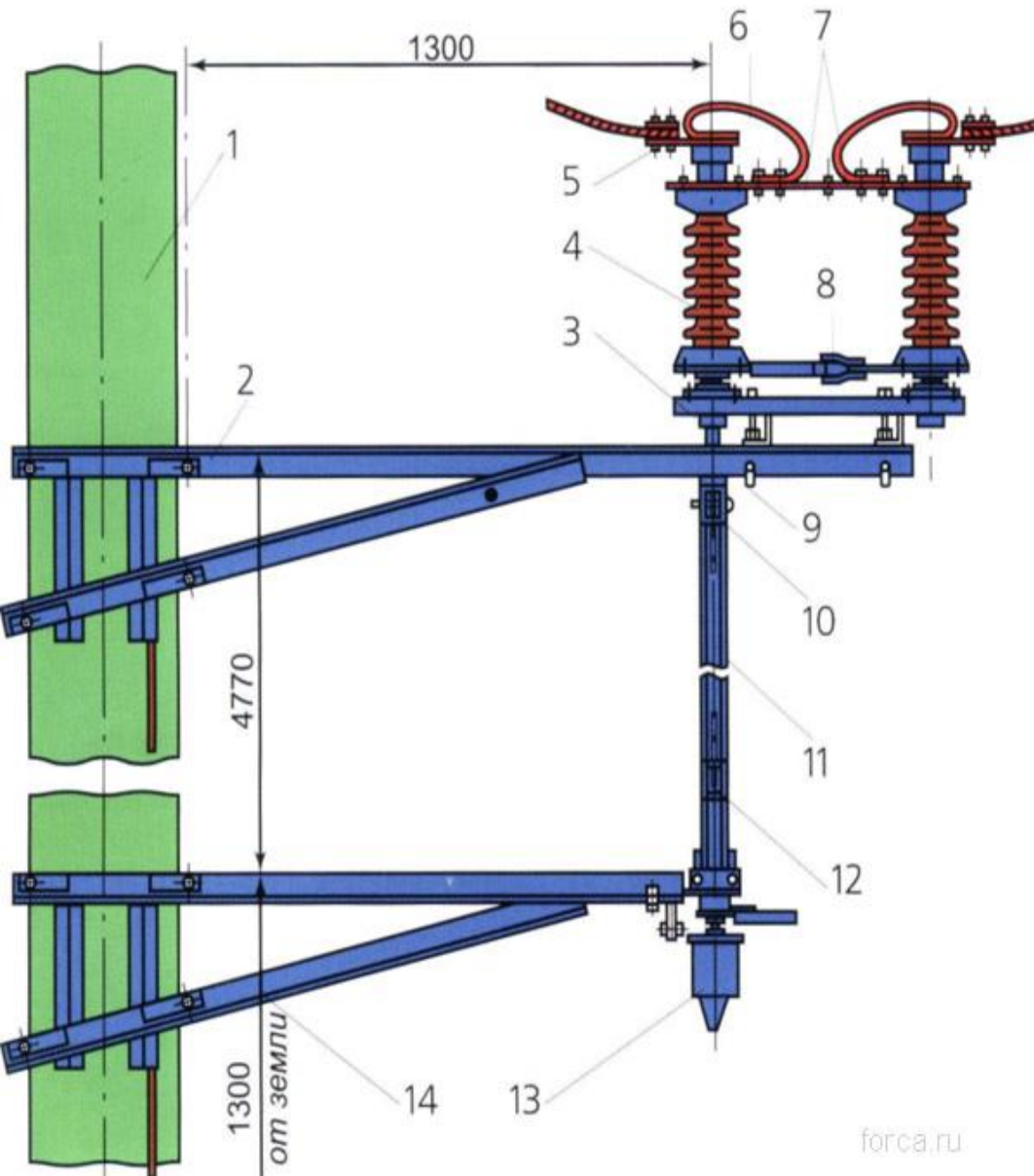


Разъединитель РВК-10

- 1 - основание;
- 2 - вал;
- 3 - ось;
- 4, 10 - неподвижные контакты;
- 5, 6 - пружины поджатия;
- 7 - стальная пластина;
- 8 - подвижный контакт;
- 9 - фарфоровая тяга разъединителя;
- 11 - чугунный контактодержатель;
- 12 - опорный изолятор;
- 13 - рычаг.

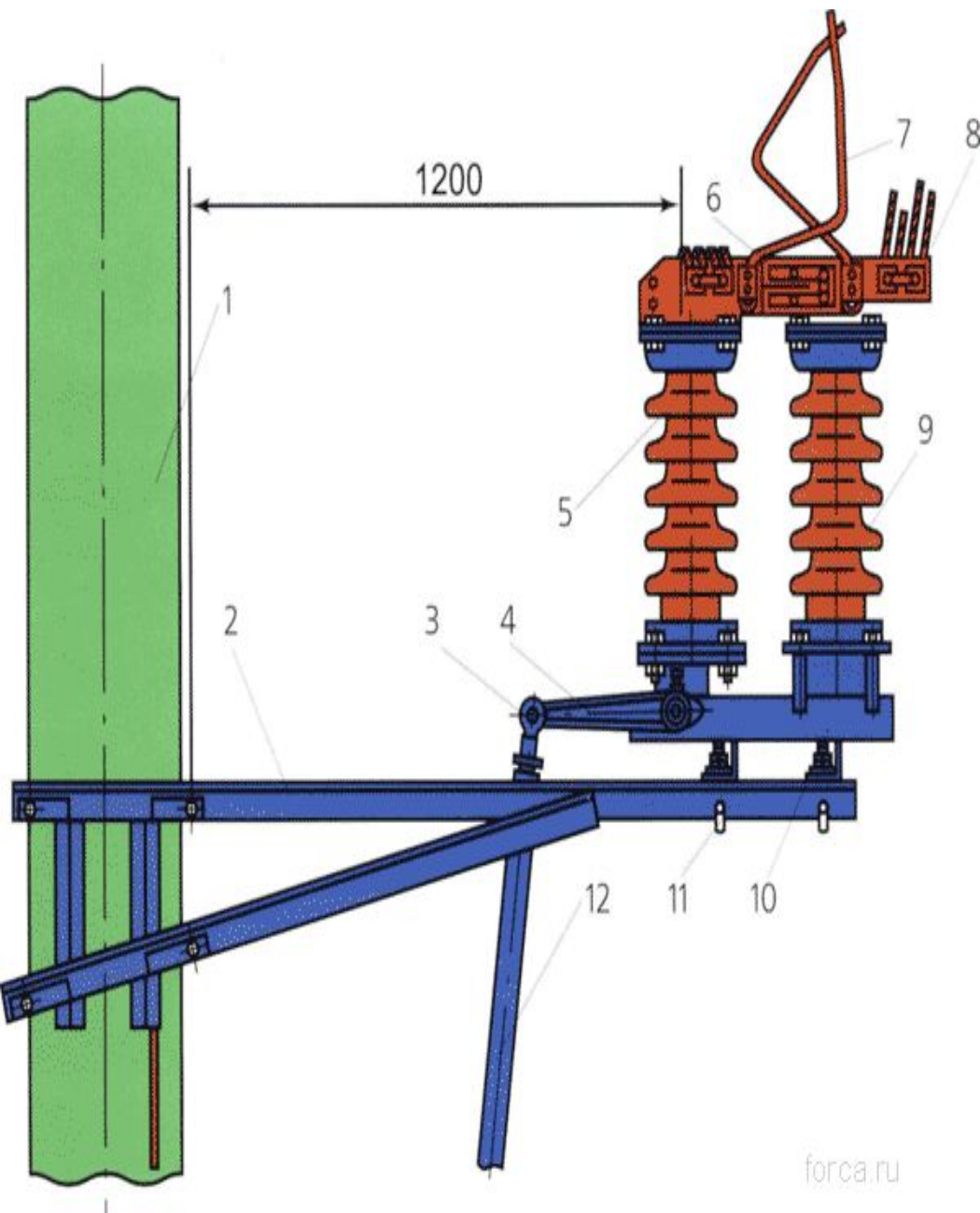


Разъединитель переменного тока на железобетонной опоре



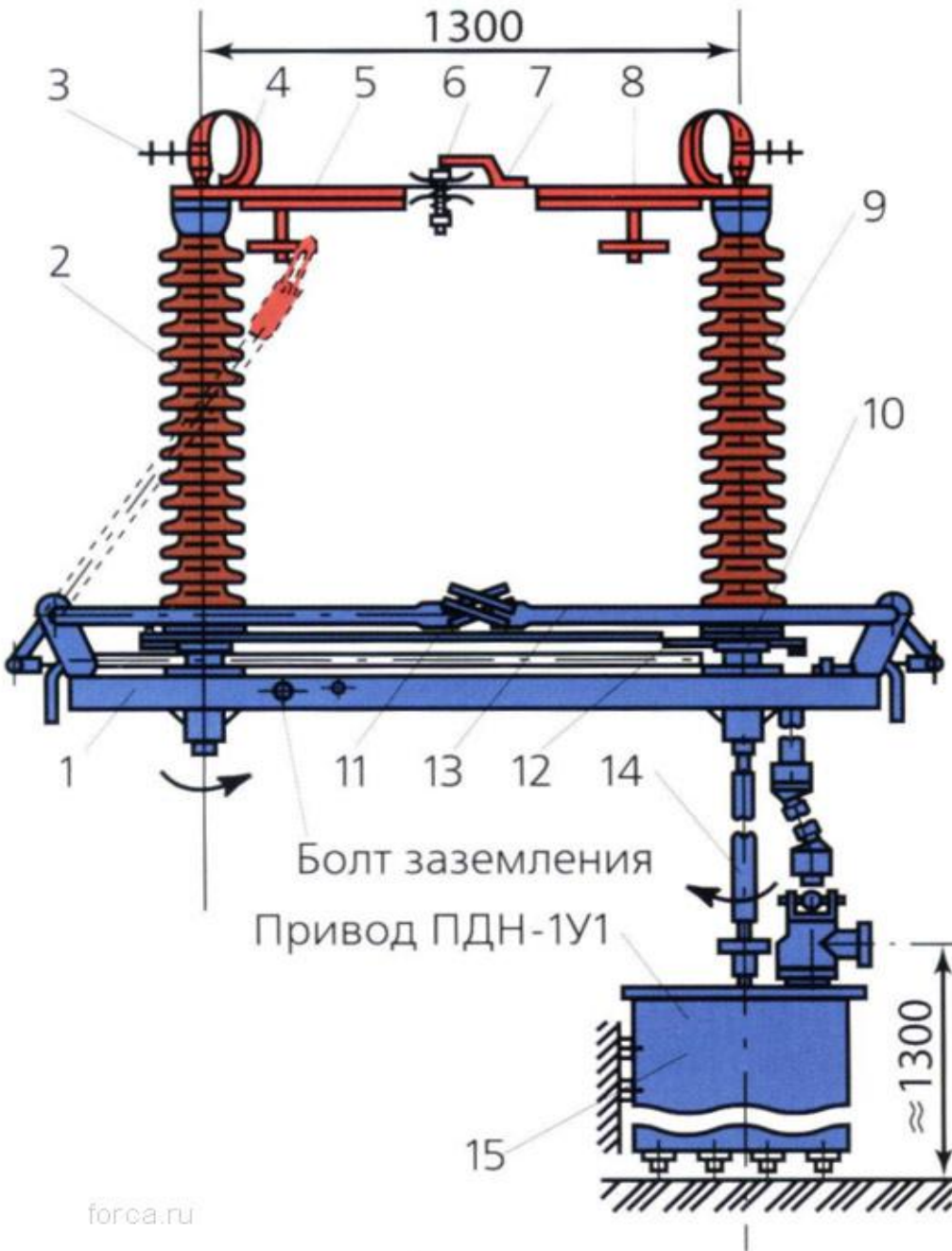
- 1 - опора;
- 2,14 - кронштейн;
- 3 - рама;
- 4 - изолятор;
- 5 - контактный вывод;
- 6 - гибкий провод;
- 7 - полуножи;
- 8 - тяга;
- 9 - крюковой болт;
- 10 - муфта;
- 11 - вал;
- 12 - муфта привода;
- 13 - ручной привод разъединителя

Разъединитель постоянного тока на железобетонной опоре



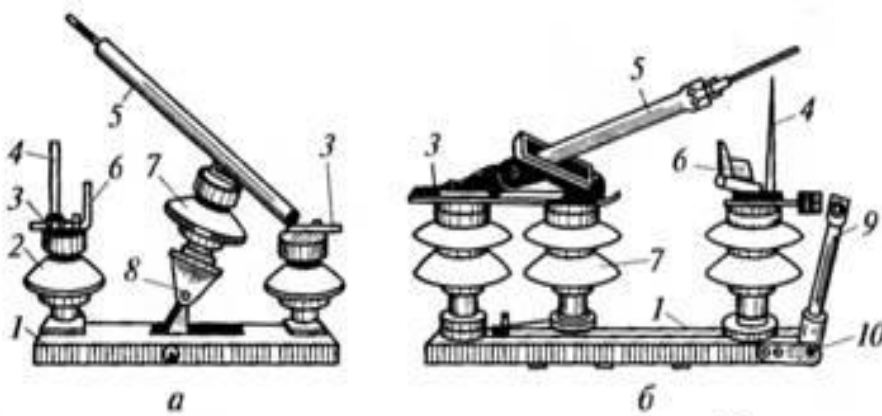
- 1 - опора;
- 2 - кронштейн;
- 3 - шарнирное ушко;
- 4 - рычаг;
- 5 - подвижной изолятор;
- 6 - контакты;
- 7 - дугогасительный рог;
- 8 - контактный вывод;
- 9 - неподвижный изолятор;
- 10 - рама разъединителя;
- 11 - крюковой болт;
- 12 - вал

РНЗ-2-110



- 1 - основание;
- 2, 9 - колонки изоляторов;
- 3 - зажимы;
- 4 - гибкие связи;
- 5 - нож;
- 6 - пальцевые ламели;
- 7 - лопатка;
- 8 - контакт для заземляющего ножа;
- 10 - подшипник колонки;
- 11 - заземляющие ножи разъединителя;
- 12 - рычаг;
- 13 - тяга;
- 14 - вал;
- 15 - привод

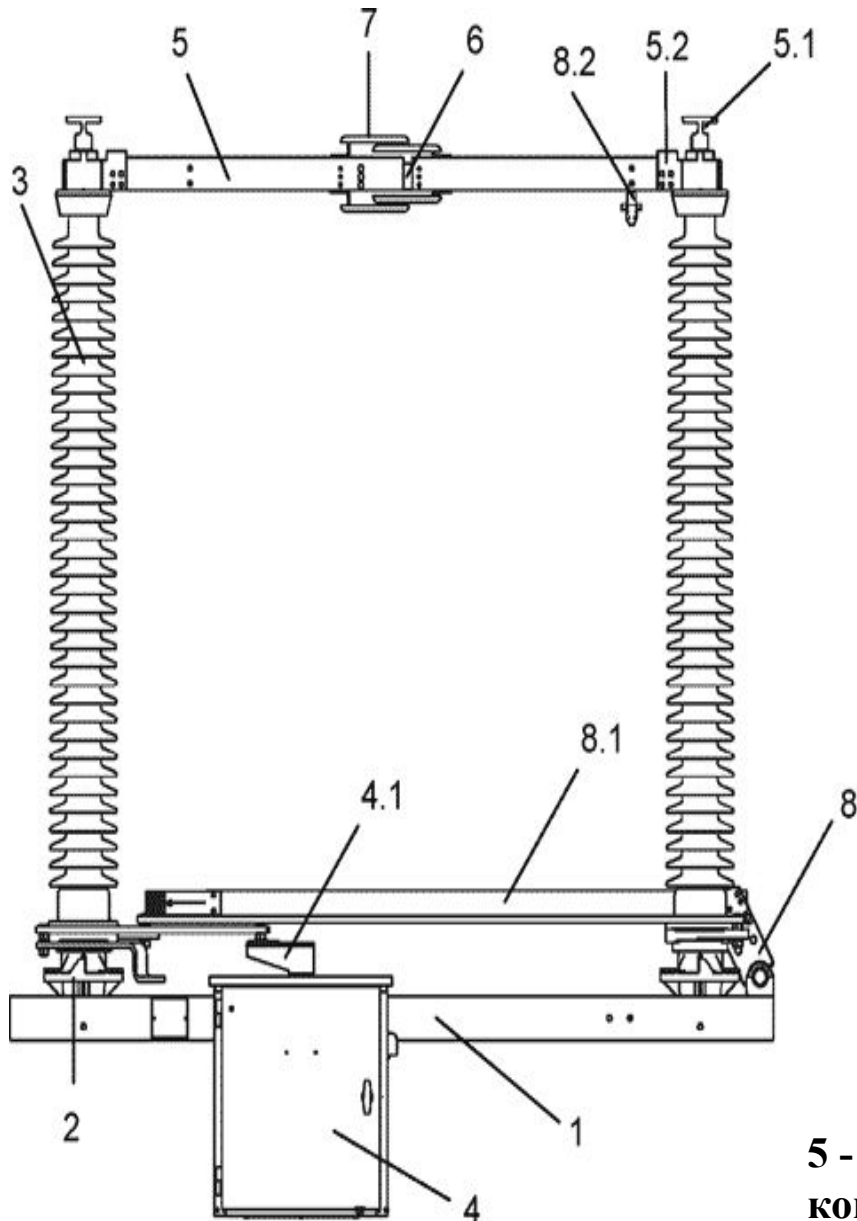
Разъединители наружной установки



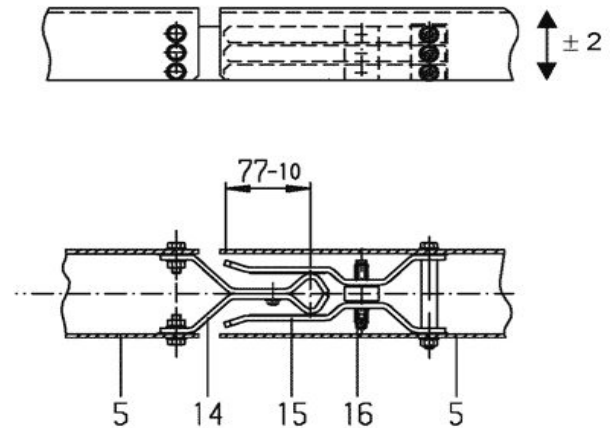
- 1 - рама;
- 2 - опорный изолятор;
- 3 - контакты для присоединения внешних проводов;
- 4 - рога;
- 5, 17 - ножи;
- 6 - неподвижный контакт;
- 7 - подвижный изолятор;
- 8 - ось привода;
- 9 - нож заземления;
- 10 - вал ножа заземления;
- 11 - рама;
- 12 - поворотный изолятор;
- 13 - главные ножи;
- 14 - контакт заземлителя;
- 15 - гибкие связи;
- 16 - вывод;
- 18 - вал;
- 19 - тяга привода

а – РЛН–10, б - РЛНЗ-35, в - РЛНД-2- 110

Д разъединитель



1 - Основная рама; 5.2 - Площадка для крепления
2 - Поворотный механизм полуножей главных контактов; 3 - Опорный изолятор; 4 - Привод разъединителя; 4.1 - Соединительный рычаг привода; 5 - Главный токопровод; 5.1 - Высоковольтные выводы; 6 - Главные контакты; 7 - Экран; 8 - Заземлитель; 8.1 - Подвижный контакт заземлителя; 8.2 - Неподвижный контакт заземлителя



5 - Главные контакты; 15 - Ламельный контакт; 16 - Контактные пружины
14 - Штыревой контакт

Тип	Uном кВ	Iном, А	Iпт, кА	Терм.стойкости, кА/доп.время его действия,с
РВ-6/400	6	400	41	16/4
РВФ-6/630	6	630	41	16/4
РВФ-6/1000	6	1000	100	40/4
РВФЗ-6/630	6	630	52	20/4
РВФЗ-6/1000	6	1000	81	31,5/4
РВ-10/400	10	400	41	16/4
РВЗ-10/400	10	400	41	16/4
РВ-10/630	10	630	52	20/4
РВ-10/1000	10	1000	81	31,5/4
РВФ-10/1000	10	1000	100	40/4
РВР-10/2000	10	2000	85	31,5/4
РВР-10/2500	10	2500	125	45/4
РВР-10/4000	10	4000	180	71/4
РВК-10/2000	10	2000	85	31,5/4
РОН-10/5000	10	5000	180	71/4
РВ-35/630	35	630	51	20/4
РВ-35/1000	35	1000	51	20/4
РВЗ-35/1000	35	1000	80	31,5/4
РВК-35/2000	35	2000	115	45/4
РНД-35/1000	35	1000	63	25/4
РНД-35/2000	35	2000	80	31,5/4
РНД-35/3200	35	3200	125	50/4
РНДЗ-35/5000	35	5000	80	31,5/4

SPO 220 кВ 2500А



Вертикально-поворотного (рубящего) типа

Смазанный на весь срок службы или самосмазывающиеся части, самоочистка контактов, некоррозионные материалы, разъединители практически не требуют обслуживания.



SPOЛ 500 кВ, 3150А

Вертикально-поворотного (рубящего) типа с двумя ножами

Выбор разъединителей

1. Номинальное напряжение разъединителя должно соответствовать номинальному напряжению высоковольтной сети:

$$U_{\text{ном РАЗЪЕД}} \leq U_{\text{ном}}.$$

2. Наибольший длительный ток нагрузки потребителя не должен превышать номинальное значение длительного тока разъединителя:

$$I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}}; I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}.$$

3. Ударный ток КЗ в месте установки разъединителя не должен превышать допустимую амплитуду ударного тока КЗ разъединителя:

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}.$$

4. По термической стойкости:

$$W_k \leq I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}}.$$

5. Внешние условия работы разъединителя должны соответствовать реальным условиям эксплуатации аппарата (скорость ветра, температура, гололед).

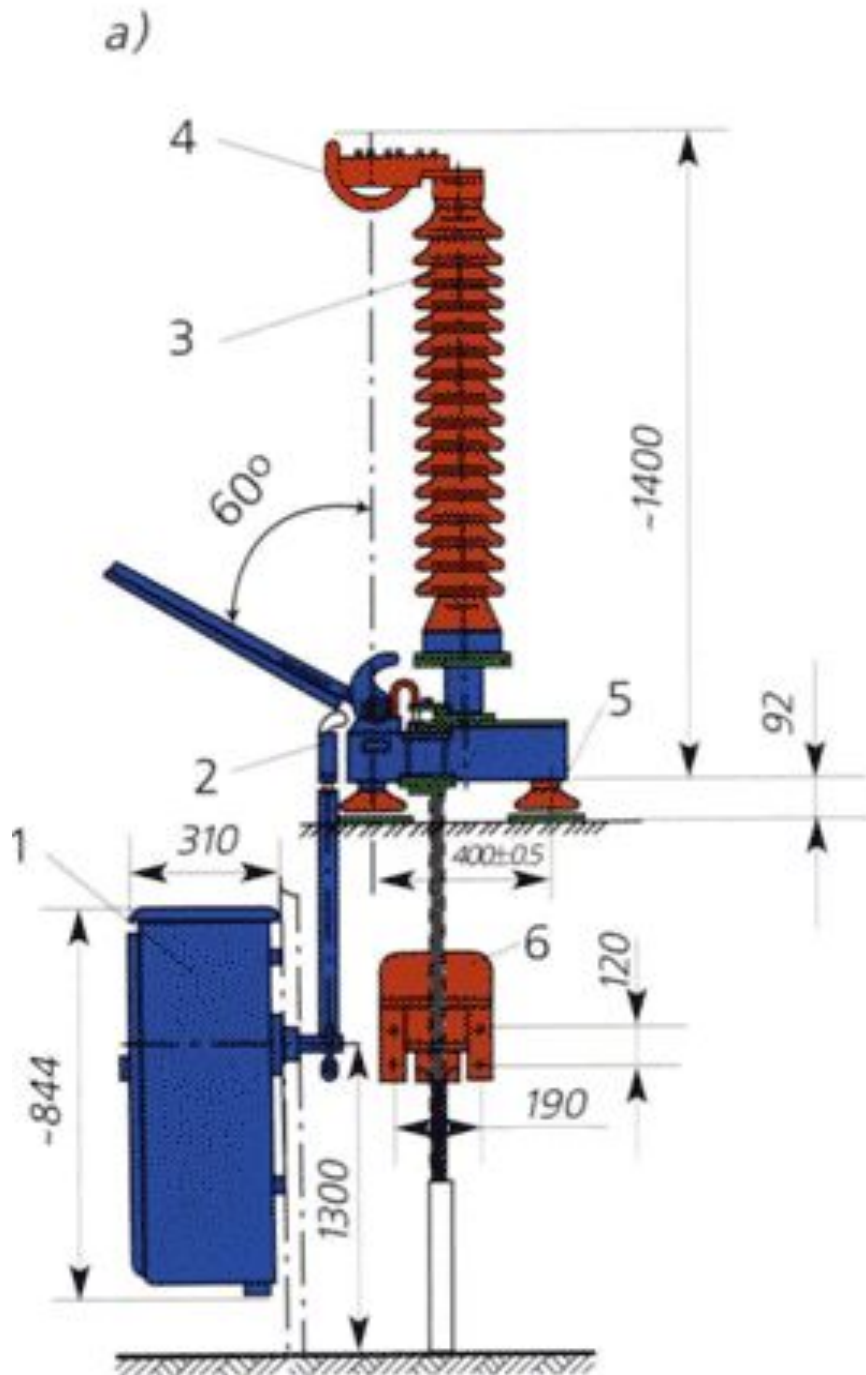
Короткозамыкатель (QK)

Короткозамыкатель – электрический аппарат, предназначенный для создания искусственного короткого замыкания.

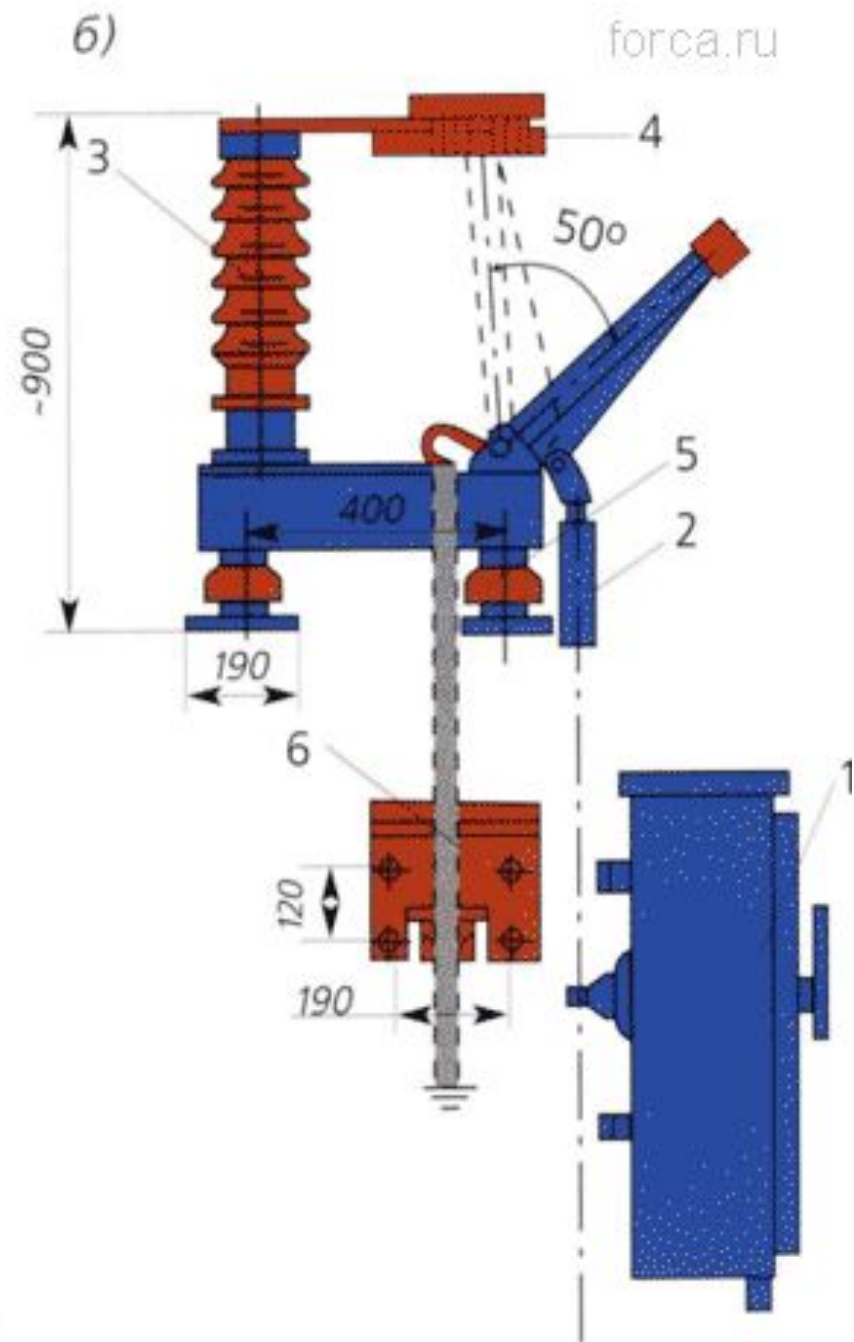
Количество полюсов - однополюсный или двухполюсный (в зависимости от системы рабочего заземления сети) разъединитель.

Снабжен пружинным приводом для автоматического включения и предназначен для соединений провода (проводов) трехфазной системы с землей по ручной команде или от релейной защиты.

Короткозамыкатель КЗ - 110



- 1 - привод;
- 2 - тяга;
- 3 – колонка изолятора;
- 4 – неподвижный контакт;
- 5 - изолятор;
- 6 - трансформатор тока.



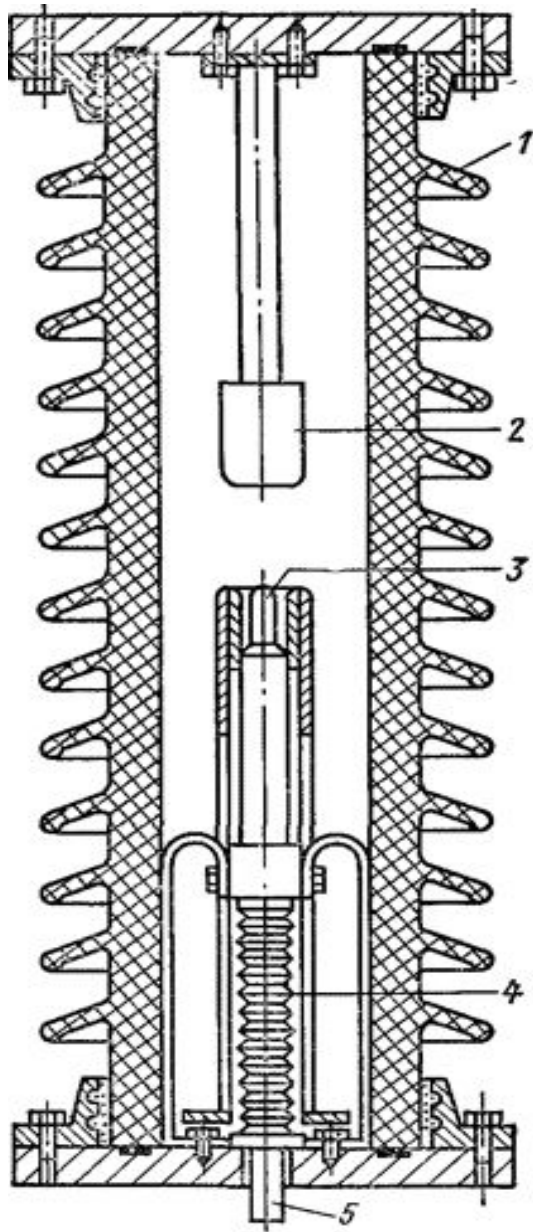
Короткозамыкатель КЗ-35

- 1 - привод;
- 2 - тяга;
- 3 - колонка изолятора;
- 4 - неподвижный контакт;
- 5 - изолятор;
- 6 - трансформатор тока.

Короткозамыкатель КЗ-110



Элегазовый короткозамыкатель 110 кВ



- 1 - фарфоровый цилиндр;**
- 2 и 3 – контакты;**
- 3 - привод подвижного контакта;**
- 4 - стальной сильфон;**
- 5 – тяга.**

Выбор короткозамыкателей

Короткозамыкатели выбираются по номинальному напряжению, по электродинамической и термической стойкости:

$$1. U_{н\text{кз}} \leq U_{нс}.$$

$$2. i_{уд} \leq i_{дин}.$$

$$3. W_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}.$$

Дополнительно указывается полное время включения (с), которое должно соответствовать требованиям схемы автоматики.



Заземлитель типа ЗОН-110

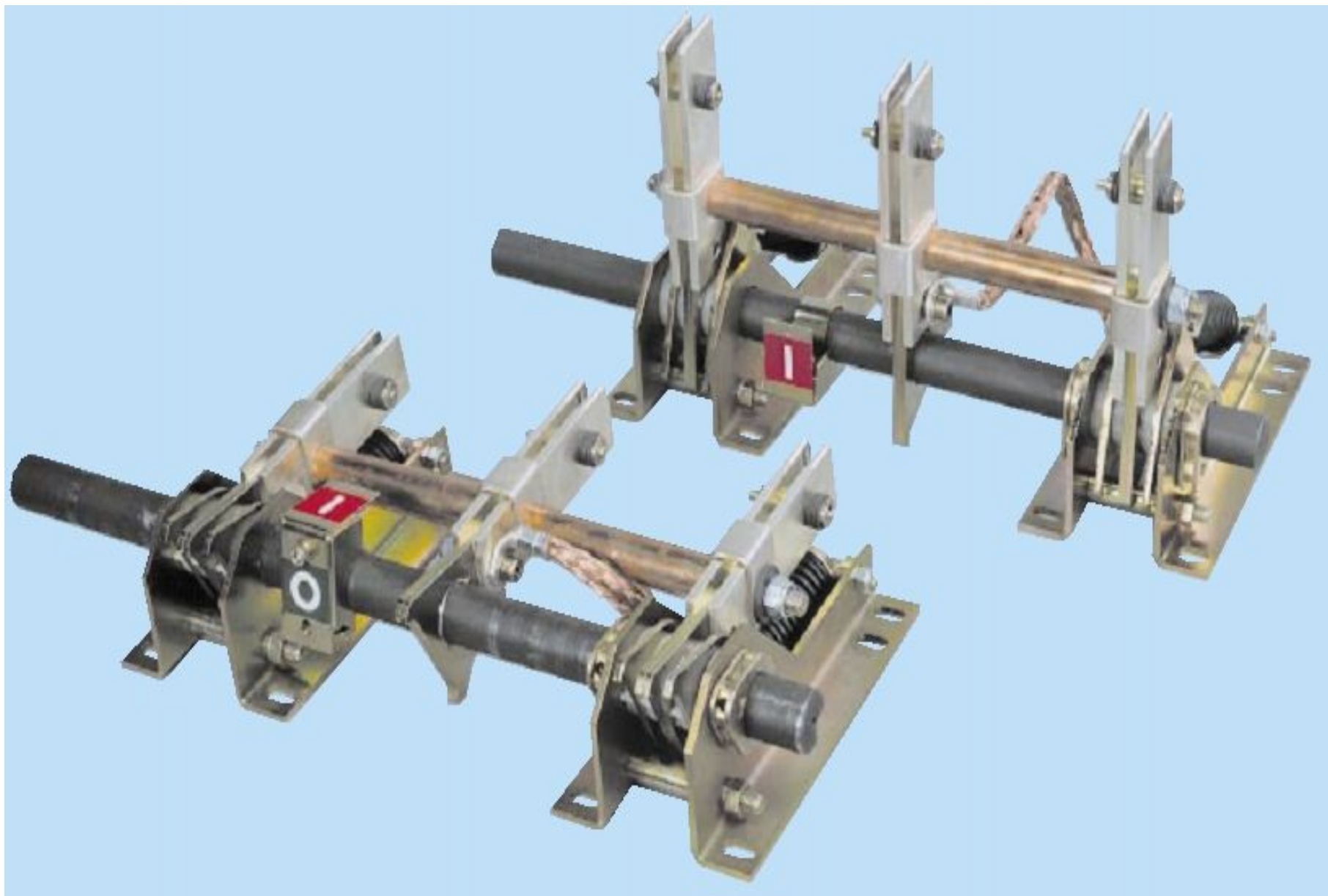
Заземлитель (QS) -

однополюсный аппарат, включаемый в нейтраль трансформатора (в зависимости от режима работы нейтраль трансформаторов может быть заземлена и разземлена).

Принцип работы заземлителей аналогичен работе короткозамыкателя, но заземлители включаются и выключаются вручную рычажным приводом.



Заземлитель типа ЗР-10



Стойкость, кА

Тип	электродинамическая (амплитуда)	термическая	Высота, м	Масса, кг	/шт, см	Тип привода
Внутренней установки						
ЗР-10УЗ	235	90	—	37	—	ПЧ-50
ЗР-24УЗ	235	90	-	42	—	ПЧ-50
ЗР-35УЭ	235	90	—	44	-	ПЧ-50
Наружной установки						
ЗОН-110М-1У1	16	6,3	1,49	101	190	ПРН-11
ЗОН-110М-НУ1	16	6,3	1,21	72	190	ПРН-11
ЗОН-110М-1У1	16	6,3	2,0	144	280	ПРН-11
ЗОН-110У-НУ1	16	6,3	1,72	115	280	ПРН-11
ЗР-330-1	160	63	3,81	210	—	ПРН-1
ЗР-330-2	160	63	3,81	225	—	ПРН-1
ЗР-500-1	160	63	4,88	275	—	ПРН-1
ЗР-500-2	160	63	4,88	265	—	ПРН-1
ЗР-750-1	160	63	6,96	430	—	ПРН-1
ЗР-750-2	160	63	6,96	430	-	ПРН-1

Отделитель (QR)

Отделитель – коммутационный аппарат, предназначенный для быстрого отсоединения поврежденного участка электрической сети в бестоковую паузу (реже для операций включения).

По конструкции токоведущих частей отделители не отличаются от разъединителей, но имеют автоматически отключающий привод.

Отделители на напряжения 35 и 110 кВ, представляют собой разъединители с автоматическим отключающим приводом. Отделители на 220 кВ выполняют в виде аппаратов с тремя отдельными полюсами, имеющими самостоятельные приводы. Включают отделители вручную. Применяют отделители с ножами заземления (типа ОДЗ) и без ножей (типа ОД).

Контактная система отделителей не приспособлена для коммутаций под рабочим током нагрузки.

Для быстрого отключения (не более 0,5с) в отделителях используется энергия взведенной пружины привода.

Отделители, в целях экономии, применяются на ответвительных подстанциях 35, 110 кВ вместо выключателей по стороне высшего напряжения. Отделители работают в связке с короткозамыкателями.

Отделителями допускаются операции отключения и включения:

- трансформаторов напряжения, зарядного тока шин и подстанционного оборудования всех напряжений (кроме конденсаторных батарей);

- параллельных ветвей, находящихся под током нагрузки, если разъединители этих ветвей шунтированы другими включенными разъединителями или выключателями;

- намагничивающих токов силовых трансформаторов мощностью до 16 МВ А при напряжении 35 кВ и до 63 МВА при напряжении 110 кВ и зарядных токов воздушных и кабельных линий;

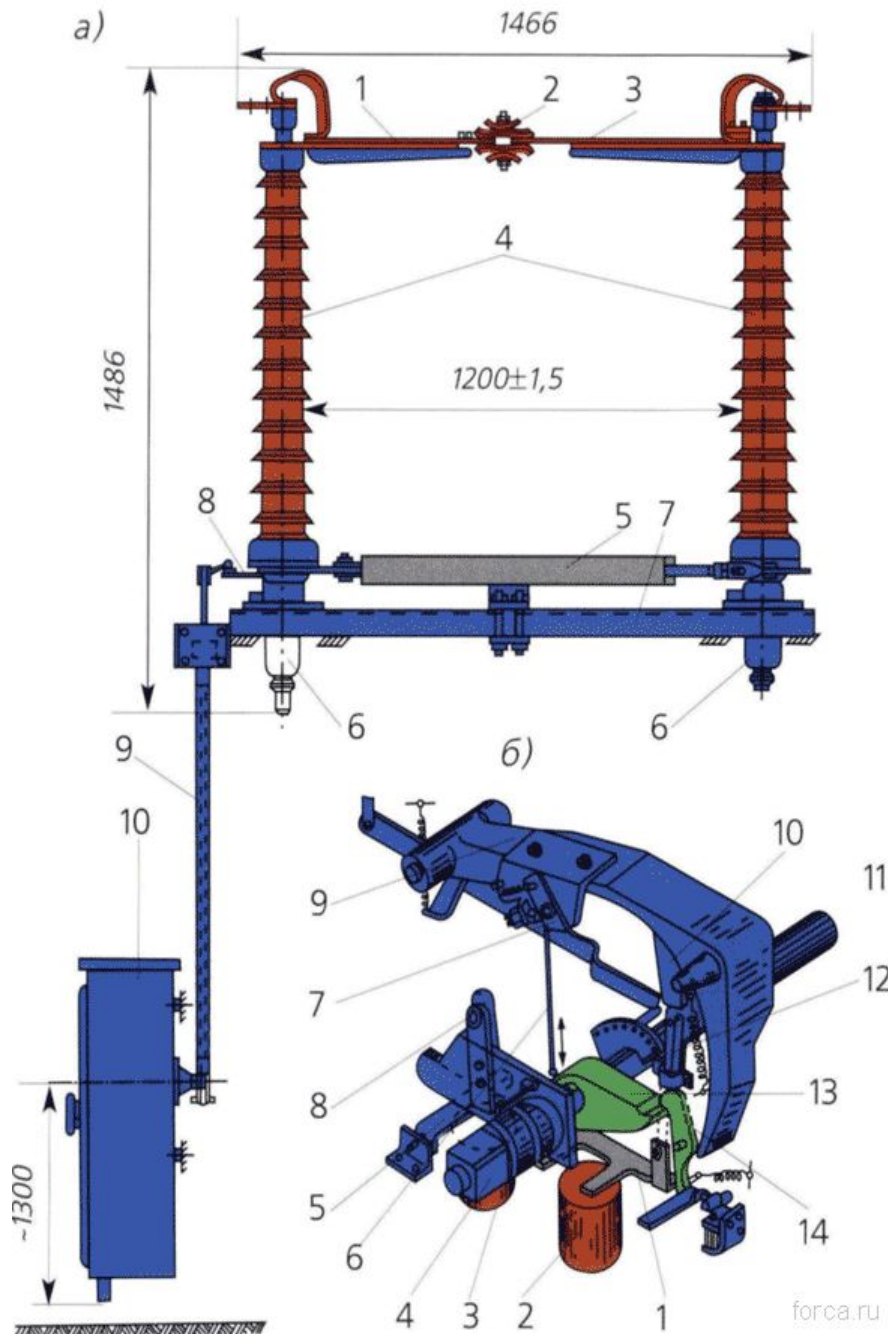
- нейтралей трансформаторов и дугогасящих катушек при отсутствии в сети замыкания фазы на землю.

Отделитель ОД-110

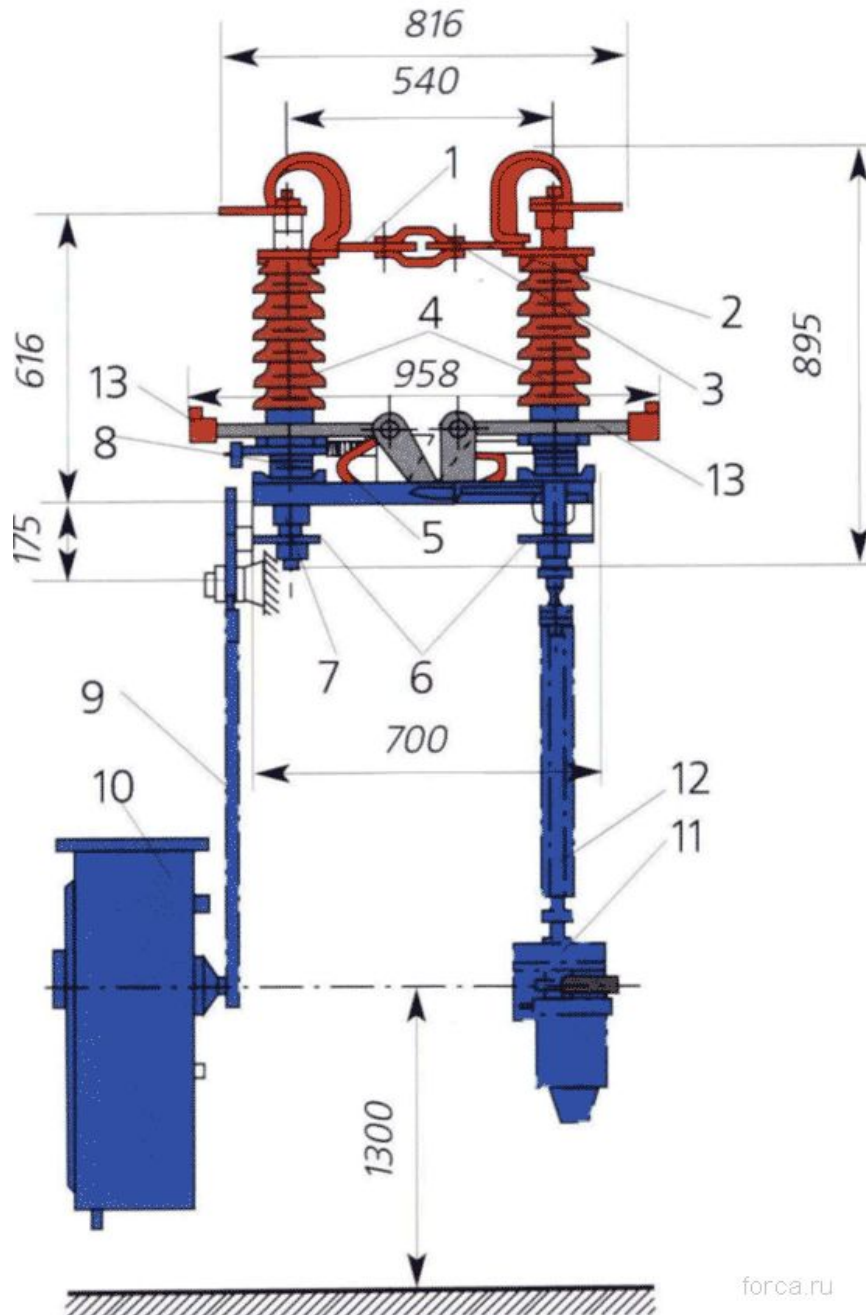
- 1, 3 - ножи;
- 2 - контактное устройство;
- 4 - изоляционные колонки;
- 5 - кожух отключающей пружины;
- 6 - подшипники;
- 7 - рама; 8 - рычаг; 9 - тяга;
- 10 - привод отделителя.

Привод отделителя (б):

- 1 - планка; 2 и 3 - электромагниты;
- 4 - конец вала привода;
- 5 - рычаг для подъема рычага 9;
- 6 - тяга; 7 - планка;
- 8 - рычаг;
- 9 - серповидный рычаг;
- 10 - планка; 11 - вал привода;
- 12 - удерживающая стойка;
- 13 - рычаг; 14 - защелка



Отделитель ОДЗ-2-35



- 1, 3 - ножи;
- 2 - контактное устройство;
- 4 - колонки;
- 5 - отключающая пружина;
- 6 - подшипники;
- 7 - рама;
- 8 - рычаг;
- 9 - тяга;
- 10 - привод отделителя;
- 11 - привод заземляющих ножей;
- 12 - трубчатая тяга;
- 13 - заземляющие ножи.

О – отделитель, **Д** - двухколонковый,
3 - наличие заземляющего ножа,
2- число заземляющих ножей
35 – напряжение , кВ

Отделитель



Характеристика	Тип отделителя				
	ОД-35, ОДЗ-35	ОД-110	ОД-110, ОДЗ-110	ОД-150, ОД-150У	ОД-220
Номинальный ток, А	630	800	1000	1000	1000
Полное время отключения с:					
без гололеда	0,45	0,32	0,38	0,38	0,50
гололед 15 мм	0,50	—	0,45	0,45	—
гололед 20 мм	—	—	—	0,50	0,60
Допустимое тяжение провода, Н	490	490	490	780	980
Длина пути утечки, см	70	280	190	260/390	380
Сопротивление цепи, мкОм	175	150	120	120	120

**О – отделитель, Д - двухколонковый, З - наличие заземляющего ножа,
У - усиленная изоляция**

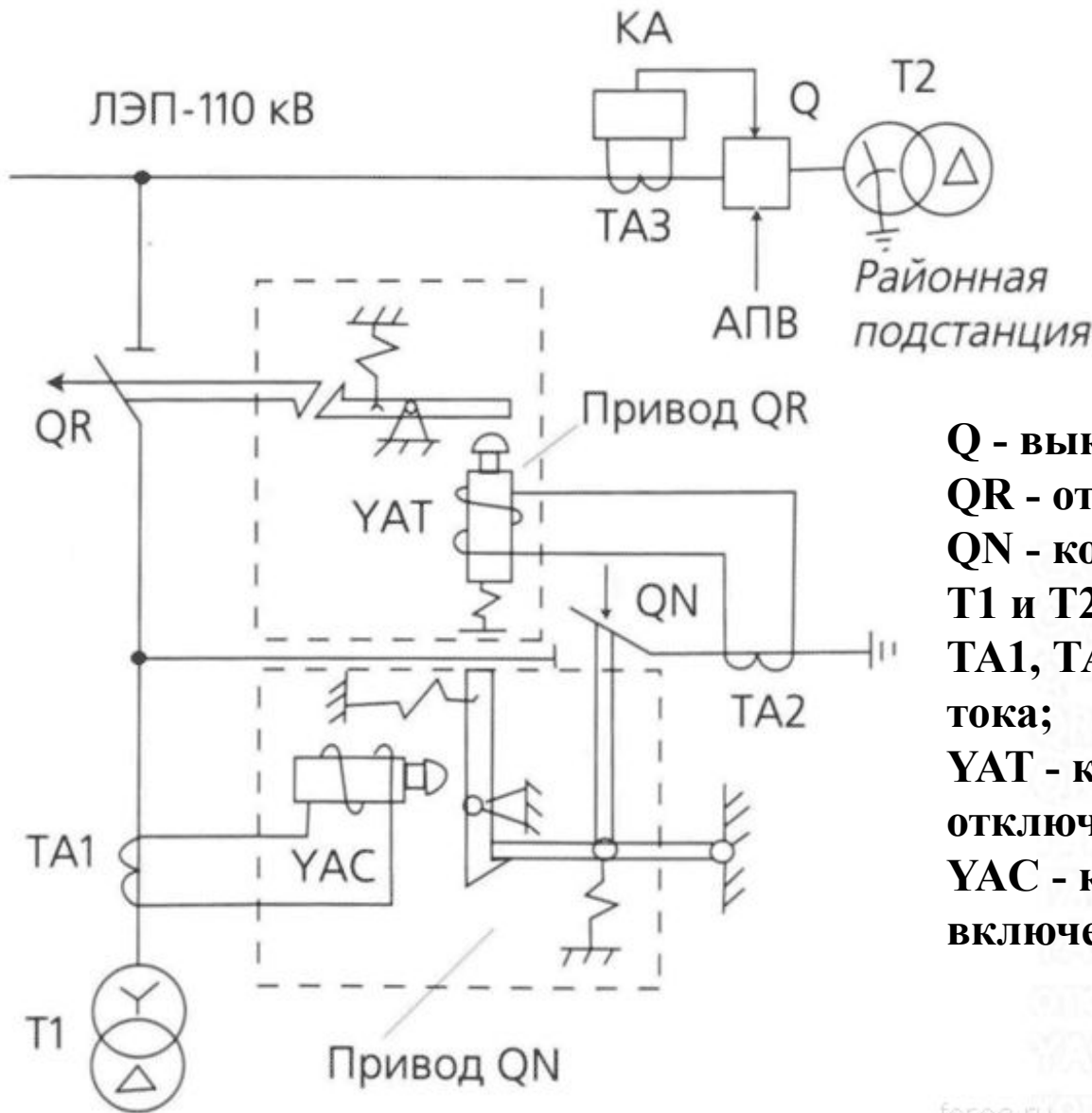
Выбор отделителей

При выборе типа отделителя следует обратить внимание на необходимое количество заземляющих ножей (для исключения использования переносных заземлений) и место установки. Заземляющие ножи используются во время ремонтных работ для заземления отключенного участка электроустановки.

1. $U_{\text{ном Од}} \leq U_{\text{ном}}$.
2. $I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}}; I_{\text{мах}} \leq I_{\text{ном}}$.
3. $i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}$.
4. $B_{\text{к}} \leq I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}}$.

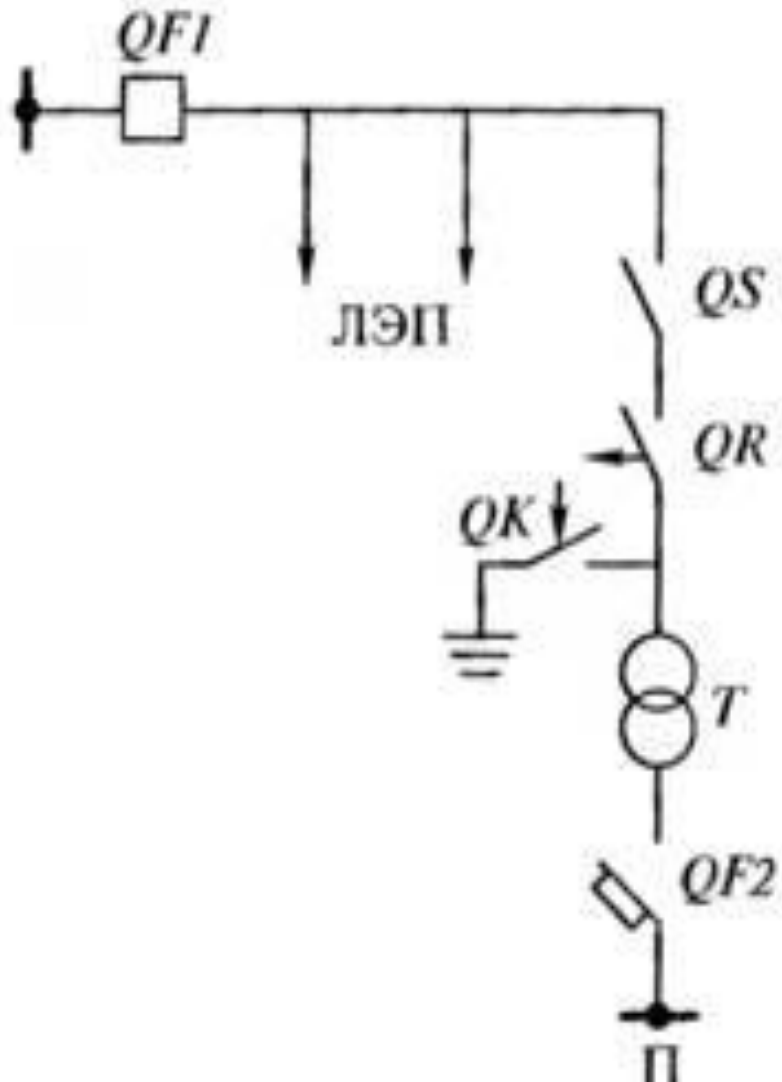
Дополнительно указывается время отключения (с), которое должно соответствовать требованиям схемы автоматики.

Схема совместного действия отделителя и короткозамыкателя



- Q** - выключатель;
- QR** - отделитель;
- QN** - короткозамыкатель;
- T1** и **T2** - силовые трансформаторы;
- TA1**, **TA2** и **TA3** - трансформаторы тока;
- YAT** - катушка электромагнита отключения отделителя;
- YAC** - катушка электромагнита включения короткозамыкателя.

Совместная работа отделителя и короткозамыкателя



QF1, QF2 - выключатели;
ЛЭП – линия электропередачи;
QS - разъединитель;
QR - отделитель;
QK - короткозамыкатель;
T - трансформатор;
П - потребители

Выключатель нагрузки (ВН)

Выключатель нагрузки – коммутационный трехполюсный аппарат, который служит для отключения-включения цепей, находящихся под нагрузкой, но не способный отключать токи к.з. Отключение сверхтоков в выключателях нагрузки осуществляется предохранителями.

Выключатель нагрузки - простейший высоковольтный выключатель, конструктивно базирующийся на конструкции разъединителей.

Применение

Выключатели нагрузки устанавливаются в распределительных устройствах и подстанциях и допускают коммутацию до нескольких МВА, в зависимости от конструкции и номинального тока.

Выключатель нагрузки - распространенный коммутационный аппарат в распределительных сетях 6, 10 кВ.

Разновидности выключателей нагрузок

- Автогазовые
- Вакуумные
- Элегазовые

В эксплуатации находятся выключатели нагрузки серий ВНР - с ручным приводом и ВПН - с пружинным приводом, а также выключатели нагрузки прежних серий ВН и их модификации: с заземляющими ножами (стационарными заземлителями), с предохранителями, соединяемыми последовательно с выключателем нагрузки, для отключения тока КЗ и т. д.

Выключатели нагрузки не предназначены для отключения токов КЗ. Но в схемах с АВР допускается автоматическое включение выключателей нагрузки серий ВПН с подачей напряжения на электроустановку от резервного источника питания.

Не рекомендуется применение выключателей нагрузки с ручным и полуавтоматическим приводами для подачи напряжения на линии, трансформаторы и шины, отключившиеся действием релейной защиты без осмотра, оборудования и устранения повреждения.

При включении выключателя нагрузки сначала замыкаются дугогасительные контакты, затем главные, при отключении - наоборот. В отключенном положении подвижный дугогасительный контакт образует видимый воздушный зазор с дугогасительной камерой. Выключатели нагрузки могут снабжаться стационарными заземляющими ножами с блокировкой от неправильного включения.

Выключатели нагрузки получили широкое распространение в распределительных сетях 6-10 кВ для включения и отключения линий, трансформаторов в нормальном режиме работы, а также в схемах автоматического включения резерва. При операциях, проводимых оперативным персоналом вручную, значение тока, проходящего через аппарат, не должно превышать номинального тока аппарата. В соответствии с этим перед плановым отключением выключателя нагрузки необходимо проверять значение тока в отключаемой цепи. При отсутствии в цепи измерительного прибора максимально возможное значение тока в коммутируемой цепи должно определяться заранее и указываться в местной инструкции.

При устранении аварийных ситуаций выключатели нагрузки используются для выделения (отключения) повреждённого участка сети. Операции выполняются действием автоматических устройств в периоды времени, когда с электроустановки снято напряжение, т.е. в так называемые «бестоковые» паузы (качество отделителя).

Условное обозначение выключателя ВН Х-Х-10/Х-Х хх 3 ХЗ:

ВН - выключатель нагрузки;

Х - исполнение:

А - автогазовый;

М - модернизированный;

П - с пружинным приводом;

Р - с ручным приводом

Х - тип расположения привода:

П - правое,

Л - левое

10 - номинальное напряжение, кВ;

Х - номинальный ток, А (400, 630);

Х - номинальная периодическая составляющая сквозного тока, А (10, 20);

х - наличие ножей заземления:

з - с заземляющими ножами;

2з - с заземляющими ножами с двух сторон

х - расположение заземляющих ножей (если только с одной стороны):

п - заземляющие ножи расположены за предохранителями;

в - заземляющие ножи расположены со стороны заземляющих контактов

З - устройство для подачи команды на отключение при перегорании

предохранителя;

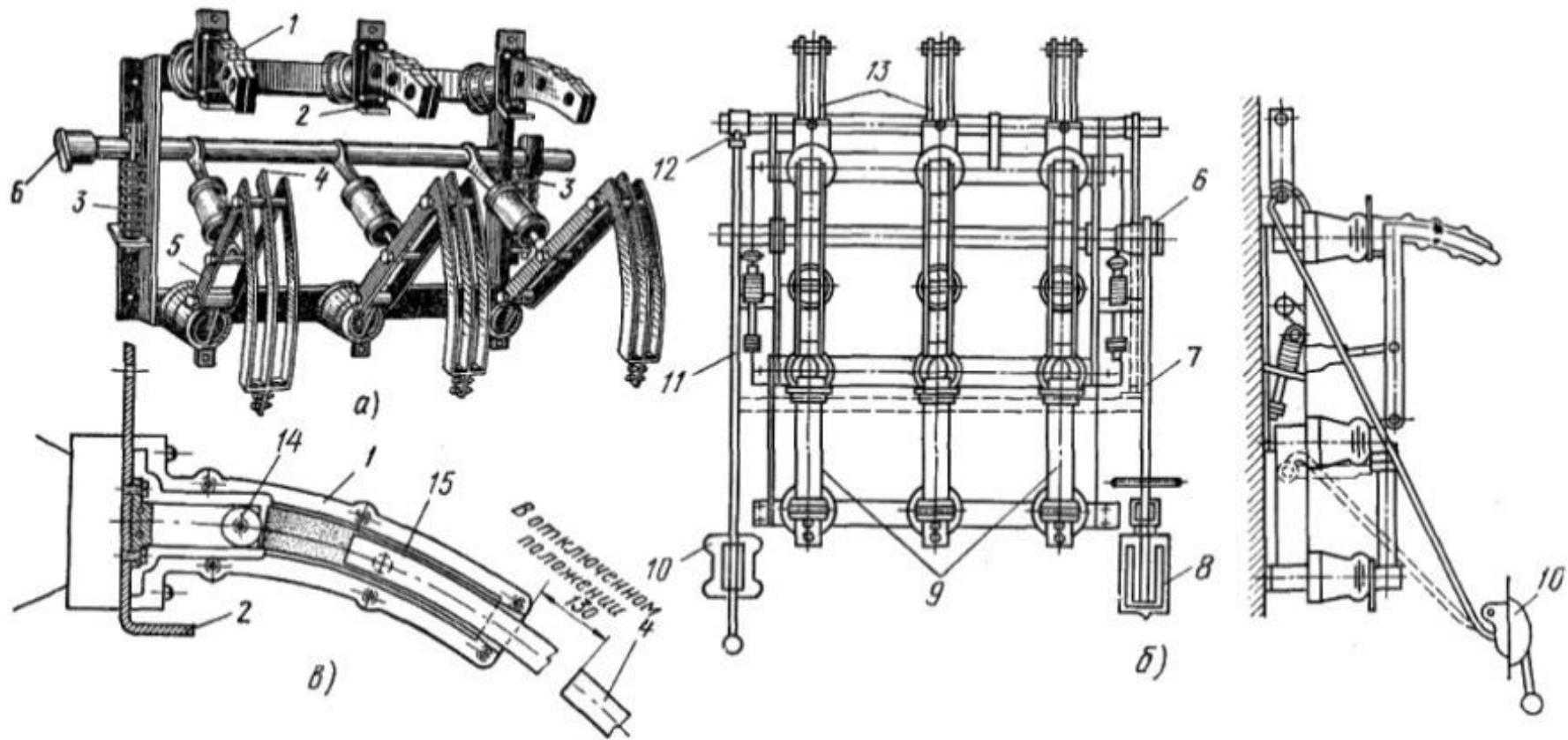
ХЗ - климатическое исполнение (У, Т) и категория размещения (3) по ГОСТ.

Преимущества

- Простота в изготовлении и эксплуатации.
- Значительно меньшая стоимость по сравнению с другими выключателями - в несколько раз (особенно у автогазовых).
- Возможность отключения и включения номинальных токов нагрузок.
- Наличие защиты от сверхтоков.
- Наличие видимого разрыва между контактами, что исключает установку дополнительного разъединителя.

Недостатки

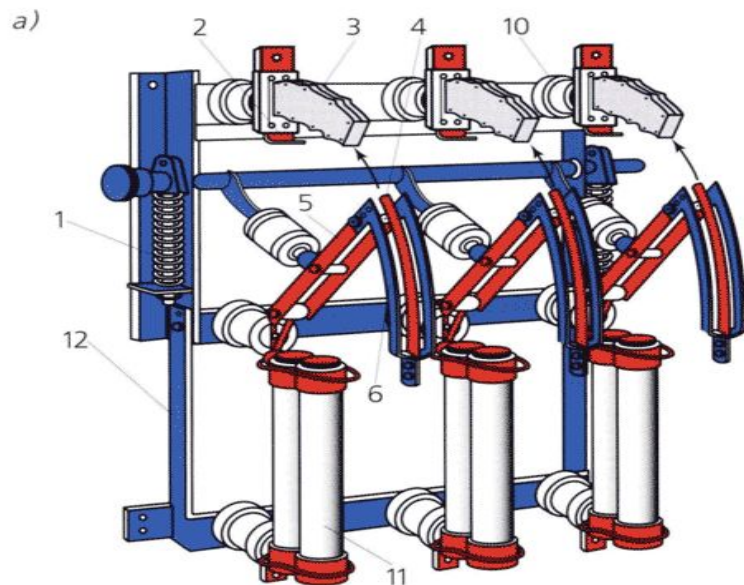
- Коммутация небольших мощностей;
- Малый ресурс работы (особенно у автогазовых).



а - общий вид ВН-16; б - ВНПз-16 с приводом ПРА-17; в - разрез дугогасительной камеры

1 - дугогасительная камера; 2, 3 - неподвижный и подвижный рабочие контакты; 3 - пружины; 4, 14 - подвижный и неподвижный дугогасительные контакты; 6 - рычаг на валу выключателя нагрузки; 7 - тяга привода ПРА-17; 8, 10 - приводы ПРА - 17 и ПР-2; 9 - предохранители ПК; 11 - тяга привода ПР-2; 12 - рычаг на валу заземляющих ножей; 13 - заземляющие ножи; 5 - вкладыши из органического стекла.

Выключатель нагрузки ВМП-16



а - общий вид ВМП-16;

б - дугогасительная камера;

1 - отключающая пружина;

2 - неподвижный контакт;

3 - дугогасительная камера;

4 - подвижный дугогасительный контакт;

5 - подвижный контакт;

6 - стальная полоса;

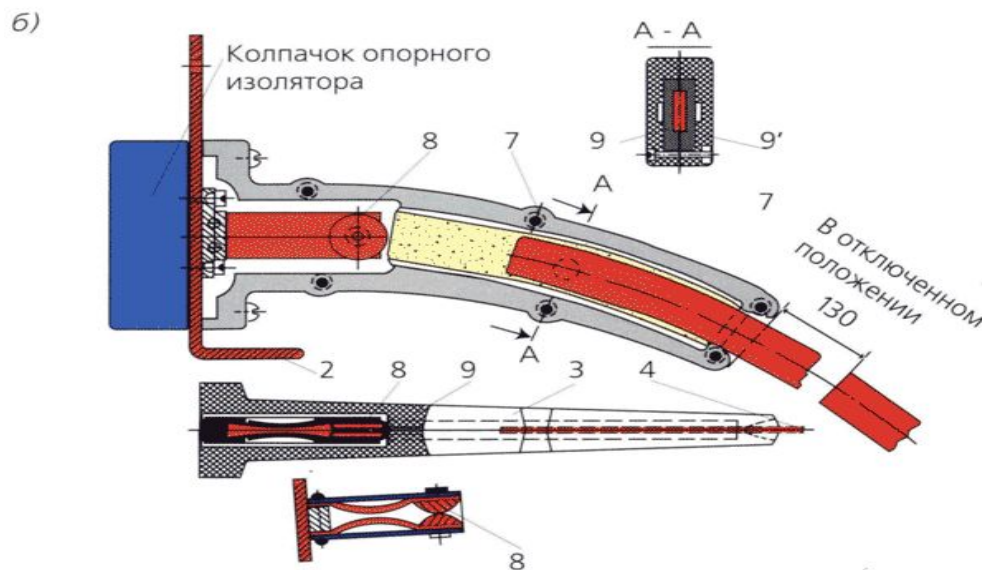
7 - стяжные винты;

8 - неподвижный дугогасительный контакт;

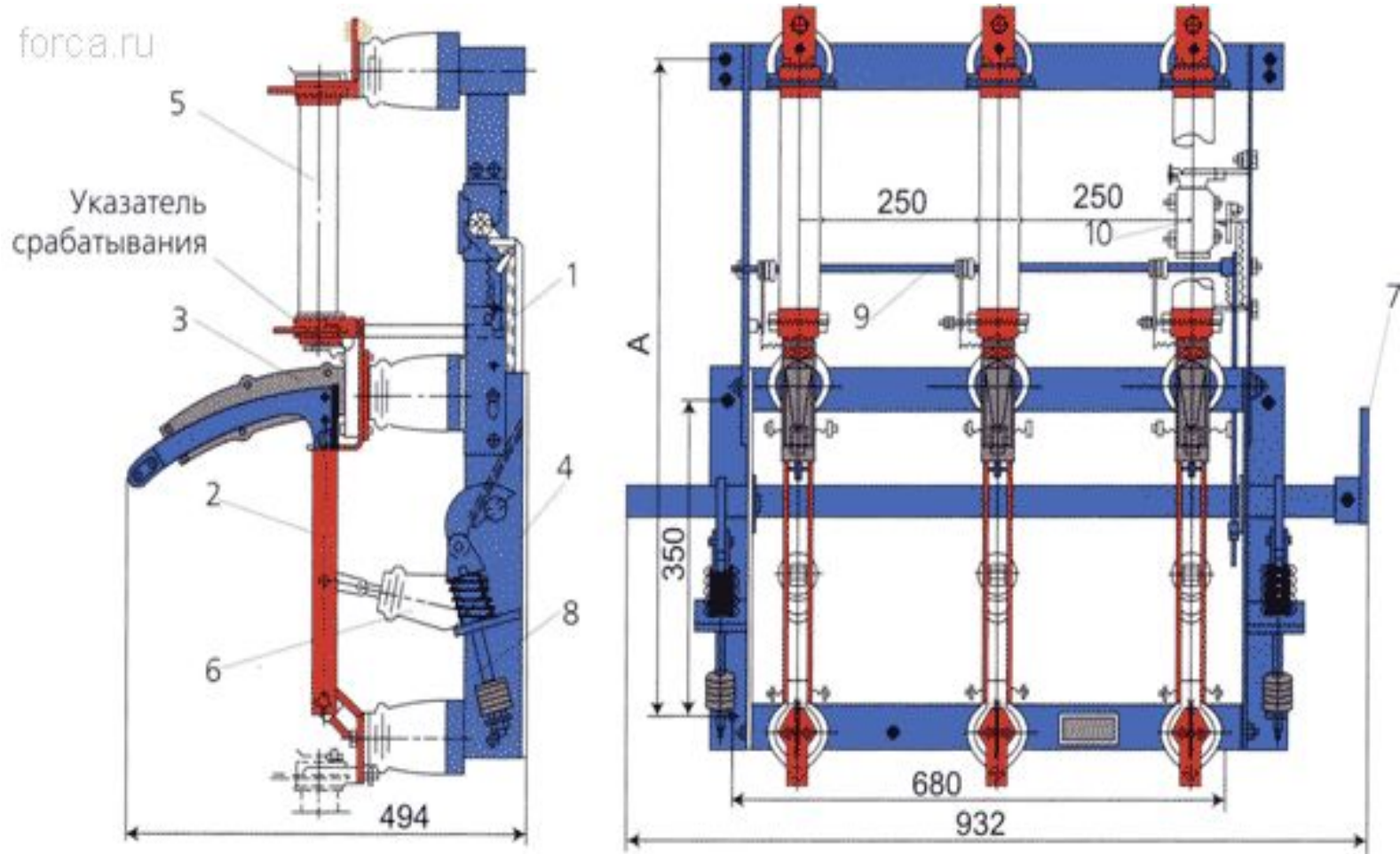
9 - газогенерирующий вкладыш; 10 - изолятор;

11 - предохранитель;

12 - рама.



Выключатель нагрузки ВНП-17

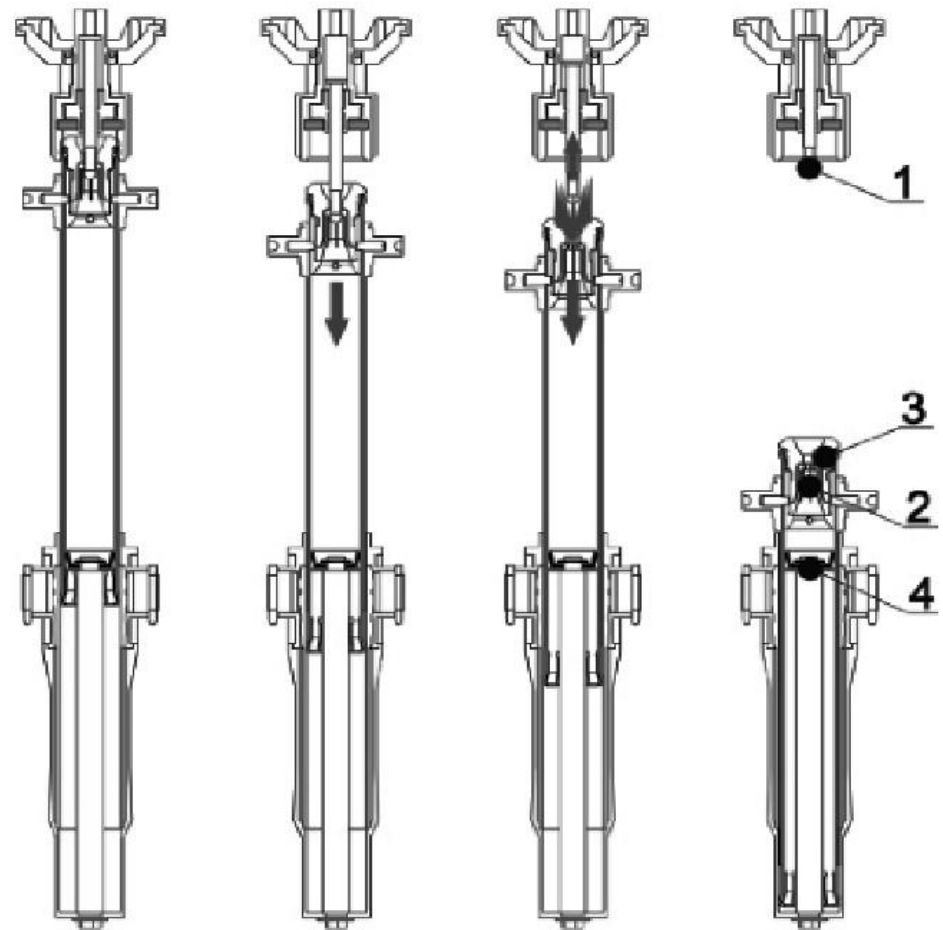


1 - опорный изолятор; 2 - нож; 3 - дугогасительное устройство; 4 - фарфоровая тяга; 5 - патрон предохранителя; 6 - отключающая пружина; 7 - рычаг для присоединения к приводу; 8 - опорная рама выключателя нагрузки; 9 - устройство, отключающее выключатель при перегорании предохранителя на любом из трех полюсов; 10 - отключающий электромагнит.

Выключатель нагрузки ВНР-10/630



Выключатель нагрузки трехпозиционный ВНТ с предохранителями (I_{ном}=630 А)





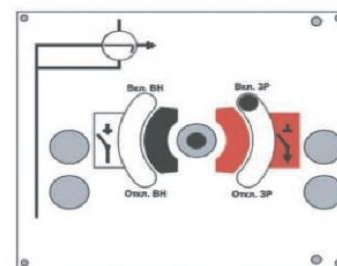
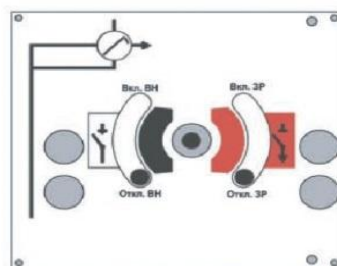
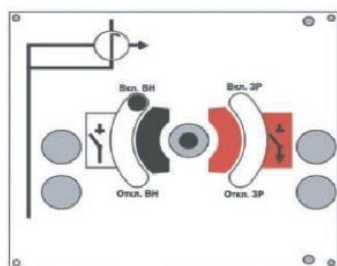
«ВКЛЮЧЕНО»



«ОТКЛЮЧЕНО»



«ЗАЗЕМЛЕНО»



- Применение трехпозиционных коммутационных аппаратов позволяет:
- Существенно уменьшить габаритные размеры КСО.
 - Исключить одновременное выполнение двух коммутационных операций «включено» и «заземлено».
 - Не допустить ошибочные действия персонала, повысить безопасность обслуживания и снизить вероятность повреждения оборудования распределительных устройств.
 - Исключить возможность неполнофазных режимов при перегорании хотя бы одного предохранителя.

Выбор выключателей нагрузки

1. $U_{уст} \leq U_{ном}$
2. $I_{норм} \leq I_{ном}; I_{мах} \leq I_{ном}$
3. $i_y \leq i_{дин}$
4. $W_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}$

Если выключатель нагрузки устанавливается совместно с высоковольтным предохранителем, то предохранитель выбирается:

по напряжению, по длительному току, по отключающей способности

$$I_{п,0} \leq I_{ном.отк}$$

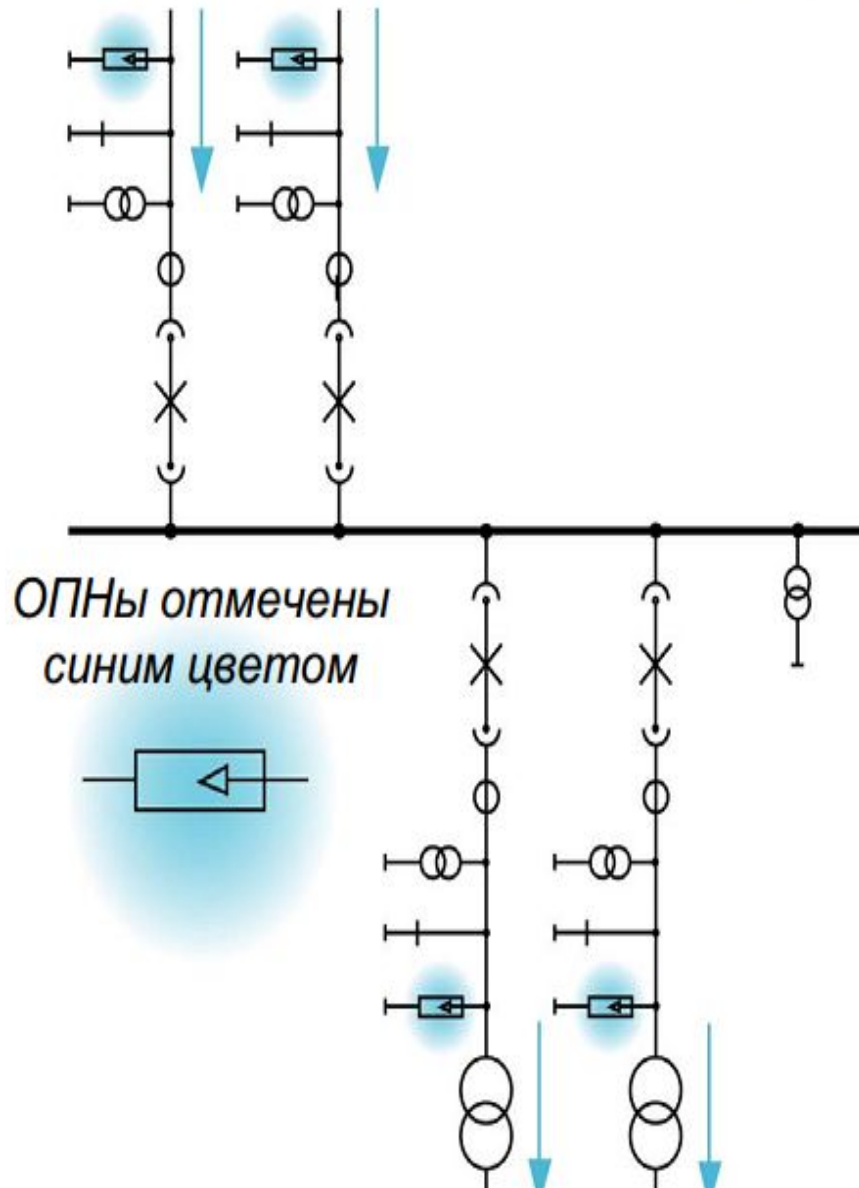
Ограничители перенапряжений

Разрядники и ограничители перенапряжений (ОПН) - аппараты, ограничивающие напряжение в электроустановке при коммутационных и атмосферных перенапряжениях.

Они позволяют снизить требования к прочности электрической изоляции аппаратов и оборудования, уменьшить габаритные размеры электроустановки и значительно удешевить ее.



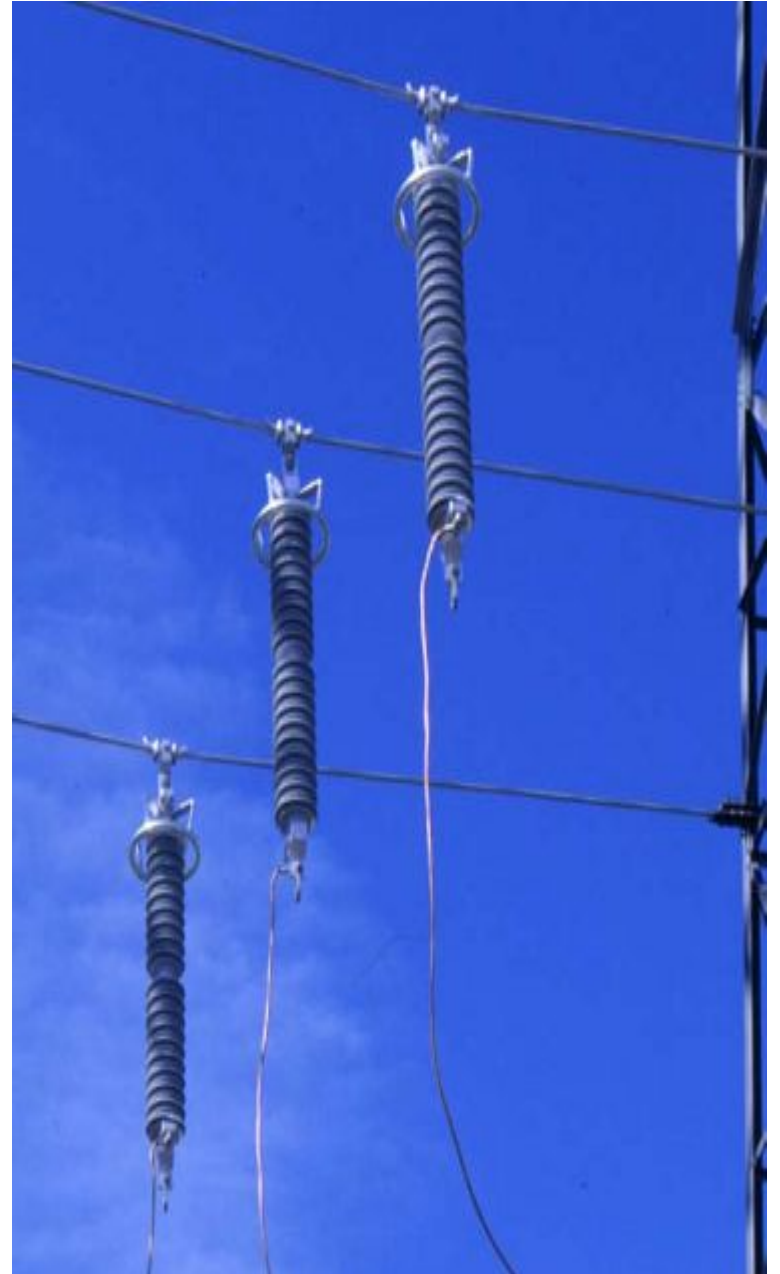
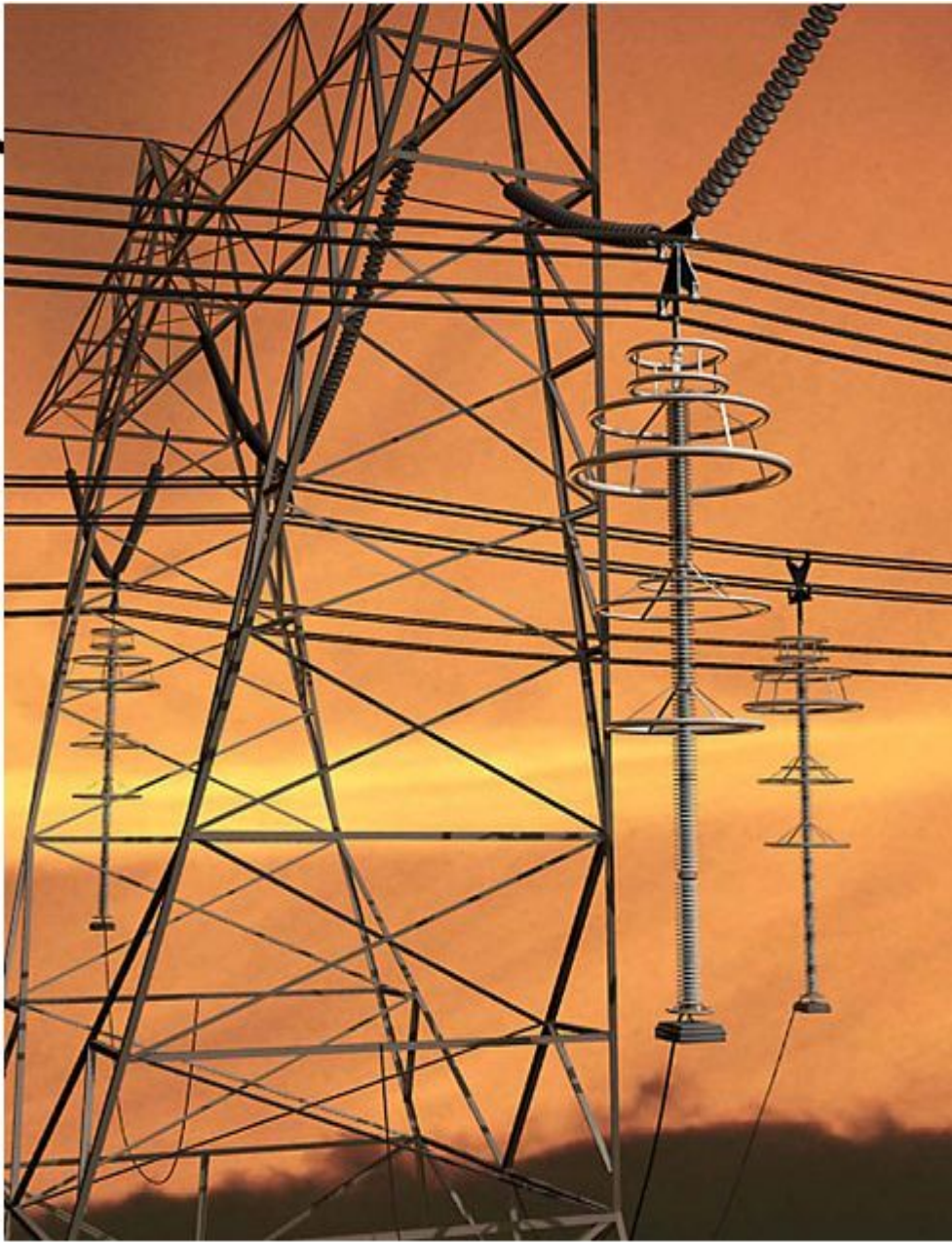
Защита оборудования ОРУ



Защита от перенапряжений

- Силовой трансформатор
 - Основной объект защиты
 - ОПНы располагаются по возможности ближе к защищаемому оборудованию
- ОПНы на отходящих линиях
 - Защищают оборудование вводных ячеек (выключатели, измерительные трансформаторы)
 - Повышают уровень защиты силового трансформатора
 - Предотвращают повторное зажигание выключателей





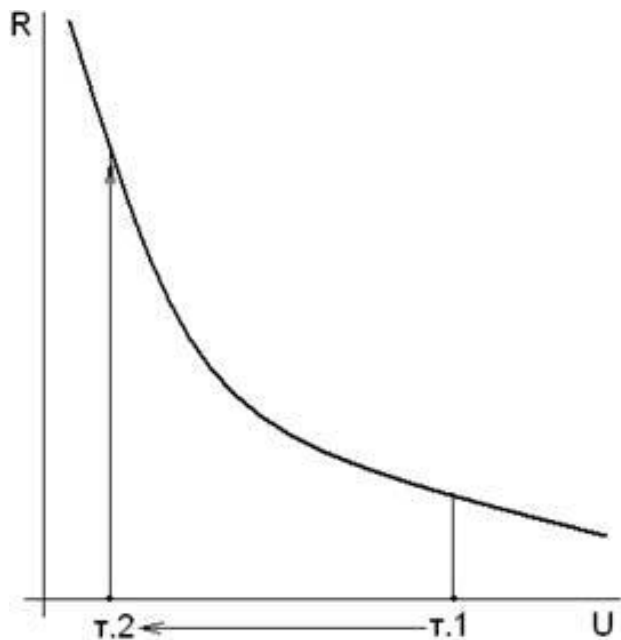
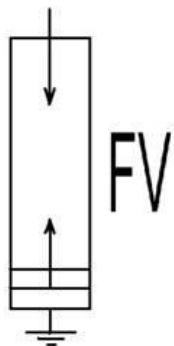
Основные типы ограничителей перенапряжения:

- **Трубчатые разрядники** (в настоящее время не выпускаются)
- **Вентильные разрядники** (нелинейный резисторный тип с искровыми промежутками, в настоящее время — карбидокремниевый тип без искровых промежутков)
- **ОПН** - ограничители перенапряжения нелинейные (металлооксидный тип без искровых промежутков)

Классы разрядников:

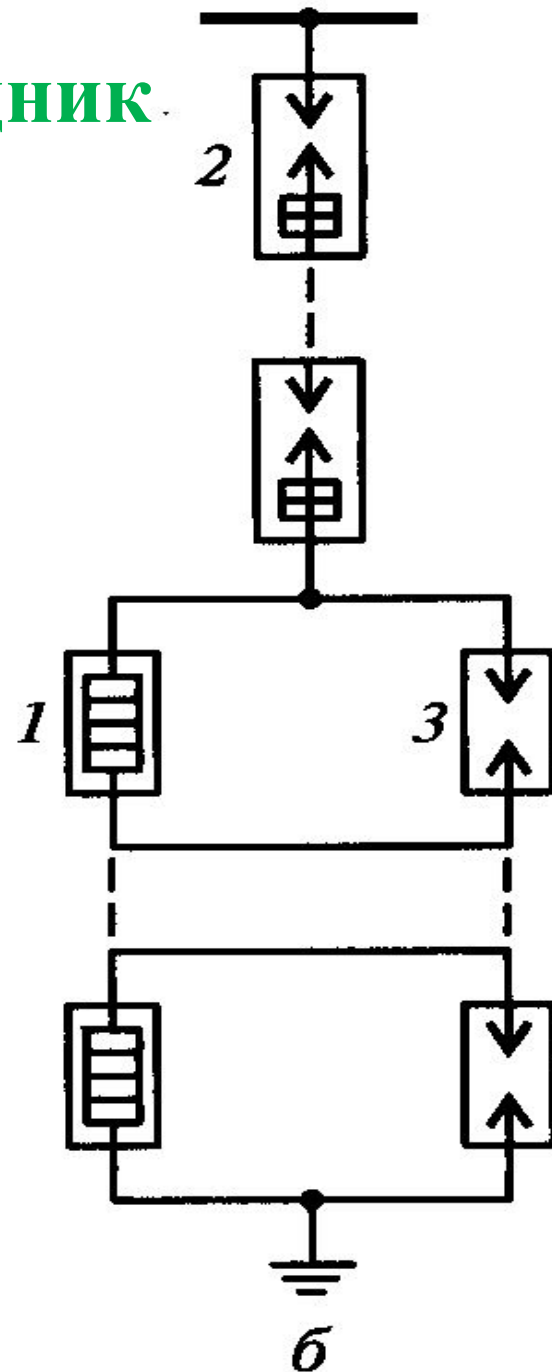
- 1) **Станционный класс.**
- 2) **Промежуточный класс.**
- 3) **Распределительный класс** (высокой, средней и малой нагрузки).
- 4) **Вспомогательный класс.**

Вентильный разрядник

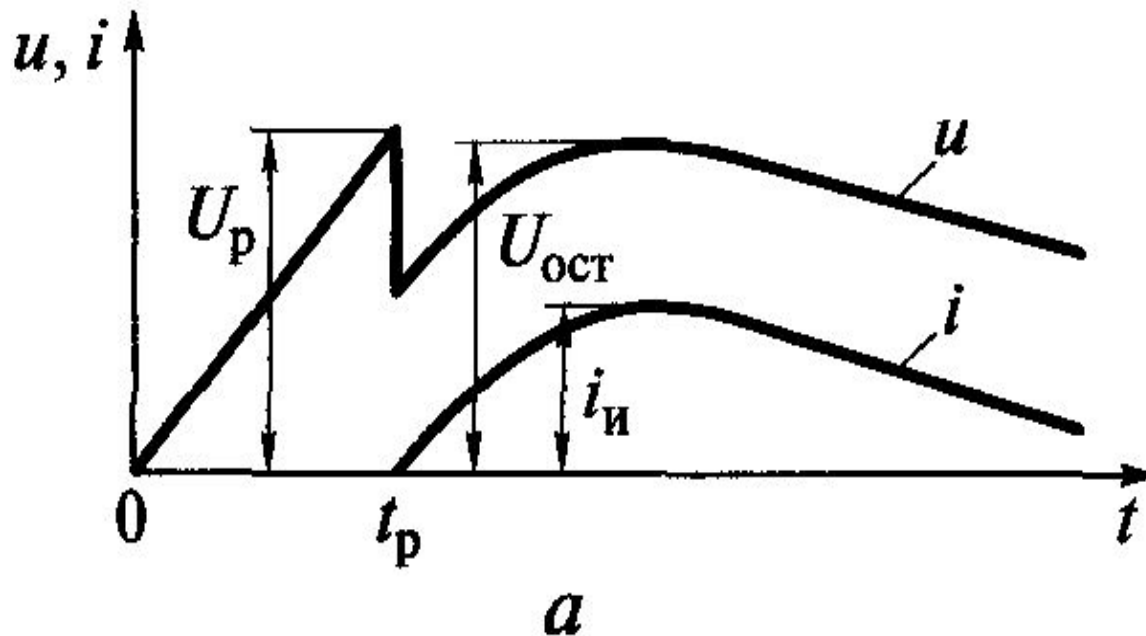


Зависимость сопротивления варистора от приложенного напряжения

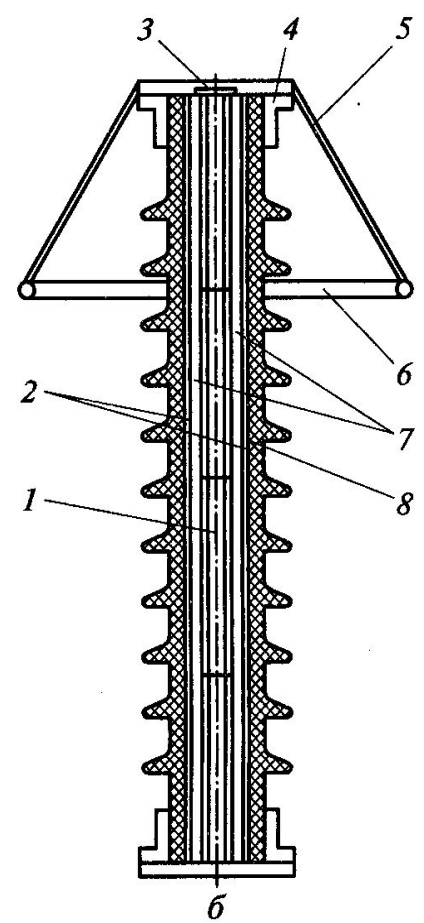
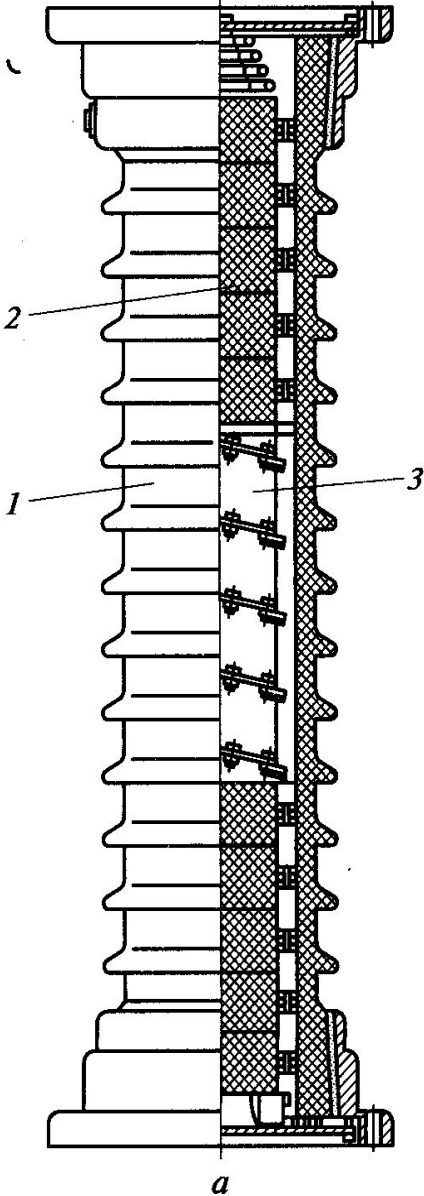
2, 3 – искровые промежутки;
1 - шунтирующие резисторы (линейные) и конденсаторы, дающие возможность управлять распределением напряжений различной длительности по искровым промежуткам.



Изменение тока и напряжения на разряднике при воздействии импульса перенапряжения



U_p — напряжение пробоя разрядника;
 $U_{ост}$ - остаточное напряжение импульса;
 t_p - момент пробоя разрядников;
 $i_{и}$ — импульсный ток через разрядник.



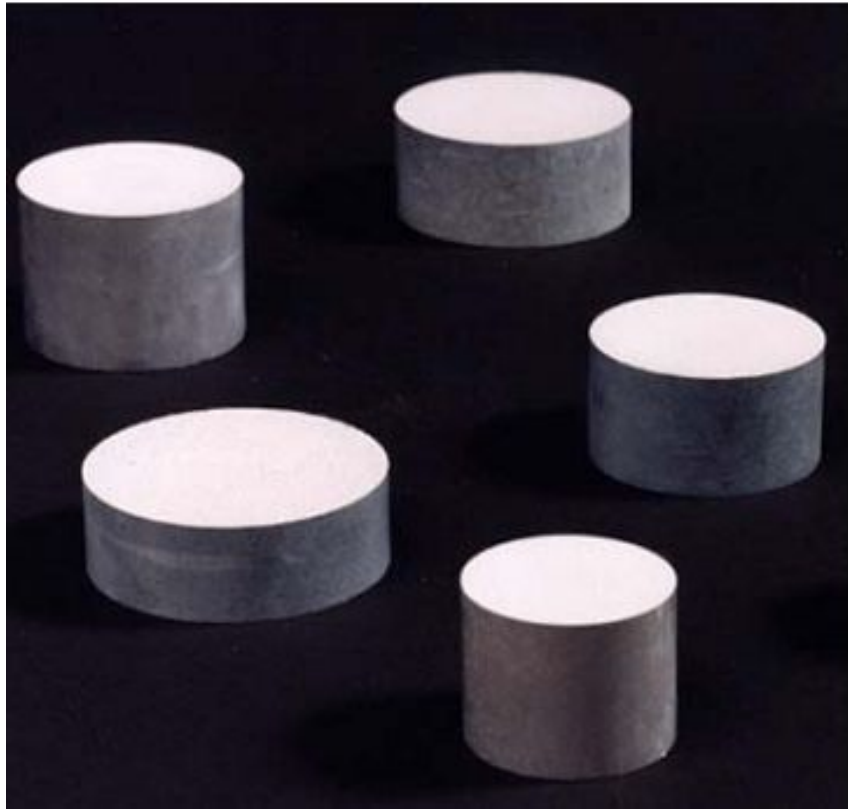
а:

- 1 - фарфоровая крышка;
- 2 - нелинейные вилитовые резисторы;
- 3 - искровые промежутки.

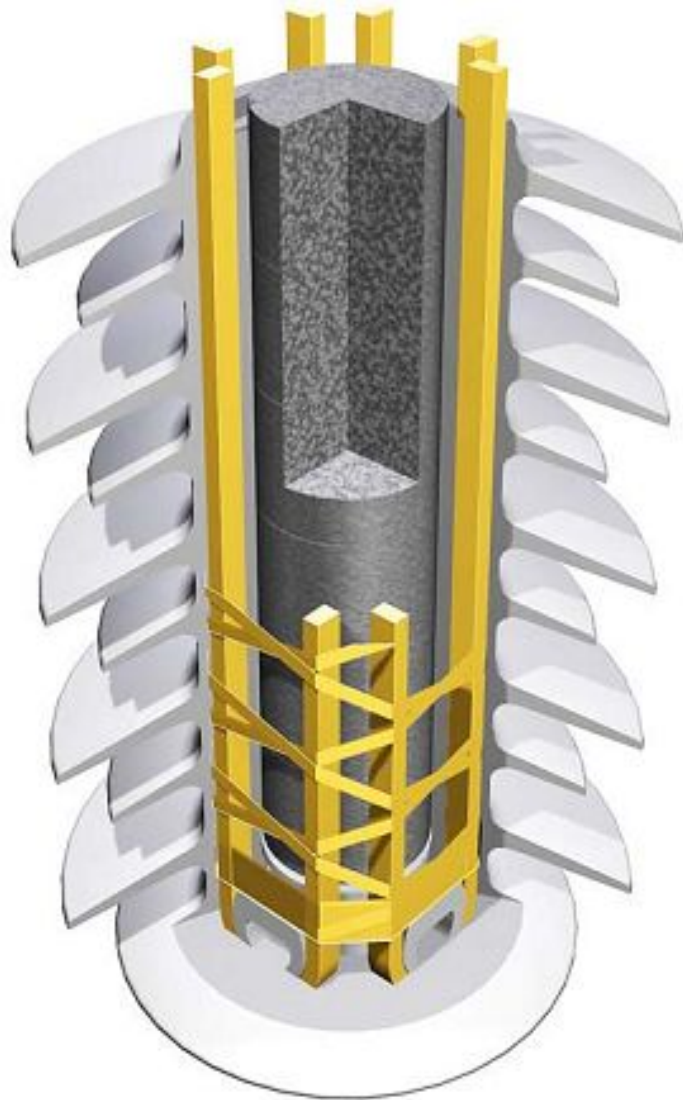
б:

- 1 - внутренняя полость варисторов;
- 2 - фарфоровый корпус;
- 3 - герметичный клапан сброса давления;
- 4 - фланцы;
- 5,6 - тороидальный экран с держателями;
- 7 - тепловая прослойка;
- 8 - колонка нелинейных резисторов (варисторов)

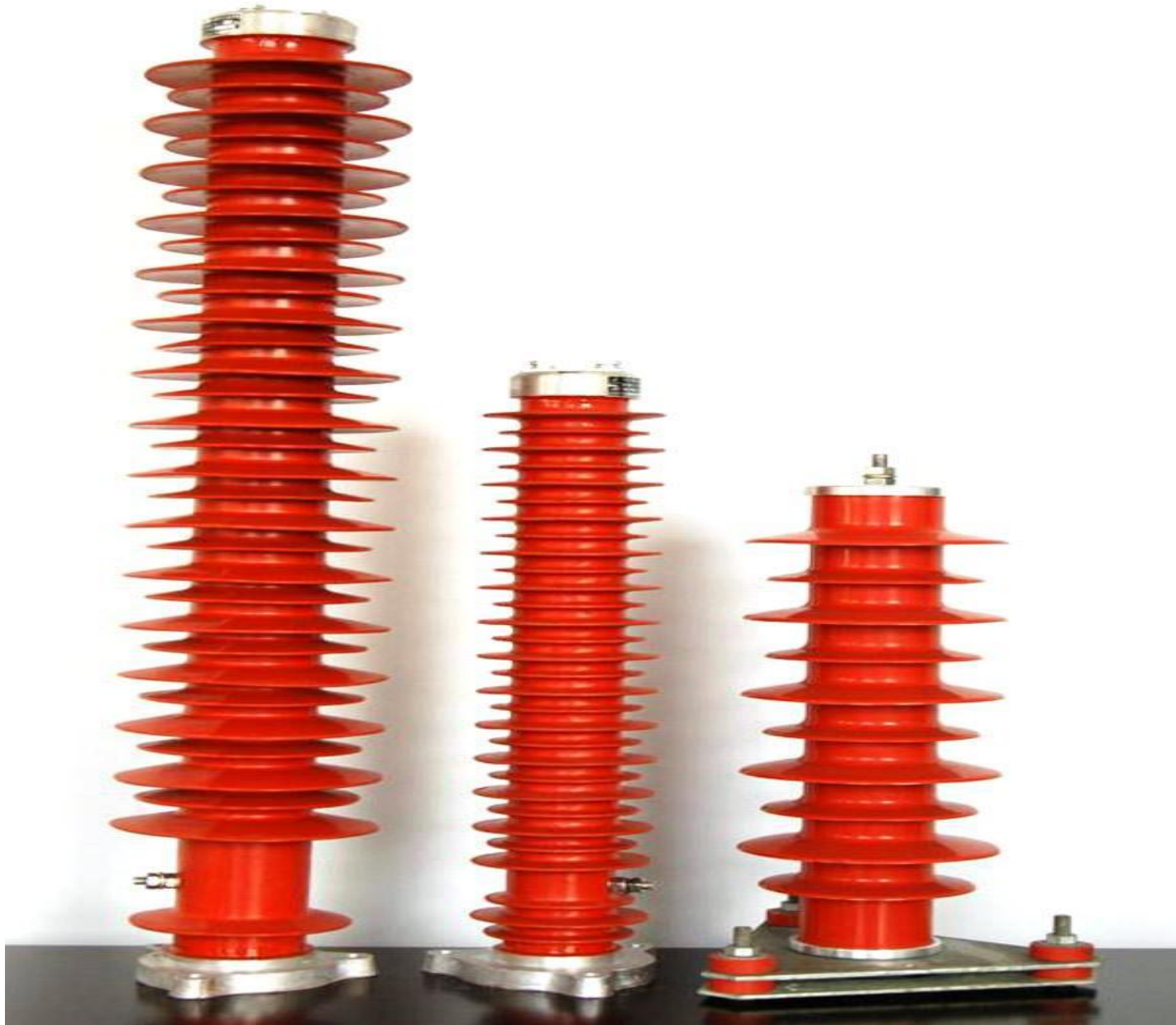
**а - магнитно-вентильный разрядник РВМГ;
 б - ОПН в фарфоровом корпусе**

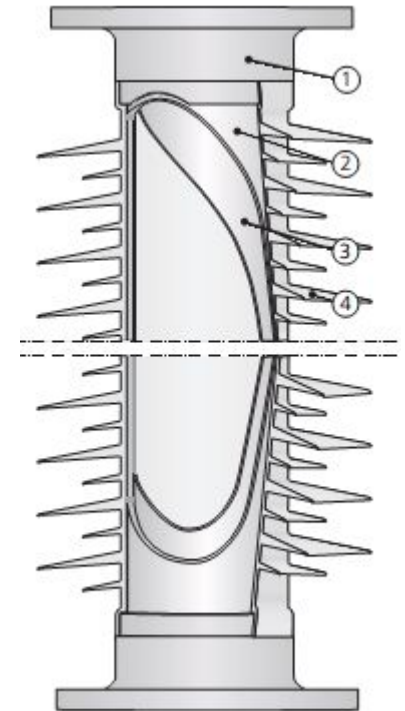


Молдинговое литье на активных частях

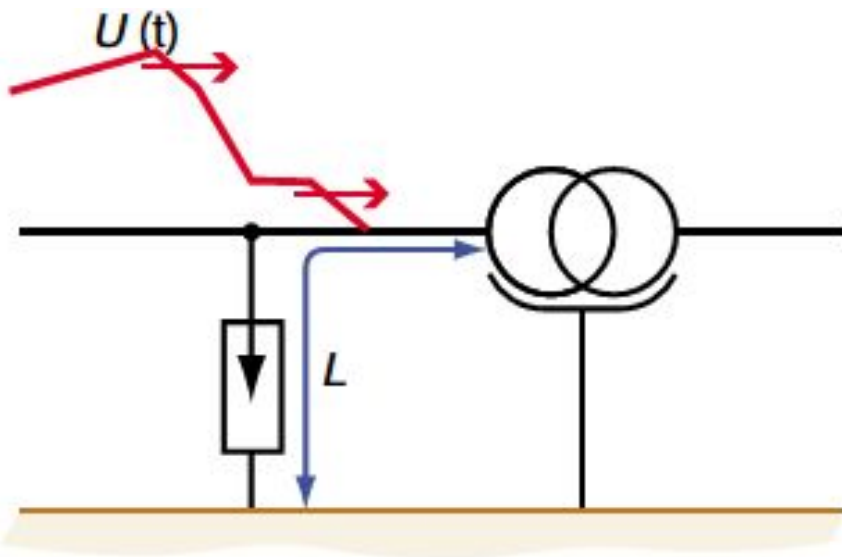


- Надежная герметизация активных элементов
- Полное отсутствие воздуха между варисторами и крышкой
 - Внутренние частичные разряды отсутствуют
 - Попадание воды исключено
- Отличная теплопередача





- 1. Металлический фланец.**
- 2. Армированная стекловолокном эпоксидная трубка.**
- 3. Внутренняя облицовка.**
- 4. Покрышка с юбками из силиконовой резины.**



$$L = \frac{U_{\text{BIL}} - U_p}{2S} V$$

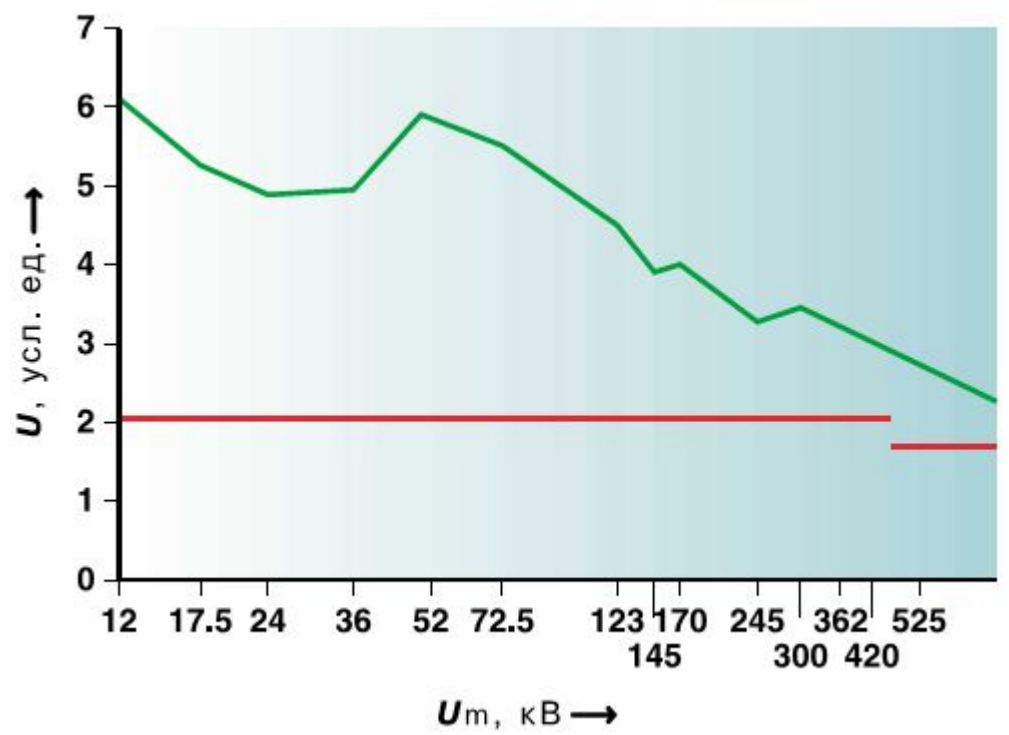
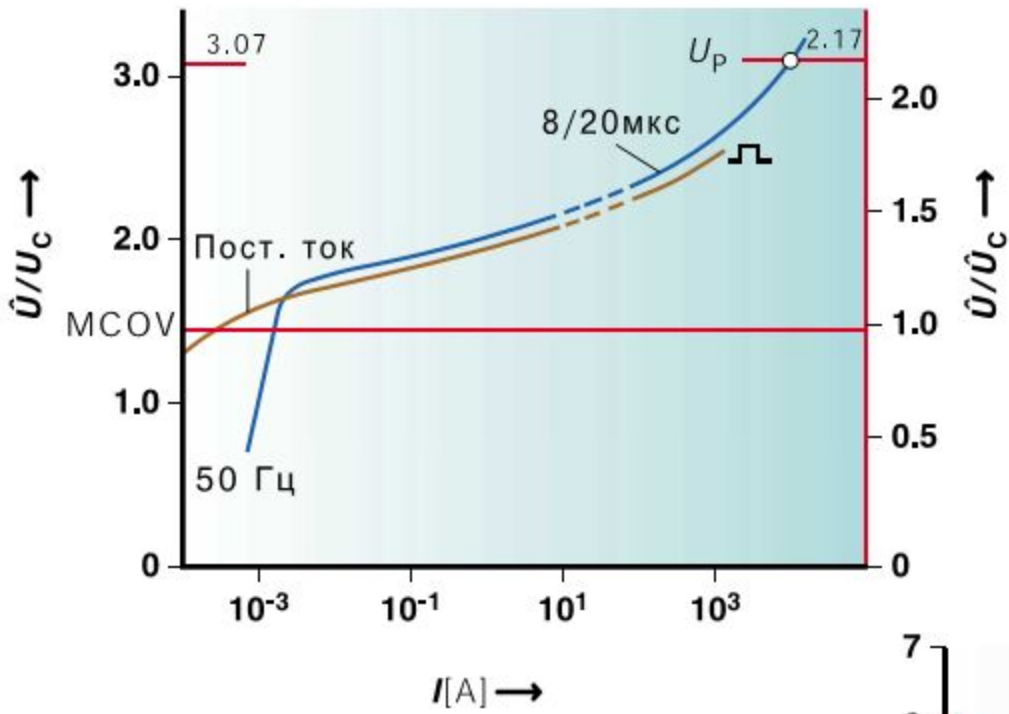
L – защитное расстояние.

U_p – остаточное напряжение.

S – крутизна волны перенапряжения (около 1200 кВ/мкс).

U_{BIL} – основной уровень прочности изоляции защищаемого устройства (например, трансформатора).

V – скорость распространения волны перенапряжения (около 300 м/мкс в случае ЛЭП и около 150 м/мкс в случае КЛ).



Выбор и применение

Цель применения разрядника – выбрать устройство с самым низким порогом перенапряжения, которое бы обеспечивало надлежащую защиту изоляции оборудования и, будучи подключенным к энергосистеме, имело удовлетворительный номинальный срок службы.

Разрядники с минимальным порогом срабатывания обеспечивают наивысший уровень защиты изоляции оборудования.

Высокий порог срабатывания увеличит срок службы разрядника на конкретной энергоустановке, но снизит степень защиты изоляции оборудования.

При выборе ограничителя перенапряжения необходимо принять во внимание оба момента – и срок эксплуатации разрядника, и безопасность оборудования.

Разрядник устанавливают как можно ближе к защищаемому оборудованию (в щите рядом с щитом защищаемого оборудования), т.к. по волновой теории падающая и отраженная волна направляются в узловую точку (или щитовую защищаемого оборудования).

Длина проводов для заземления соединения ограничителей перенапряжения с терминалами оборудования должна быть минимальной. Провода необходимо прокладывать прямо, по возможности избегая изгибов. Этим гарантируется, что всплеск энергии уйдет в землю по самому короткому пути. Увеличение длины провода снизит защитную способность ограничителя перенапряжения в связи с дополнительным сопротивлением в проводе.

Выбор ограничителя перенапряжения

Необходимо принять во внимание основные моменты:

- Постоянное напряжение сети**
- Временные перенапряжения**
- Коммутационные перенапряжения (чаще всего для конденсаторных батарей, кабелей, а также для передачи напряжения 345 кВ и выше)**
- Грозовые перенапряжения**
- *Конфигурацию системы (заземлена или не заземлена/заземление с изолированной нейтралью; звезда или треугольник, тип подключения разрядника (линейное или фазное))**