



Курс: «Электрические аппараты»

Лекция № 14

Высоковольтные электрические аппараты. Разъединители, отделители и короткозамыкатели

Преподаватель: Сарсенбаев Е.А., ассоц.проф. кафедры
«Энергетика»

y.sarsenbayev@satbayev.university

Алматы 2025

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, уравнильный ток линий (при разности напряжений не больше 2%);

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

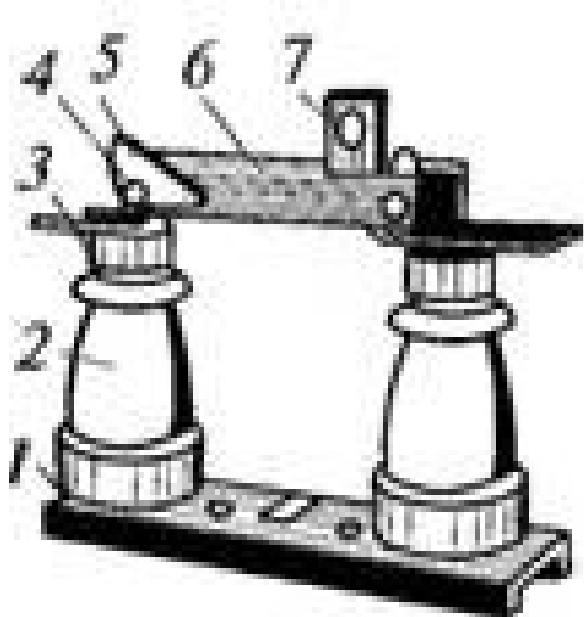
- по способу установки: *с горизонтальным и вертикальным расположением ножей.*

- По конструктивным особенностям: *поворотного, рубящего, пантографического, подвесного и катящегося* типов.

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

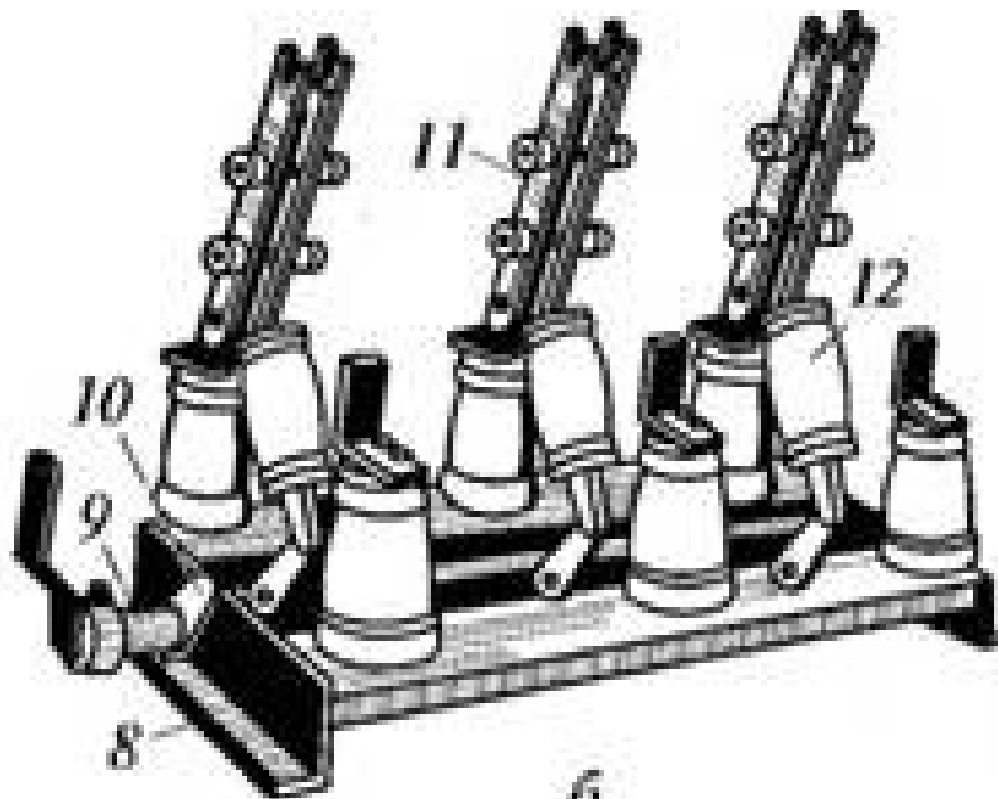
Обозначение

Разъединители внутренней установки



а

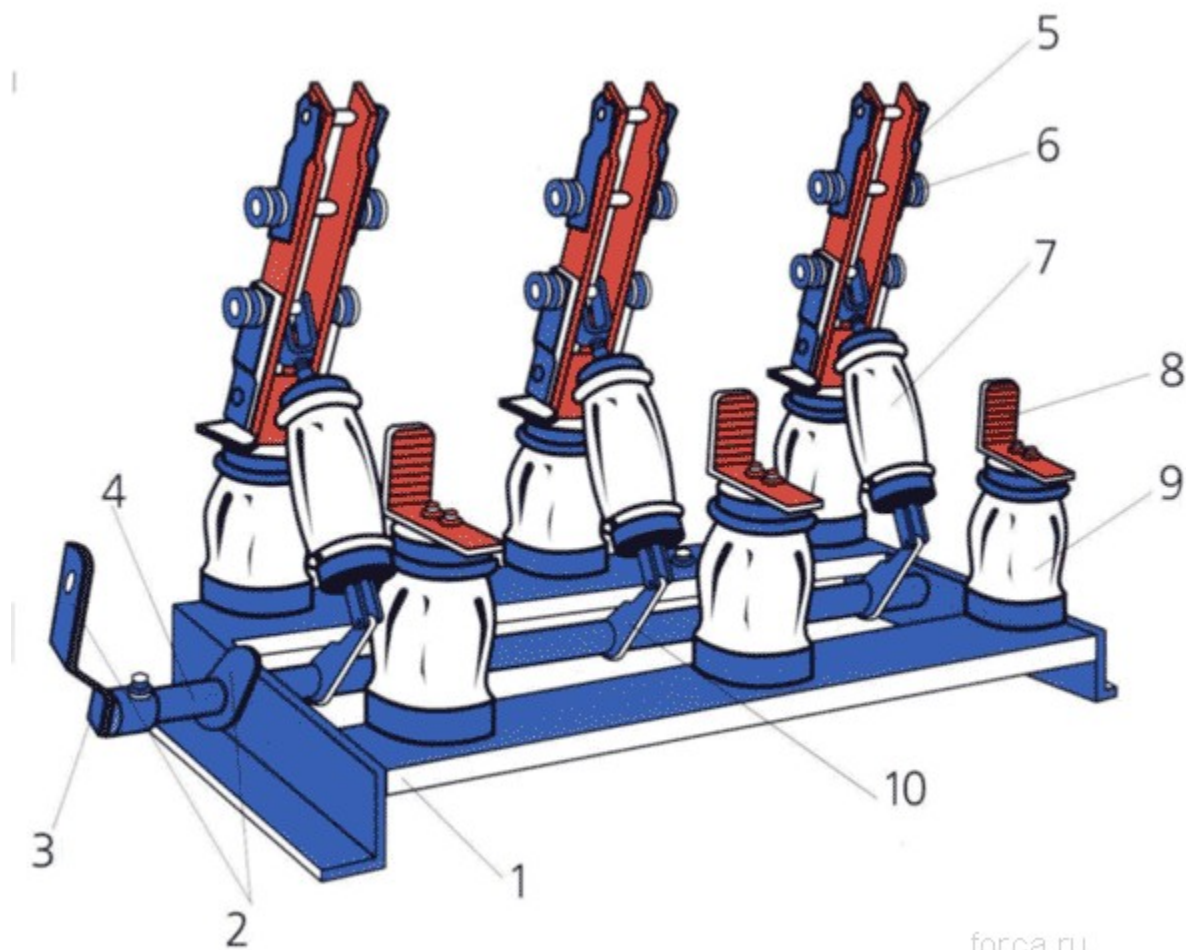
РВО – 6



б

РВ -10

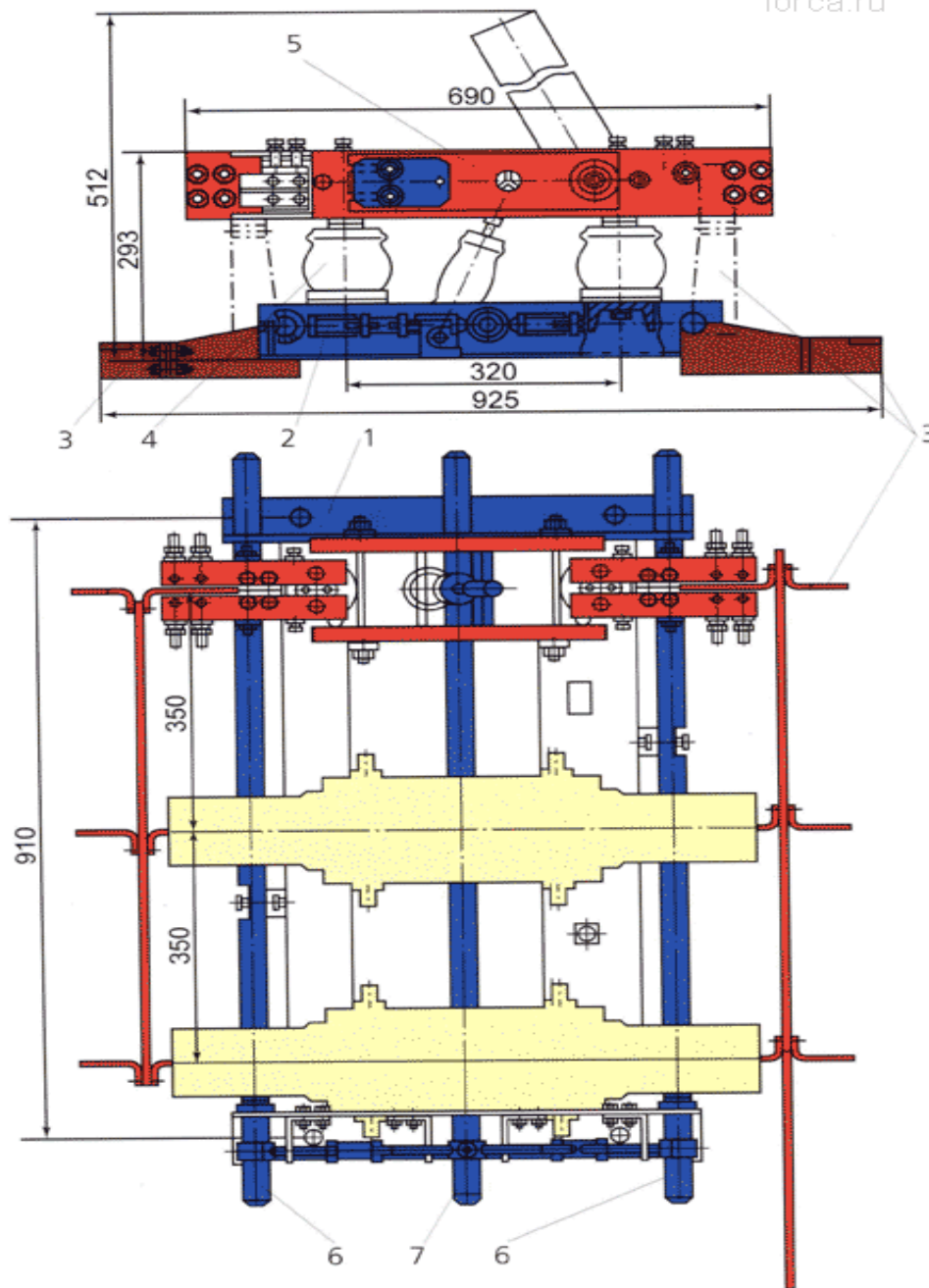
1 - цоколь; 2 - опорный изолятор; 3 - неподвижный контакт; 4 - ось скобы упора; 5 - скоба; 6 - подвижный контактный нож; 7 - ушко; 8 - рама; 9 - вал; 10 - упор; 11 - нож с замком; 12 - тяга



forca.ru

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



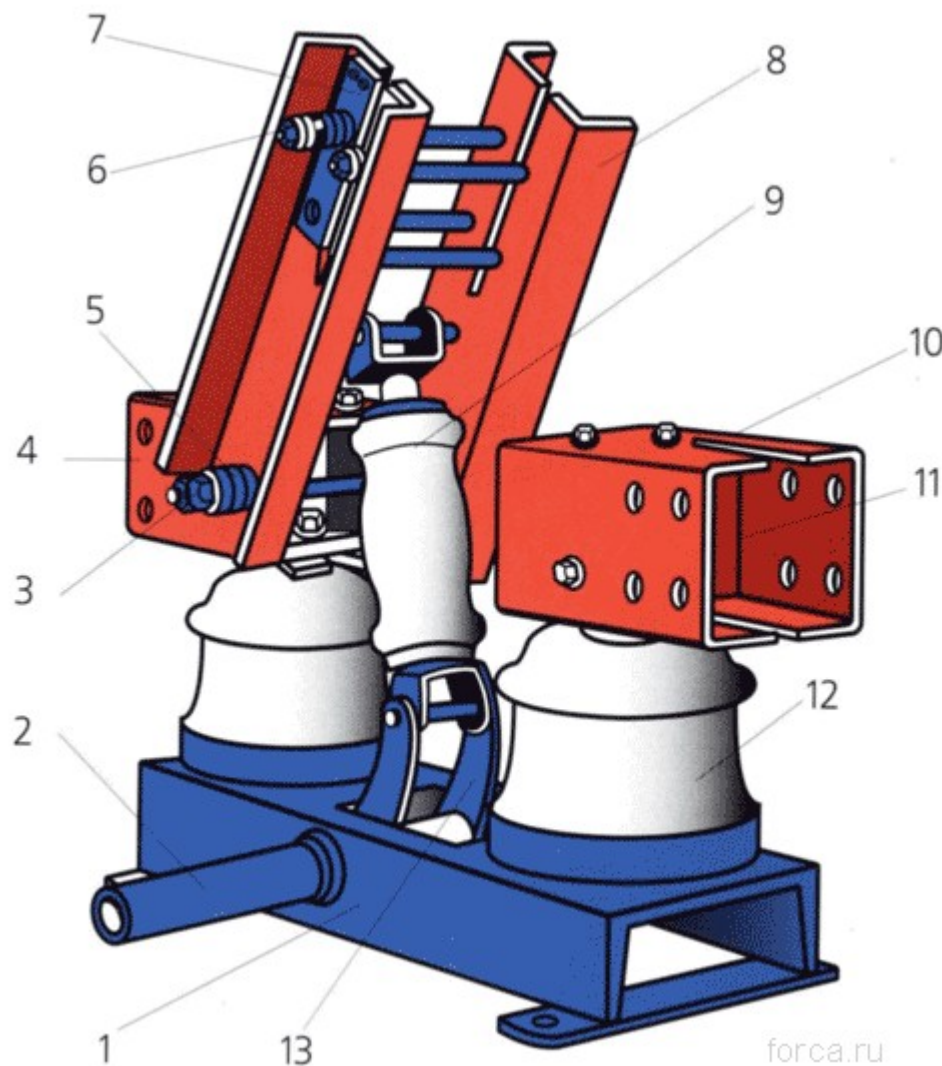
RVРЗ-2-10/2000

**-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.**

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.





Вертикально-поворотного (рубящего) типа

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



SPOL 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).

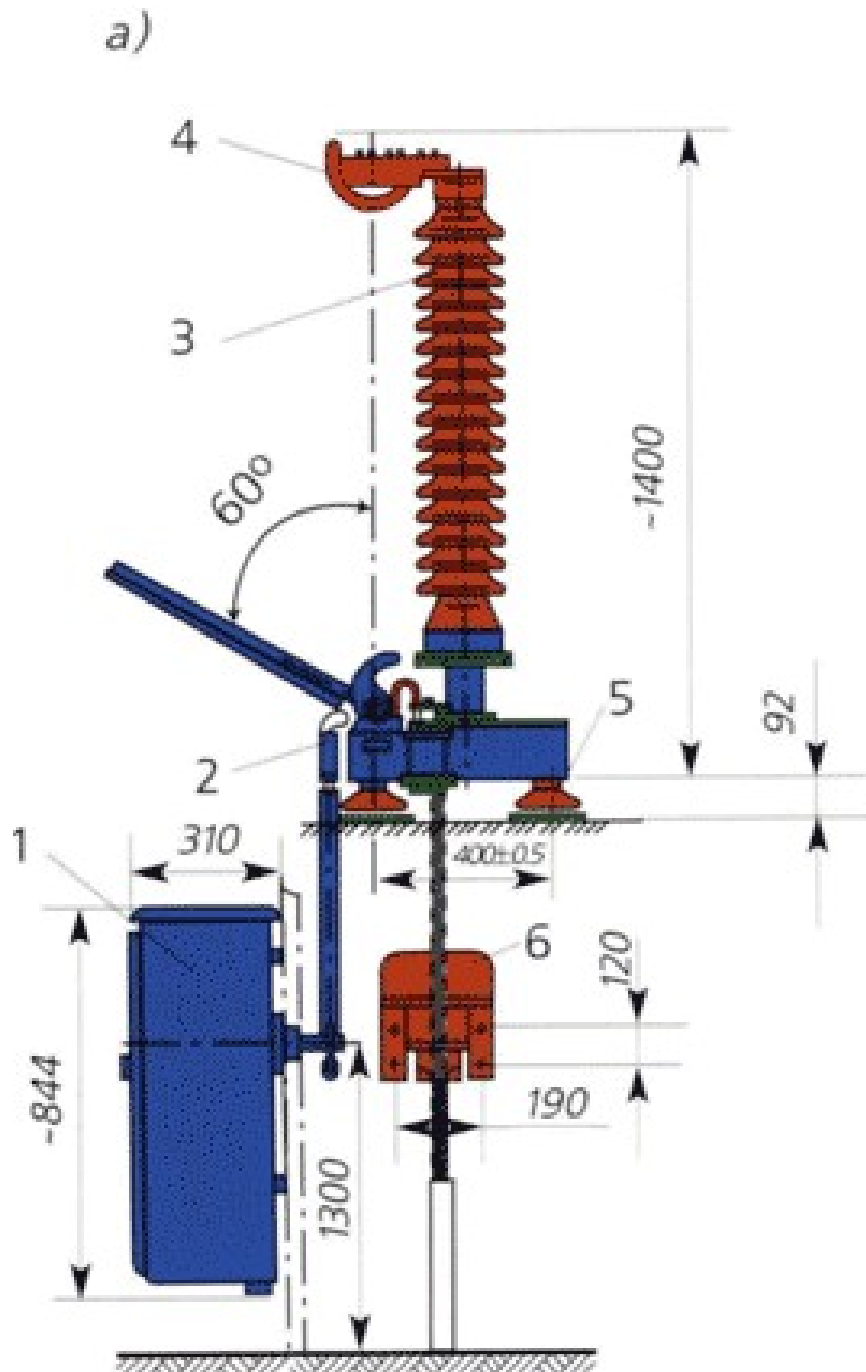
Короткозамыкатель (QK)

Короткозамыкатель — электрический аппарат, предназначенный создания искусственного короткого замыкания.

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

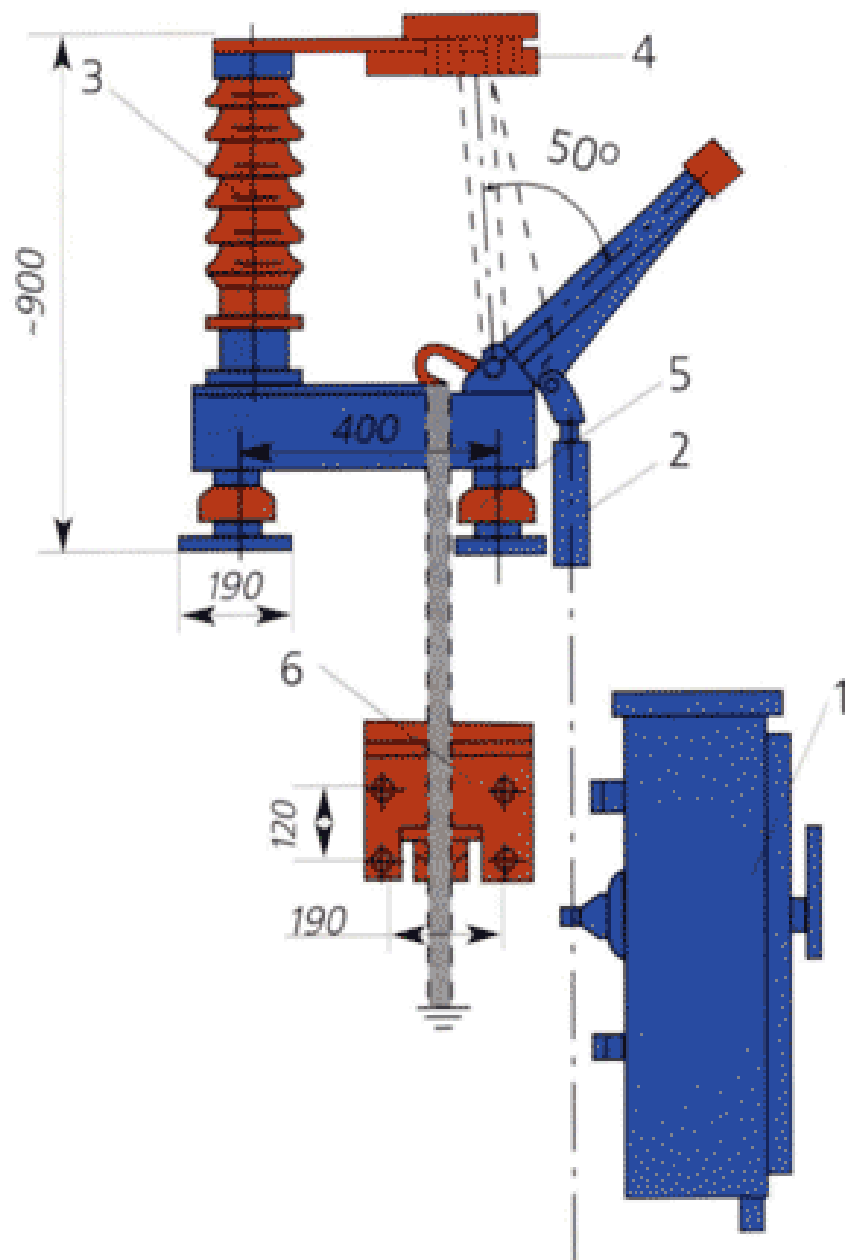
Снабжен пружинным приводом для автоматического включения и предназначен для соединений провода (проводов) трехфазной системы с землей по ручной команде или от релейной защиты.

Короткозамыкатель КЗ - 110



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

forca.ru



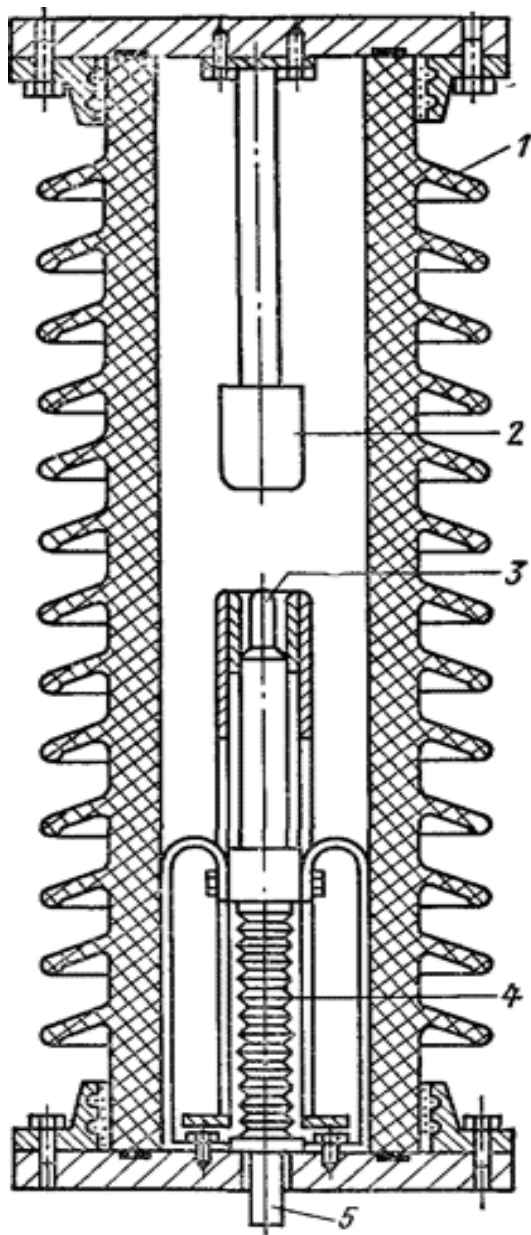
Короткозамыкатель КЗ-35

- 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:

$$1. U_{н\text{кз}} \leq U_{нс}.$$

$$2. i_{уд} \leq i_{дин}.$$

$$3. B_k \leq I_{тер}^2 t_{тер}.$$

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



Заземлитель типа ЗОН-110

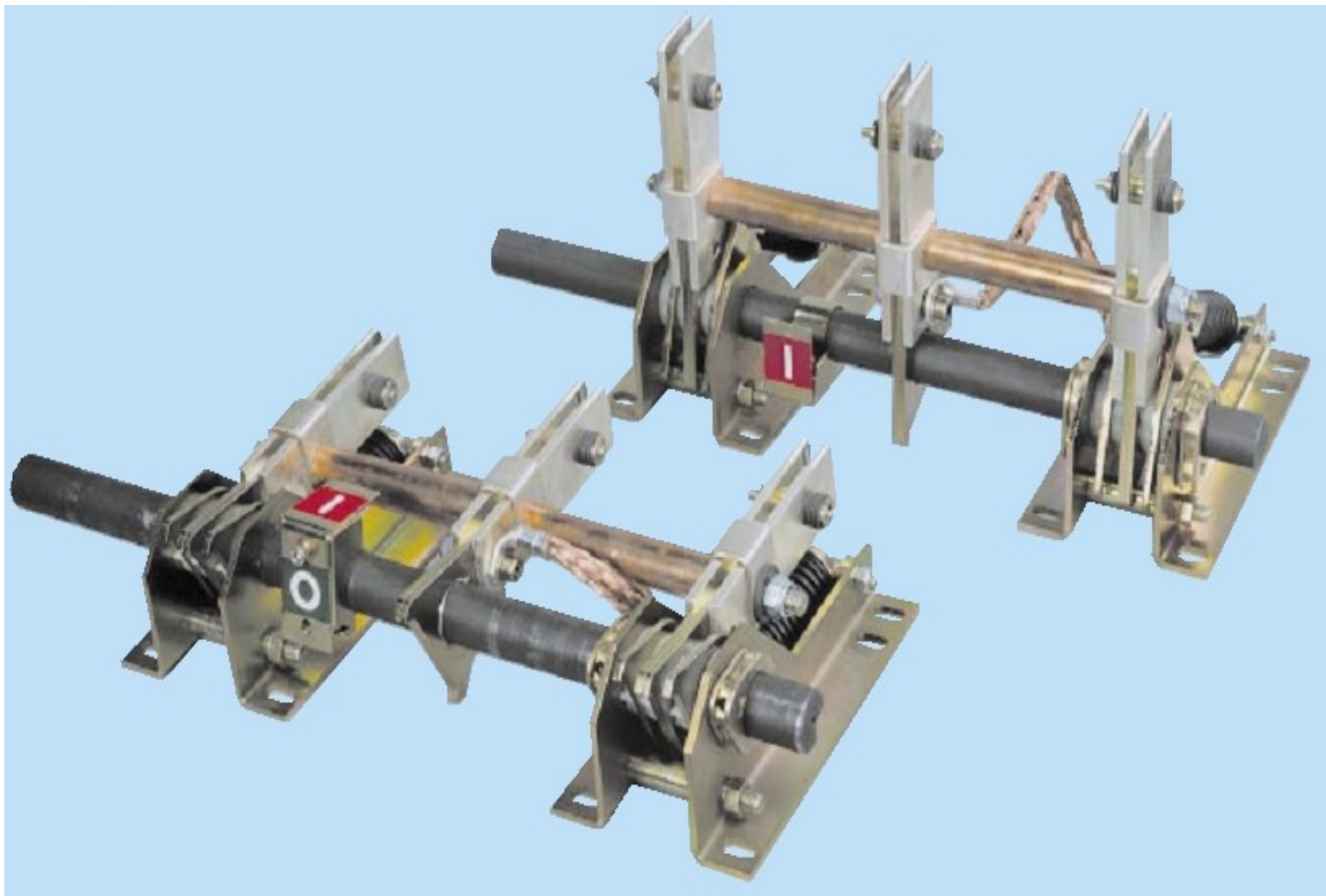
Заземлитель (QS) -

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	/ут, 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).

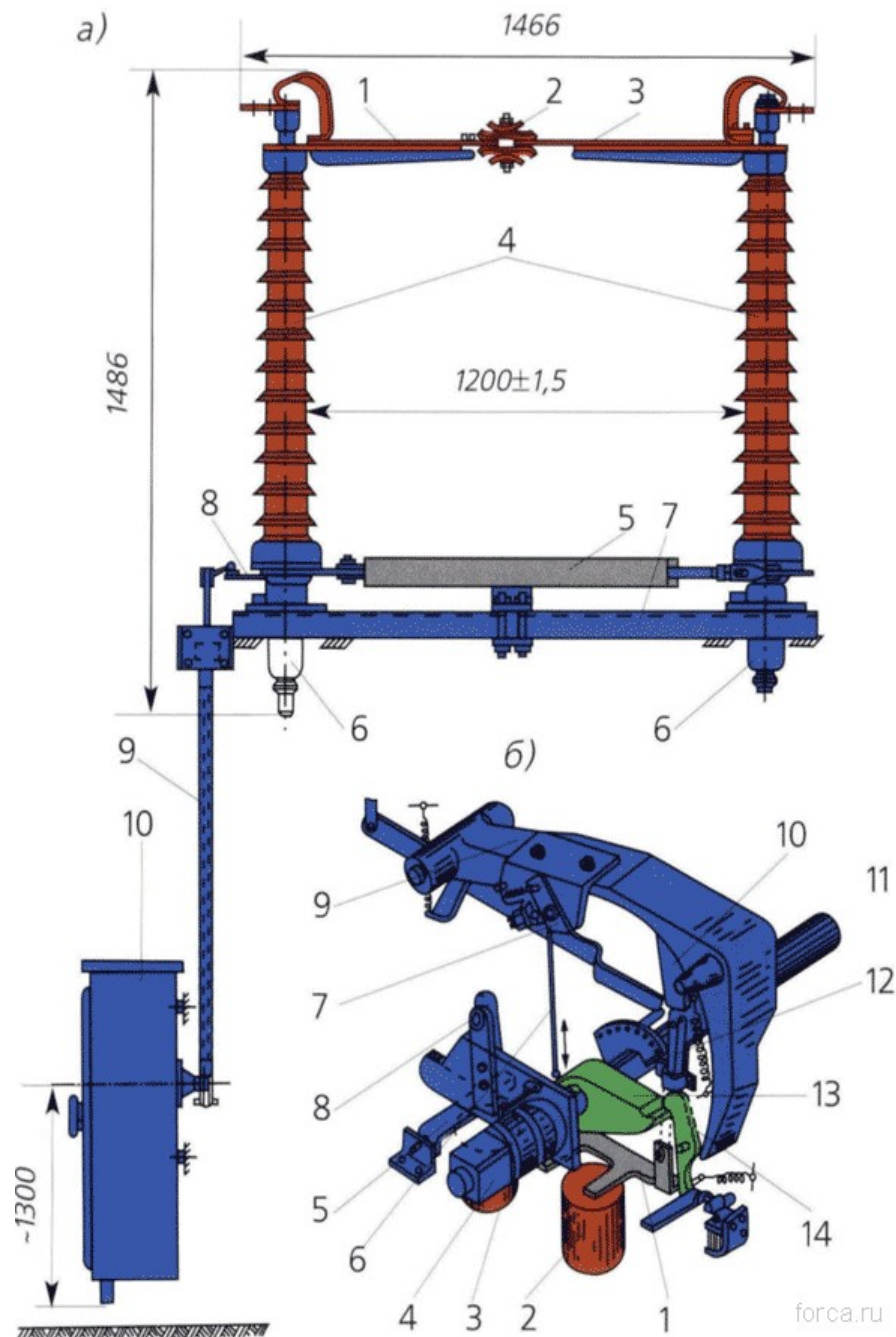
Контактная система отделителей не приспособлена для коммутаций под рабочим током нагрузки.

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.

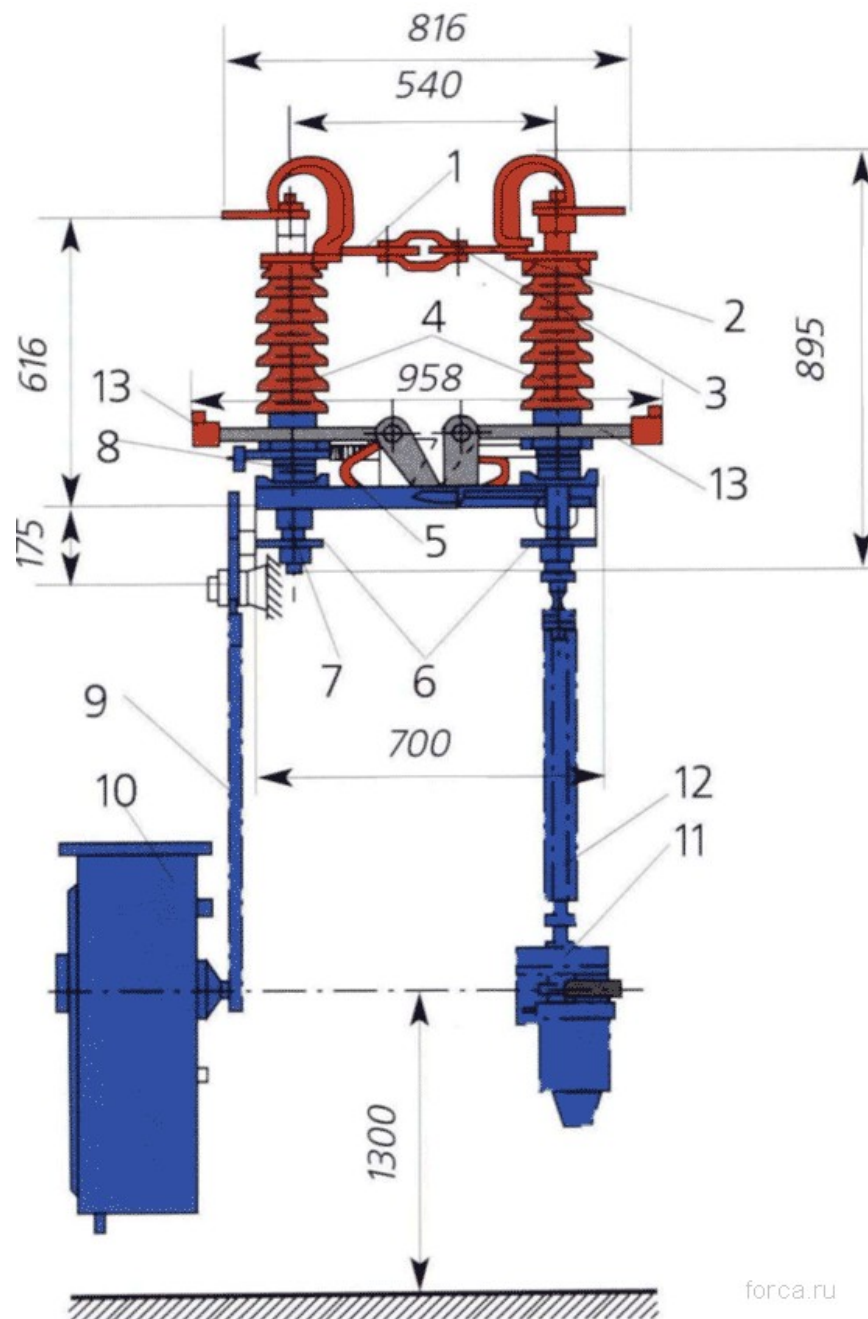


Отделитель ОД-110

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



- 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.

$$1. U_{\text{ном ОД}} \leq U_{\text{ном}}.$$

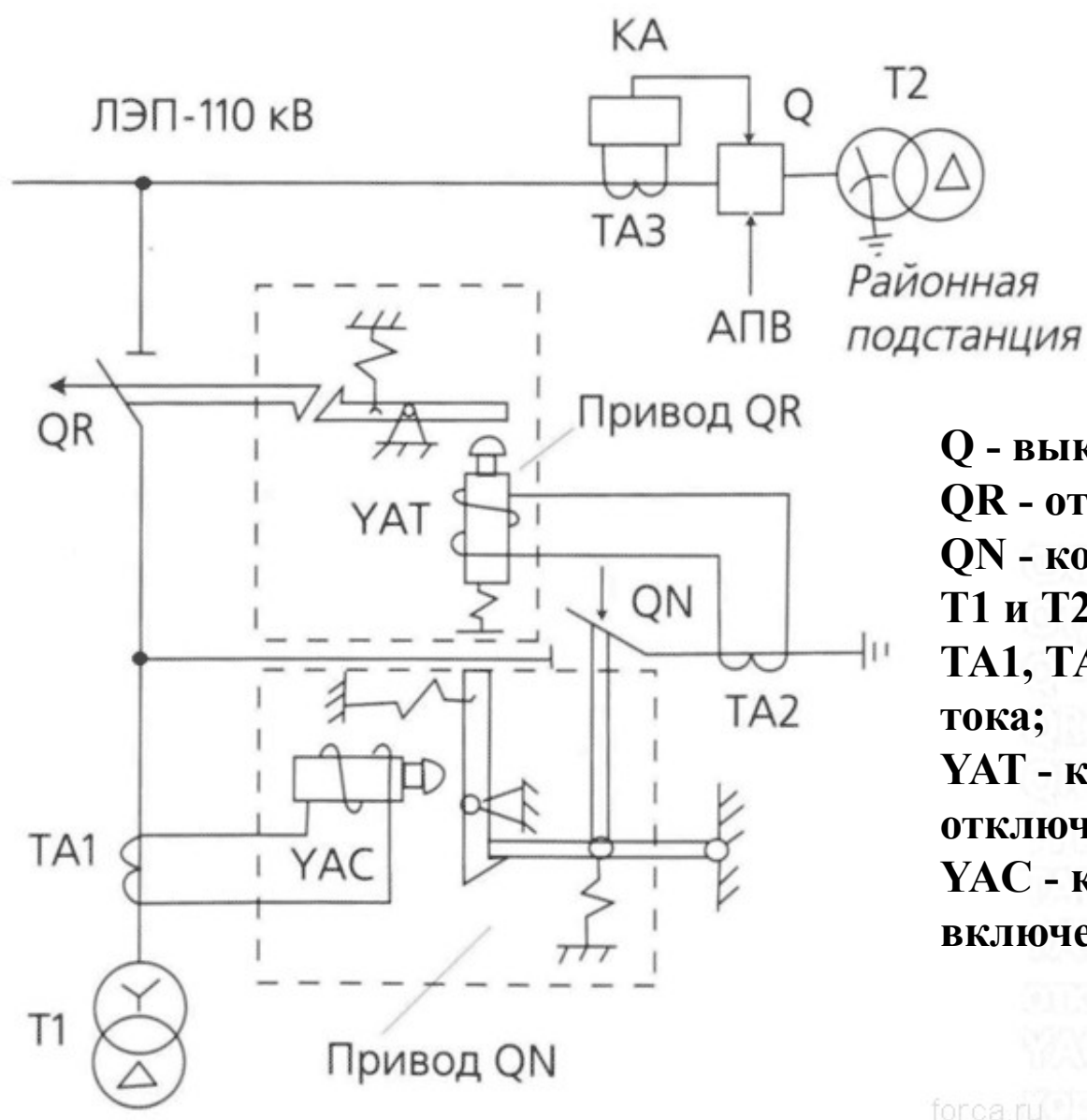
$$2. I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}}; I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}}.$$

$$3. i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}.$$

$$4. B_k \leq I_{\text{тер}}^2 t_{\text{тер}}.$$

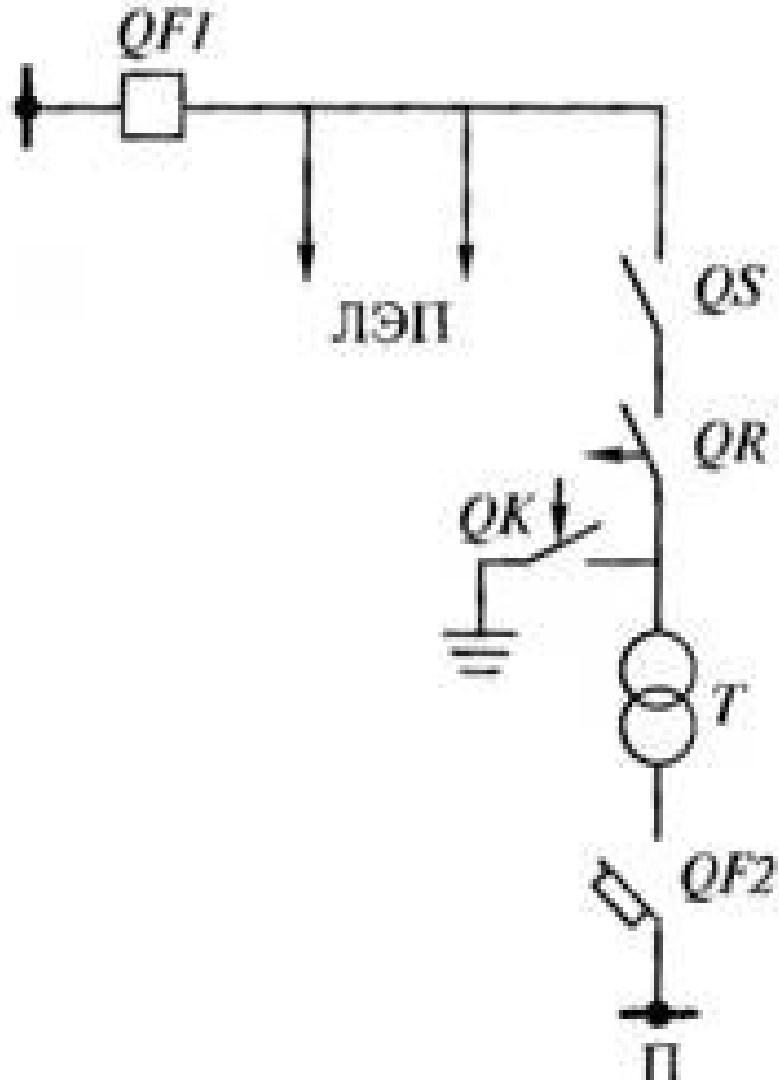
Дополнительно указывается время отключения (с), которое должно соответствовать требованиям схемы автоматики.

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