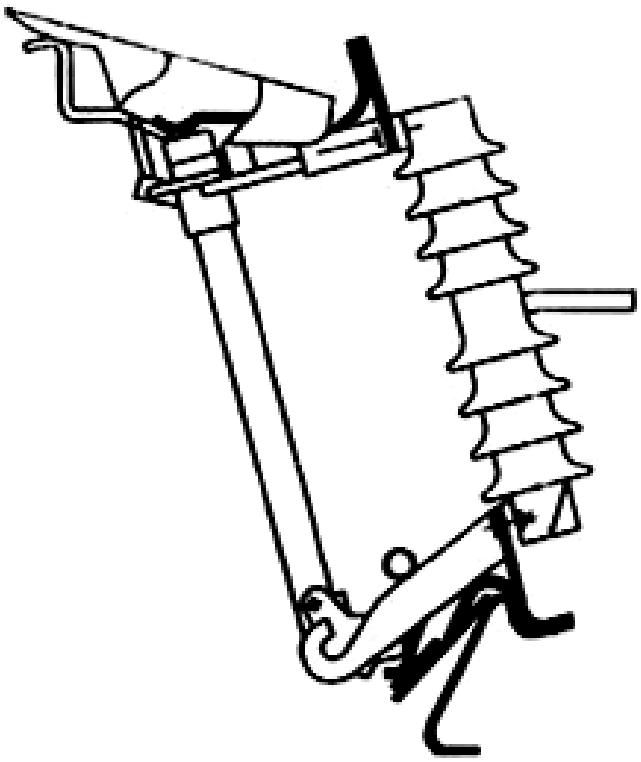
Библиотека СОК

В.В. АФОНИН, К.А. НАБАТОВ, Ж.А. ЗАРАНДИЯ

СИЛОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ



Издательство ГОУ ВПО ТГТУ

Учебное издание

АФОНИН Владимир Васильевич,
НАБАТОВ Константин Александрович,
ЗАРАНДИЯ Жанна Александровна

СИЛОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

Учебное пособие

Редактор Т.М. Глинкина
Инженер по компьютерному макетированию М.А. Филатова

Подписано в печать 24.05.2011
Формат 60 × 84/16. 5,81 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 230

Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

В.В. АФОНИН, К.А. НАБАТОВ, Ж.А. ЗАРАНДИЯ

СИЛОВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ АППАРАТЫ

Утверждено Учёным советом университета
в качестве учебного пособия
для студентов вузов, обучающихся по специальности
140211 «Электроснабжение»



Тамбов
Издательство ГОУ ВПО ТГТУ
2011

УДК 629.4.082.3
ББК $з$264я73-5
А946

Р е ц е н з е н т ы :
Кандидат технических наук директор филиала ОАО «ТКС»
«Тамбовэлектросетьсервис»
Ю.Н. Демин

Доктор технических наук, профессор ГОУ ВПО ТГТУ
директор института инноваций и приоритетных научных направлений
В.Н. Чернышов

Афонин, В.В.

А946 Силовые коммутационные аппараты : учебное пособие / В.В. Афонин, К.А. Набатов, Ж.А. Зарандия. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 100 с. – 100 экз.
ISBN 978-5-8265-0995-1

Приведены основные сведения о современных разъединителях, отделителях, короткозамыкателях и выключателях нагрузки, которые имеют широкое применение в распределительных устройствах высшего и пониженных напряжений. Для этого использованы материалы, опубликованные в справочниках, научно-технических журналах, а также техническая информационная документация предприятий-изготовителей.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальности 140211 «Электроснабжение», при изучении дисциплины «Силовые коммутационные аппараты».

УДК 629.4.082.3
ББК $з$264я73-5

ISBN 978-5-8265-0995-1 © Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ГОУ ВПО ТГТУ), 2011

ВВЕДЕНИЕ

Разъединители применяют для отключения и включения цепей без тока и для создания видимого разрыва цепи в воздухе. Между силовым выключателем и разъединителем следует предусматривать механическую и электромагнитную блокировки [1], не допускающие отключения разъединителя при включённом выключателе, когда в цепи протекает ток нагрузки.

Разъединители могут также применяться для следующих операций на подстанции: заземления и разземления нейтралей силовых трансформаторов, отключения и включения дугогасящих реакторов при отсутствии в сети замыкания на землю; отключения и включения измерительных трансформаторов напряжения; отключения и включения обходных выключателей в схемах распределительных устройств (РУ) с обходной секцией шин, если шунтируемый разъединителем выключатель включён.

Короткозамыкатели и отделители – это специальные разъединители, имеющие автоматически действующие приводы. При выборе отделителей и разъединителей необходимо учитывать коммутационные возможности этих аппаратов, оговоренные каталогами (намагничивающий ток, зарядный ток, ток замыкания на землю).

В целях снижения стоимости распределительного устройства 6…10 кВ подстанции вместо силовых выключателей небольшой и средней мощности можно применять выключатели нагрузки, способные отключать рабочие токи линий, трансформаторов и других электроприёмников. Для отключения токов короткого замыкания, превышающих допустимые значения для выключателей нагрузки, последние комплектуют кварцевыми предохранителями (ПК). Такой комплект получил название ВКП. При проектировании необходимо учитывать, что при каждом отключении выключателя нагрузки происходит износ газогенерирующих дугогасящих вкладышей, ограничивающих число допускаемых отключений КЗ.

Аппараты ВКП можно применять для присоединения трансформаторов мощностью до 1600 кВ·А, батареи конденсаторов до 400 квар, электродвигателей 3…6 кВ мощностью 600…1500 кВт.

Рекомендуется установка выключателя нагрузки после предохранителя, считая по направлению тока от источника питания.

В настоящем пособии обобщены имеющиеся на сегодня материалы. Для этого использованы справочники, журнальные статьи, техническая и информационная документация ведущих организаций-разработчиков и изготовителей разъединителей и выключателей нагрузки.

1. РАЗЪЕДИНИТЕЛИ

1.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Разъединитель представляет собой коммутационный аппарат для напряжения свыше 1 кВ, основное назначение которого – изолировать предварительно отключённые (выключателями) части системы, электроустановки, отдельные аппараты от смежных частей, находящихся под напряжением, для безопасного ремонта [2].

При ремонтных работах разъединителем создаётся видимый разрыв между частями, оставшимися под напряжением, и аппаратами, выведенными в ремонт [3].

Разъединителями нельзя отключать токи нагрузки, так как контактная система их не имеет дугогасительных устройств и в случае ошибочного отключения токов нагрузки возникает устойчивая дуга, которая может привести к междуфазному КЗ и несчастным случаям с обслуживающим персоналом.

Однако для упрощения схем электроустановок допускается использовать разъединители для производства следующих операций:

– отключения и включения нейтралей трансформаторов и заземлённых дугогасящих реакторов при отсутствии в сети замыкания на землю;

– зарядного тока шин и оборудования всех напряжений (кроме батарей конденсаторов);

– нагрузочного тока до 15 А трёхполюсными разъединителями наружной установки при напряжении 10 кВ и ниже;

– 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 отключённых участков системы с помощью вспомогательных ножей, предусматриваемых для этой цели.

Значения коммутируемых разъединителями токов приведены в табл. 1.1 [4].

Значение отключаемого разъединителем тока зависит от его конструкции (вертикальное, горизонтальное расположение ножей), от расстояния между полюсами, от номинального напряжения установки, поэтому допустимость такой операции устанавливается инструкциями и директивными указаниями. Порядок операций при отключении намагничивающего тока трансформатора также играет важную роль. Например, трансформаторы, имеющие РПН, необходимо перевести в режим невозбуждения, так как ток намагничивания резко уменьшается

при уменьшении индукции в магнитопроводе, которая зависит от подведённого напряжения. Кроме того, при отключении ненагруженного трансформатора необходимо предварительно эффективно заземлить нейтраль, если в нормальном режиме трансформатор работал с разземлённой нейтралью. Если к нейтрали трансформатора был подключён заземляющий реактор, то предварительно его следует отключить.

1.1. Токи, отключаемые и включаемые отделителями и разъединителями

Номинальное напряжение, кВ	Расстояние между осями полюсов, м	Наибольший отключаемый и включаемый токи, А		
		намагничивающий	зарядный	замыкание на землю
Наружная установка				
6	0,40	2,5	3,0	7,5
10	0,50	2,5	4,0	6,0
20	0,75	3,0	3,0	4,5
35	1,0	3,0	2,0	3,0
35	2,0	3,0	3,0	5,0
110	2,0	6,0/4,0	2,5/1,5	–
110	2,5	7,0/6,0	3,0/2,0	–
110	3,0	9,0/8,0	3,5/3,0	–
110	3,5	–/10,0	–/3,5	–
150	2,5	2,3/–	1,0/–	–
150	2,7	4,0/–	1,5/–	–
150	3,0	6,0/2,3	2,0/1,0	–
150	3,4/3,7	7,6/5,0	2,5/1,5	–
150	4,0	10/5,5	3,0/2,0	–
150	4,4	–/6,0	–/2,5	–
220	3,5	3,0/3,0	1,0/1,0	–
220	4,0	5,0/5,0	1,5/1,5	–
220	4,5	8,0/8,0	2,0/2,0	–
330	6,0	–/5,0	–/2,0	–
330 ПН/ПНЗ	6,0	3,5/4,5	1,0/1,5	–
500	7,5/8,0	5,0/6,0	2,0/2,5	–
500 ПН/ПНЗ	8,0/7,5	5,0/5,5	2,0/2,5	–

Продолжение табл. 1.1

Номинальное напряжение, кВ	Расстояние между осями полюсов, м	Наибольший отключаемый и включаемый токи, А		
		намагничивающий	зарядный	замыкание на землю
Внутренняя установка				
6	0,20	3,5	2,5	4,0
10	0,25	3,0	2,0	3,0
20	0,30	3,0	1,5	2,5
35	0,45	2,5	1,0	1,5
110	2,0	4,0	1,5	–
150	2,5	2,0	1,0	–
220	3,5	2,0	1,0	–

П р и м е ч а н и я : 1. Для 110 кВ и выше в числителе – данные для аппаратов вертикально-рубящего типа, в знаменателе – горизонтально-поворотного. Для аппаратов 330 и 500 кВ (с обозначением ПН/ПНЗ) приведены данные, соответствующие разъединителям подвесному (числитель) и подвесному с опережающим отключением и отстающим включением полюса фазы В (знаменатель).

2. Для аппаратов внутренней установки, имеющих изолирующие перегородки между полюсами, токи могут быть увеличены в 1,5 раза против указанных в таблице.

3. Установка аппаратов и порядок их оперативного использования должны соответствовать требованиям Сборника директивных материалов Главтехуправления Минэнерго СССР (электрическая часть). М. : Энергоатомиздат, 1985.

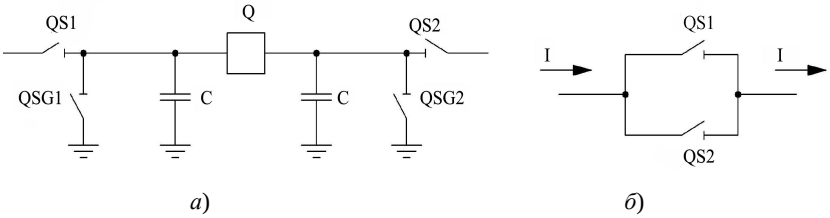
4. Данные таблицы не распространяются на присоединения 110… 300 кВ, к которым подключены ограничители перенапряжения типа ОПН.

5. Отделители 30…220 кВ, оснащённые дутьевой приставкой ВНИИЭ, могут отключать намагничивающий ток трансформаторов любой мощности, а также (соответственно при напряжениях 35, 110 и 220 кВ) токи нагрузки до 80, 50 и 110 А, зарядные токи ВЛ любой длины, длиной до 150 и 250 км, уравнительные токи до 180, 80 и 180 А.

Если в цепи имеются разъединитель и отделитель, то отключение и включение намагничивающего тока и зарядных токов следует выполнять отделителями, имеющими пружинный привод, который позволяет быстро произвести эту операцию.

Поясним условия работы разъединителей на следующих примерах. Чтобы подготовить выключатель или участок РУ для ремонта, он должен быть отключен и изолирован от смежных частей, находящихся под напряжением, с помощью разъединителей *QS1* и *QS2* (рис. 1.1, *а*).

При этом разъединители отключают ёмкостный ток, значение которого определяется напряжением сети и ёмкостью вводов выключателя. Этот ток мал, и на контактах разъединителей не возникают устойчивые дуговые разряды. После отключения разъединителей выключатель *Q*, подлежащий ремонту, должен быть заземлён с обеих сторон с помощью дополнительных ножей разъединителей *QSG1*, *QSG2*.



а) *б*)

Рис. 1.1. Схемы, поясняющие использование разъединителей:
а – разъединители с заземляющими ножами для изоляции выключателя при ремонте; *б* – разъединители для переключения присоединений РУ под током

Значительно тяжелее протекает процесс отключения разъединителями тока намагничивания силового трансформатора или зарядного тока линии порядка нескольких ампер или десятков ампер. В этих случаях на полюсах разъединителей образуются дуги, которые вытягиваются в виде длинных петель и горят в течение нескольких десятков периодов. Во избежание переброса дуги на заземлённые части и проводники соседних фаз ограничивают длину линий и мощность трансформаторов, подлежащих отключению разъединителями, а также предусматривают увеличенные расстояния между полюсами и до заземлённых частей.

Переключение присоединений РУ под током с помощью разъединителей производят при обязательном условии – наличии параллельных ветвей с малым сопротивлением. Так, например, при наличии двух параллельных ветвей с разъединителями *QS1* и *QS2* (рис. 1.1, *б*) один из разъединителей может быть безопасно разомкнут под током, если разъединитель второй ветви включён. При отключении разъединителя ток смещается из одной ветви в другую. При этом на контактах дуги не образуется.

Разъединители играют важную роль в схемах электроустановок, от надёжности их работы зависит надёжность работы всей электроустановки, поэтому к ним предъявляются следующие требования:

1) разъединители в отключённом положении должны создавать ясно видимый разрыв цепи, соответствующий классу напряжения установки;

2) приводы разъединителей должны иметь устройства фиксации в каждом из двух оперативных положений: включённом и отключённом. Кроме того, они должны иметь надёжные упоры, ограничивающие поворот главных ножей на угол больше заданного;

3) опорные изоляторы и изолирующие тяги должны выдерживать механические нагрузки при операциях;

4) главные ножи разъединителей должны иметь блокировку с ножами стационарных заземлителей и не допускать возможности одновременного включения тех и других;

5) разъединители должны беспрепятственно включаться и отключаться при любых наихудших условиях окружающей среды (например, при обледенении);

6) разъединители должны иметь надлежащую изоляцию, обеспечивающую не только надёжную работу при возможных перенапряжениях и ухудшении атмосферных условий (гроза, дождь, туман), но и безопасное обслуживание.

Разъединители имеют относительно простую конструкцию: по числу полюсов могут быть одно- и трёхполюсными; по роду установки – для внутренних и наружных установок; по конструкции – рубящего, поворотного, катящегося, пантоградэического и подвесного типа. По способу установки различают разъединители с вертикальным и горизонтальным расположением ножей.

Управление разъединителями может осуществляться штангой ручного управления (для однополюсных разъединителей) или приводом (ручным, электродвигательным, пневматическим и др.) для трёхполюсных разъединителей.

Различия в конструкциях разъединителей для наружной и внутренней установок объясняются условиями их работы. Разъединители наружной установки должны иметь приспособления, разрушающие ледяную корку, образующуюся при гололёде. Кроме того, их используют для отключения небольших токов нагрузки и их контакты снабжаются рогами гашения дуги, возникающей между расходящимися контактами.

Разъединители часто снабжаются заземляющими ножами, что представляет возможность не прибегать к установке переносных заземлений на оборудовании, выводимом в ремонт, и тем самым исключает нарушения правил безопасности, связанных с процессом установки переносных заземлений. Поэтому разъединители могут быть без заземляющих ножей, с одним (устанавливаемым с любой стороны полюса) и двумя заземляющими ножами на каждом полюсе.

На заземляющих ножах линейных разъединителей допускается установка только механической блокировки с приводом разъединителя и приспособлением для запирания ножей замками в отключённом по-

ложении. В РУ с простыми схемами электрических соединений рекомендуется применять механическую оперативную блокировку, а во всех остальных случаях – электромагнитную.

Как и другие аппараты, разъединители должны обладать необходимой электродинамической и термической стойкостью при коротких замыканиях, а также достаточной механической прочностью, чтобы выдержать значительное количество включений и отключений.

Маркировка разъединителей состоит из буквенных и числовых обозначений. Так, первая буква «Р» указывает вид электрического аппарата – разъединитель; вторая – «В» или «Н» – вид установки (внутренняя или наружная); третья – «Л» – наличие линейного контакта; четвертая – «О» – на однополюсное исполнение; пятая – «З» – на наличие в одной фазе (полюсе) ножей заземления (одного – 1 или двух – 2 в маркировке после буквенного обозначения «З»); шестая – «Д» – на двухколонковую конструкцию. Числа в маркировке означают напряжение (кВ) и номинальный ток (А).

1.2. РАЗЪЕДИНИТЕЛИ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ УСТАНОВКИ

Разъединители серии РВ-10. Разъединители для внутренней установки бывают однополюсными (РВО) или трёхполюсными (РВ, РВК, РВРЗ и др.).

В разъединителях рубящего типа нож вращается вокруг одного из неподвижных контактов, движение ножу передаётся от вала через фарфоровые тяги. Давление в контактах создаётся пружинами. На токи до 1000 А ножи разъединителей изготавливают из двух медных полос, на большие токи – из трёх-четырёх полос.

Трёхполюсные разъединители серии РВ выполняют на напряжения от 6 до 35 кВ и номинальные токи до 1000 А. На номинальные токи от 2000 до 8000 А рассчитаны рубящие разъединители РВР со специальным электродвигательным или ручным приводом.

Однополюсные разъединители РВО состоят из цоколя, опорных изоляторов и токопровода. Цоколь в виде швеллера служит основанием для установки малогабаритных изоляторов и крепления разъединителя.

Токопровод образуют два одинаковых неподвижных контакта и соединяющий их подвижный нож. Во включённом положении нож запирается специальным зацепом, что исключает самопроизвольное открытие ножа под действием сил тяжести и электродинамических сил. Зацеп имеет ушко, в которое при включении и отключении разъединителя заводится палец изолирующей штанги. Открытие ножа на угол свыше 75° ограничивается упором на скобе осевого контакта.

Трёхполюсные разъединители серии РВ (рис. 1.2) изготавливаются на напряжения от 6 до 35 кВ и номинальные токи до 1000 А. Каждый полюс имеет два неподвижных опорных изолятора и изолирующую тягу, присоединённую к общему валу. Включение и отключение разъединителя осуществляется поворотом вала с помощью привода, перемещающего тягу.

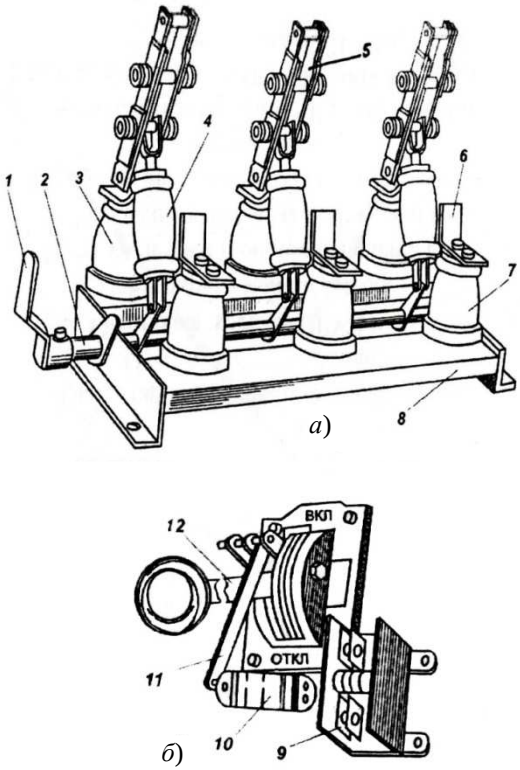


Рис. 1.2. Трёхполюсный разъединитель вертикально-рубящего типа на 10 кВ (*а*) и его привод (*б*):
1 – рычаг; *2* – ось; *3* и *7* – опорный изолятор; *4* – подвижный изолятор; *5* – нож; *6* – неподвижный контакт; *8* – рама; *9* – блок контактов; *10* – запор рычага привода в отключённом положении; *11* – планка; *12* – рычаг

Разъединитель типа РВЗ. Разъединители с заземляющими ножами РВЗ (рис. 1.3) в зависимости от варианта использования разъединителя имеют один или два вала с заземляющимися ножами, которые с помощью пластин крепятся к раме. Заземляющие ножи снабжены дополнительными заземляющими контактами, которые укреплены

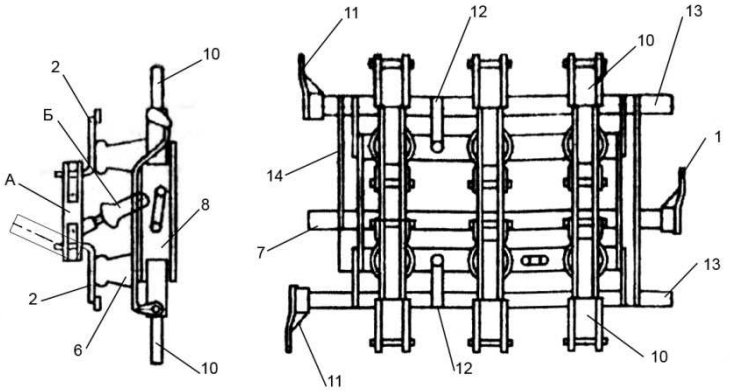


Рис. 1.3. Трёхполюсные разъединители внутренней установки типа РВЗ 6-10:

1 – приводной рычаг на валу разъединителя; *2* – контакты для присоединения шин; *3* – неподвижный контакт; *4*, *10* – подвижный и заземляющий ножи; *5*, *14* – фарфоровая и блокировочная тяги; *6*, *15* – опорный и проходной изоляторы; *7*, *13* – валы разъединителя и заземляющих ножей; *8* – металлическая рама; *9* – поводок фарфоровой тяги; *11* – рычаг вала заземляющих ножей; *12* – гибкая связь; *13* – вал заземляющих ножей; *14* – тяга блокировки

под основными неподвижными контактами. В разъединителях РВЗ предусмотрена блокировка между валом основных и валом заземляющих ножей, что исключает возможность ошибочных действий при оперировании с разъединителем.

Разъединитель типа РВФ. Трёхполюсные разъединители могут быть изготовлены с тремя проходными изоляторами, на которых крепят подвижные ножи. Разъединители такого типа на напряжение 10 кВ и номинальный ток 400 А обозначают РВФ-10/400 (рис. 1.4), а с заземляющими ножами – РВФЗ-10/400 (рис. 1.5).

Разъёмную часть разъединителя выполняют с линейным или плоскостным контактом. В разъединителях с линейным контактом переход тока осуществляется через ряд расположенных по одной линии точек, в разъединителях с плоскостным контактом – через несколько точек, расположенных на соприкасающихся плоскостях.

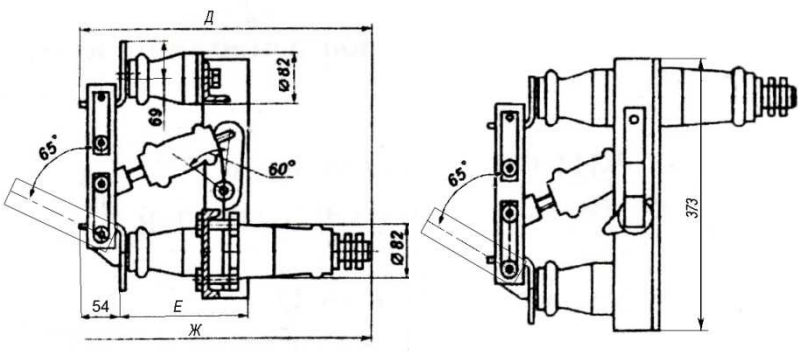
В разъёмах втычного типа, применяемых в камерах КРУ, переход тока осуществляется также через несколько точек, расположенных на соприкасающихся плоскостях. Управление разъединителями в городских сетях производят вручную однополюсными – с помощью изолирующей штанги, трёхполюсными – с помощью рычажного привода ПР. Разъединитель РВЗ имеет два привода: один – для основных, вто-

рой – для заземляющих ножей, причём предусмотрена механическая блокировка между валами основных и заземляющих ножей, что исключает возможность включения заземляющих ножей при включённых основных разъединителях и, наоборот, включения основных разъединителей при включённых заземляющих ножах, т.е. исключает возможность ошибочных действий персонала при оперировании этими ножами.

Разъединители с заземляющими ножами имеют три варианта исполнения: I – заземляющие ножи со стороны разъёмных контактов; II – со стороны шарнирных контактов и III – с двух сторон. Например, разъединитель на напряжение 10 кВ и ток 400 А обозначают следующим образом: однополюсный – РВО-10/400, трёхполюсный – РВ-10/400 и трёхполюсный с заземляющими ножами с двух сторон – РВЗ-10/400-III (см. рис. 1.4 и 1.5).

Технические данные трёхполюсных фигурных (наличие проходных изоляторов) разъединителей серии РВФ аналогичны техническим данным разъединителей серии РВ на те же номинальные токи.

Исполнение I *Исполнение II*



Исполнение III

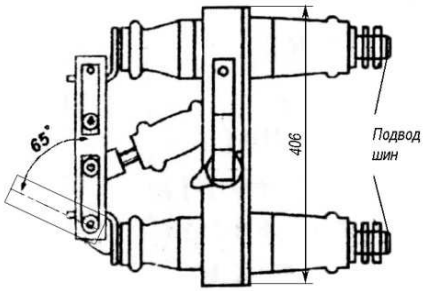


Рис. 1.4. Разъединитель РВФ

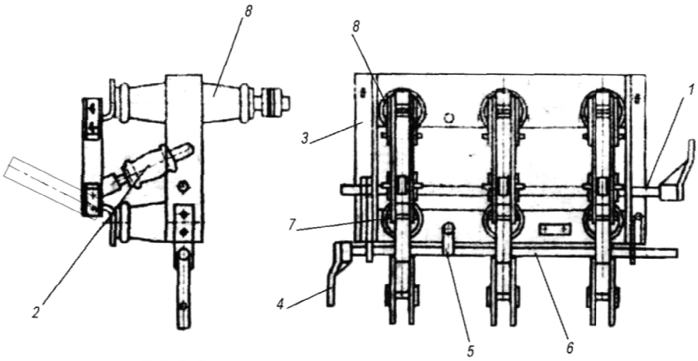


Рис. 1.5. Трёхполюсный разъединитель внутренней установки типа РВФЗ-6-10:
1 – вал разъединителя; *2* – фарфоровая тяга; *3* – рама разъединителя; *4* – рычаг вала заземляющих ножей; *5* – гибкая связь; *6* – вал заземляющих ножей; *7* – тяга блокировки; *8* – опорный изолятор (проходной)

Разъединитель типа РВК-10. Однополюсный разъединитель РВК (рис. 1.6) состоит из рамы *1*, на которой размещены изоляторы *10* неподвижного *8* и подвижного *6* контактов с чугунными контактодержателями *9* и стальными полюсами *5*, повышающими механическую стойкость разъединителей при возникновении короткого замыкания. Подвижный контакт *6*, закрепленный на оси *3*, перемещается фарфоровой тягой *7* (с её помощью подвижный контакт соединяют с валом *2*). Необходимые усилия контактного нажатия обеспечиваются пружинами *4*. При соединении муфтами валов трёх однополюсных разъединителей между собой получают трёхполюсный разъединитель.

В таблице 1.2 приведены технические характеристики разъединителей внутренней установки, а в табл. 1.3 – технические характеристики разъединителей, изготавливаемых фирмой АО «ЭЛВО» – Великие Луки.

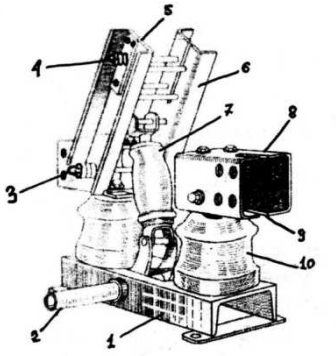


Рис. 1.6. Однополюсный разъединитель РВК на 10 кВ:
1 – рычаг; *2* – ось воздействия привода; *3* – ось подвижного ножа; *4* – пружина регулирования контактов; *5* и *6* – нож подвижный; *7* – подвижный изолятор тяги ножа; *8* – неподвижный контакт; *9* – демпферная щель неподвижного контакта; *10* – опорный изолятор

1.2. Разъединители внутренней установки

Тип разъединителя	Стойкость, кА		Размеры, мм				Масса, кг	Тип привода
	Электродинамическая (амплитуда)	Термическая	Длина *L*	Ширина *B*	Высота *H*	*H1*		
Однополюсные								
РВО-10/400	41	16	468	72	156/429	–	5,9	ПР-10,
РВО-10/630	52	20	468	72	160/433	–	6,3	ПР-11
РВО-10/1000	100	40	480	92	163/440	–	11	
РЛВОМ-10/1000	100	40	486	380	199/460	–	14…17	
РВК-10/2000	85	31,5	560	350	280/500	–	26	ПР-3,
РВР(З)-10/2500	125	45	1050	470	318/545	–	65	ПЧ-50,
РВР(З)-10/4000	200	71	610/1050	470	318/545	–	65	ПД-5
РВР(З)-20/6300	260	100	910/1400	700	680/1050	–	222	ПД-5,
РВР(З)-20/8000	320	125	1400	700	680/1050	–	238	ПЧ-50
РВП(З)-20/12500	490	180	1600	820	857	–	625	ПД-12
РВК-35/2000	115	45	980	700	550/1010	–	74	ПР-3
Трёхполюсные								
РВ-6/100	41	16	468	697	175/436	–	23	
РВФ-6/400-II(III)	41	16	437	722	195	381/647	35	
РВФ-6/400-IV	41	16	406	722	195	381/647	43	
РВ-10/1000	100	40	484	837	199/470	–	42	
РВЗ-10/1000-I(II)	81	31,5	629	930	198/470	–	49	ПР-10,
РВЗ-10/1000-III	81	31,5	733	930	198/470	–	56	ПР-11
РВФ-10/1000-II(III)	100	40	454	817	199	410/690	64	
РВФ-10/1000-IV	100	40	424	817	199	410/690	83	

РВФ-10/1000-II(III)М	100	40	454	722	199	410/690	65	
РВФ-10/1000-IVМ	100	40	424	722	199	410/690	84	
РВФЗ-10/1000-II-П	81	31,5	649	846	199	410/690	72	
РВР(З)-III-10/2000	85	31,5	600	1000	700	–	112	ПР-3, ПДВ-1, ПЧ-50
РВР(З)-20/630	50	20	680	1200	390/685	–	113	
РВР(З)-20/1000	55	20	700	1240	390/690	–	113	ПР-3
РВР(З)-35/630	51	20	944	1750	525/945	–	170	
РВР(З)-35/1000	80	31,5	964	1790	525/960	–	193	
РВФ-6/630-II(III)	52	20	437	722	199	397/664	38	
РВФ-6/630-IV	52	20	406	722	199	397/664	46	
РВФЗ-6/630-II-II	52	20	630	722	199	397/664	44	
РВФ-6/1000-II(III)	100	40	454	722	199	410/690	65	
РВФ-6/1000-IV	100	40	424	722	195	410/690	83	
РВФЗ-6/1000-II-II	81	31,5	649	722	199	410/690	70	
РВ-10/400	41	16	484	831	195/465	–	26	
РВЗ-10/400-I(II)	41	16	598	837	193/463	–	31	ПР-10,
РВЗ-10/400-III	41	16	733	837	191/463	–	37	ПР-11
РВФ-10/400-II(III)	41	16	406	837	195	381/647	37	
РВФ-10/400-II(III)М	41	16	437	722	195	381/647	37	
РВФ-10/400-IV	41	16	406	837	195	397/664	43	
РВФ-10/400-IV	41	16	406	722	199	381/617	43	
РВ-10/630	52	20	484	837	199/470	–	28	
РВЗ-10/630-I(II)	52	20	598	837	191/470	–	33	
РВЗ-10/630-III	52	20	733	837	191/463	–	38	
РВФ-10/630-II(III)	52	20	400	837	199	381/647	39	
РВФ-10/630-IV	52	20	406	837	199	397/664	47	
РВФ-10/630-II(III)М	52	20	137	722	199	397/664	40	

1.3. Технические характеристики разъединителей, изготавливаемых фирмой «ЭЛВО»

Наименование продукции	Краткая техническая характеристика				Обозначение ГОСТ, ОСТ, ТУ
	Ток термостойкости, кА	Предельный сквозной ток, кА	Масса, кг	Комплектующий привод, тип	
Разъединители внутренней установки трёхполюсные (рамные)					
РРЗ-35/100 УЗ	31,5	80	104	ПР-ЗУЗ или ПД-5У1 – гл.н. ПР-ЗУЗ – заз.	ТУ 16–89 ИВЕЖ.674213.019ТУ
РРЗ-35/200 УЗ	40	100	140	— // —	— // —
РВРЗ-III-10/2000 МУЗ	31,5	80	112		ТУ 16-91
Разъединители внутренней установки в однополюсном исполнении					
РВРЗ-10/4000 МУЗ	50/63	125/160	65	ПР-ЗУЗ или ПД-5У1 – гл.н. ПР-ЗУЗ – заз.	ТУ 16-91 ИВЕЖ.674212.012ТУ
РРЧЗ-20/6300 МУЗ	80/100	200/250	222	ПД-5У1 или ПЧ-50 МУЗ – гл.н. ПЧ-50 МУЗ – заз.	— // —
РВРЗ-20/8000 МУЗ	100/125	250/315	238		
РВП-20/12500 НУЗ	100 заз. 160 гл.н.	250 заз. 410 гл.н.	623	ПЧ-50 МУЗ – заз. ПД-12УЗ-гл.н	ТУ 16-91 ИВЕЖ.674212.012ТУ
РВО-10/400 МУХЛ2	16	40	6,3	–	ТУ 16-95 ИВЕЖ.674212.012ТУ
РВО-10/630 МУХЛ2	20	50	7,5	–	— // —
РВО-10/1000 МУХЛ2	40	100	11,7	–	— // —
РВЗ-10/400 МУХЛ2	16	40		ПР-ЗУЗ	— // —
РВЗ-10/630 МУХЛ2	20	50		ПР-ЗУЗ	— // —
РВЗ-10/1000 МУХЛ2	40	100		ПР-ЗУЗ	— // —

Примечания к табл. 1.2:

1. Обозначения типа разъединителя: буквенная часть – Р – разъединитель; В – внутренней установки или вертикальной (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 – фирменное исполнение (с проходным изолятором); С – со стеклянной изоляцией; М – модернизированный или (для РЛНДМ) с медным ножом; А – с алюминиевым ножом; П – с рычажной передачей для уменьшения момента на валу привода или подвесного исполнения; У – усиленная изоляция (категория Б по ГОСТ 9920–75); Б – наличие механической блокировки (для разъединителей подвесного исполнения – усиленная изоляция); буква в скобках означает возможность вариантов исполнения; цифровая часть – номинальное напряжение, кВ, и (после косой) номинальный ток, А: 1 и 2 – количество заземляющих ножей или (для подвесных разъединителей) вид тросовой системы управления: 1 – прямая, 2 – Г-образная.

2. В скобках приведены размеры *L* для исполнения с заземляющими ножами и *H* для отключенного положения вертикально-рубящего разъединителя.

3. Масса соответствует исполнению с двумя заземляющими ножами (если они имеются) и без привода, для однополюсных разъединителей указана масса полюса, для трёхполюсного указана масса всего комплекта.

4. Параметры стойкости заземляющих и главных ножей численно равны: длительность предельного тока термической стойкости составляет 4, 3 и 2 с, соответственно, для главных ножей разъединителей до 35, 110…220 и 360…750 кВ включительно и 1 с для заземляющих ножей.

5. Допустимое наибольшее тяжение проводов, присоединяемых к разъединителям наружной установки, с учётом влияния ветра и гололёда (ГОСТ 689–83):

Номинальное напряжение, кВ	Допустимое тяжение *H* при токе	
	до 1,6 кА	до 2,0 кА
6…10	200	–
Св. 10 до 35	500	780

6. Допустимое наибольшее сопротивление, мкОм, постоянному току контактной системы разъединителей:

РЛН 35	0,63 кА	220
Остальные типы:	1,6…2,0 кА	50
	1,0 кА	120
	0,63 кА	175

7. В условном обозначении типа П – с поступательным движением главных ножей, второе Р – рубящего типа, I…IV – варианты исполнения (для РВФ II, III, IV – соответственно проходные изоляторы со стороны шарнирных контактов, со стороны разъёмных контактов и с обеих сторон, для РВЗ и РВФЗ I, II, III – соответственно заземляющие ножи со стороны разъёмных контактов со стороны шарнирных (с обеих сторон).

В таблице приведены данные, относящиеся только к разъединителям исполнения УЗ. Выпускаются также разъединители исполнения У2, ХЛ2, ХЛЗ.

8. Размер *Н1* для разъединителей РВФ и РВФЗ учитывает всю длину проходного изолятора (в числителе – для включённого положения разъединителя, в знаменателе – для выключенного).

Разъединители РВР(З)-III-10/200, РВЗ-20/630, РВЗ-20/1000, РВЗ-35/630 и РВЗ-35/1000 по конструкции являются однополюсными, но три полюса монтируются по общей раме.

В ЗРУ 6 кВ используются разъединители 10 кВ.

9. Числитель – включённое положение, знаменатель – отключённое положение.

1.3. РАЗЪЕДИНИТЕЛИ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

Разъединители серии РЛНД-10. Разъединители для наружных установок имеют изоляцию, рассчитанную для работы в неблагоприятных атмосферных условиях (дождь, снег, пыль), а также повышенную механическую прочность, поскольку операции с ними производят и при гололёде на контактах. На воздушных линиях и мачтовых трансформаторных подстанциях напряжением 6…10 кВ применяют разъединители РЛН (разъединители с линейным контактом для наружной установки) рубящего типа с вращением ножей в плоскости осей изоляторов и РЛНД – двухколонковые с вращением ножей в плоскости, перпендикулярной осям изоляторов. В обозначении разъединителей для наружных установок указывают тип разъединителя, число заземляющих ножей, номинальное напряжение и ток. Например, разъединитель с одним заземляющим ножом для наружной установки на напряжение 10 кВ и номинальный ток 400 А обозначают РЛНД-1-10/400 У1.

Заземляющие ножи у этих разъединителей устанавливают со стороны нагрузки сопротивления.

Разъединители для наружной установки в открытых РУ должны быть надёжными в неблагоприятных условиях окружающей среды, в

том числе и при гололёдообразовании, поэтому их изготавливают с льдоломающими приспособлениями.

Разъединитель для наружной установки может выполняться с льдоломающим устройством или без него. Это устройство представляет собой плоскую лопатку, расположенную в неподвижном контакте. Сама же лопатка может поворачиваться на 90° вокруг вертикальной оси.

Разъединители серии РЛНД-1 на 200 А управляются ручным приводом ПРНЗ-10УХЛ1 на 400 А или блочным ручным приводом ПР-2БУХЛ1. Приводы имеют механическую блокировку между главными ножами и заземлителями.

Разъединители типа РЛНД-1-10 изготавливают без заземляющих ножей со стороны нагрузки присоединения (рис. 1.7) и с заземляющими ножами (рис. 1.8).

В табл. 1.4 приведены технические характеристики разъединителей 110…500 кВ наружной установки.

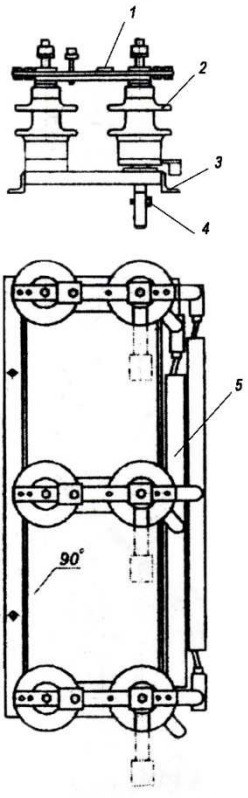


Рис. 1.7. Разъединитель типа РЛНД-1 без заземляющих ножей:
1 – контактная система; *2* – изолятор; *3* – корпус (основание); *4* – поводок для присоединения трубы привода разъединителя; *5* – тяга подвижных колонок разъединителя

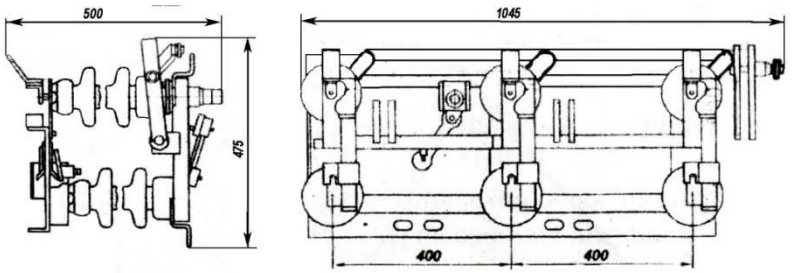


Рис. 1.8. Разъединитель типа РЛНД-1-10Б/400У1 (с заземляющими ножами)

Разъединители наружной установки серии РЛНД-1-10.II и РЛНД-1-10.IV на 10 кВ, 200 и 400 А на полимерных изоляторах (фирма «ЭЛВО»). Они предназначены для включения и отключения под напряжением обесточенных участков цепи высокого напряжения, а также заземления отключённых участков при помощи стационарных заземлителей. Разъединители выполнены на базе РЛНД-10Б/400УХЛ1, имеют высокий коэффициент унификации, одинаковые установочные размеры и меньшую массу.

Эти разъединители в сравнении с традиционными (на фарфоровых изоляторах) отличаются особой надёжностью при тяжёлых условиях эксплуатации в районах с большими загрязнениями: выбросами промышленных предприятий, химпроизводств, применением минеральных удобрений, эрозии засоленных почв, пыльными бурями, солевыми туманами и т.п., в приморских районах, в районах землетрясений (до 9 баллов), при повышенных вибрациях. Изоляция не подвержена хрупкому разрушению, противостоит ударам и атакам вандализма (ударам камнями, расстрелам из ружей) без потери эксплуатационных свойств. У разъединителей РЛНД-1-10/400 изоляция на землю имеет в 1,5 раза более высокую импульсную прочность по сравнению с нормируемой по ГОСТ-1516 для напряжения 10 кВ и они работоспособны в районах с загрязнением атмосферы до VI степени.

Изоляторы тонкостержневые, стеклопластиковые с трекингоэрозиостойким покрытием, с высокими механическими и влагоразрядными характеристиками в загрязнённом и увлажнённом состоянии.

Рама цоколя покрыта горячим цинком, контактные выводы – оловом, что обеспечивает высокую коррозийную стойкость и надёжность и не требует восстановления покрытия до 30 лет эксплуатации.

Контактная система изготовлена из медного проката. В трущихся узлах применены втулки из антифрикционных материалов, не требующие смазки в течение всего периода эксплуатации.

1.4. Технические характеристики разъединителей 110…500 кВ наружной установки

Номинальное напряжение, кВ	Тип отделителя разъединителя	Расстояние между осями полосок, м	Ток, А, не более	Номинальное напряжение, кВ	Тип отделителя разъединителя	Расстояние между осями полосок, м	Ток, А, не более
			намагничивающий				намагничивающий
110	ВР	2,0 2,5 3,0	6,0 7,0 9,0	220	ВР	3,3 4,0 4,5	
	ГП	2,0 2,5 3,0 3,5	4,0 6,0 8,0 10,0		ГП	3,5 4,0 4,5	
150	ВР	2,5 2,7 3,0 3,4 4,0	2,3 4,0 6,0 7,6 10,0	330	ГП ПН ПНЗ	6,0 6,0 6,0	
	ГП	3,0 3,7 4,0 4,4		500	ВР ГП ПН ПНЗ	7,5 8,0 8,0 7,5	

П р и м е ч а н и я : 1. ВР – вертикально-рубящий, ГП – горизонтально-поворотный, ПН – подвесной, ПНЗ – подвесной с опережающим отключением и отстающим включением полюса фазы В.

2. Приведены результирующие намагничивающие токи с учётом взаимной комплектации индуктивных токов ненагруженных трансформаторов зарядными токами их присоединений и зарядных токов воздушных или кабельных присоединений индуктивными токами ненагруженных трансформаторов.

3. Приведённые значения отключаемых и включаемых токов при указанных расстояниях между осями полюсов разъединителей и отделителей напряжением 110…500 кВ, неприменимых для присоединений, к которым подключены отделители ОПН-10…ОПН-500.

Разъединители имеют 1 или 2 заземлителя и комплектуются приводами ПРНЗ-10УХЛ1.

В таблице 1.5 приведены технические характеристики разъединителей наружной установки, выпускаемых фирмой «ЭЛВО».

1.5. Технические данные разъединителей фирмы «ЭЛВО»

Параметры	РЛНД-1-10.Б/200 УХЛ1	РЛНД-1-10.II/200 УХЛ1	РЛНД-1-10.IV/200 УХЛ1	РЛНД-1-10.Б/400 НУХЛ1	РЛНД-1-10.II/400 НУХЛ1	РЛНД-1-10.IV/400 НУХЛ1
Номинальное напряжение, кВ	10	10	10	10	10	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12	12	12	12	12	12
Номинальный ток, А	200	200	200	400	400	400
Ток термической стойкости, кА	6,3	6,3	6,3	10	10	10
Ток электродинамической стойкости, кА	15,75	15,75	15,75	25	25	25
Время протекания тока термической стойкости, с						
для главных ножей	3	3	3	3	3	3
для заземлителей	1	1	1	1	1	1
Длина пути утечки внешней изоляции, см	30	30	42	30	30	42
Допустимое тяжение провода, Н	200	200	200	200	200	200
Масса, кг	43	38	39	43	38	39
Габаритные размеры, мм						
длина	1045	1045	1045	1045	1045	1045
ширина	510	510	670	510	510	670
высота	450	450	565	450	450	565

Разъединитель РЛНД.1-10Б/400 У1 (рис. 1.8) предназначен для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключённых участков при помощи стационарных заземляющих ножей, составляющих единое целое с разъединителем. Комплектно с разъединителем поставляется ручной привод с одним или двумя блок-замками.

Нормальная работа разъединителя обеспечивается при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха от – 45 до +40 °С;
- скорость ветра при гололёде не более 15 м/с;
- толщина корки льда до 10 мм.

Основные технические характеристики
РЛНД.1-10Б/400 У1

Номинальное напряжение, кВ …….	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ ……	12
Номинальный ток, А ……...	400
Ток электродинамической стойкости, кА ……..	25
Ток термической стойкости для ножей заземления в течение 1 с, кА	10
для главных ножей в течение 3 с, кА ……	10
Масса, не более, кг ……...	40

Разъединитель высоковольтный типа РЛНД.1-10Б/400 НУХЛ1. Разъединитель наружной установки горизонтально-поворотного типа на напряжение 10 кВ с изоляцией категории «Б» РЛНД.1-10Б/400 НУХЛ1 предназначен для включения и отключения обесточенных участков цепи, находящихся под напряжением, а также заземления отключённых участков с помощью стационарных заземлителей.

Разъединитель РЛНД.1-10Б/400 НУХЛ1 является типопредставителем разъединителей серии РЛНД на напряжение 10 кВ, токи 315, 400, 630 А.

Конструктивно разъединитель выполнен в виде трёхполюсного (на одной общей раме) аппарата горизонтально-поворотного типа с общим механизмом управления. Каждый полюс состоит из поворотной изоляционной колонки, неподвижной изоляционной колонки, главных контактных ножей, заземлителей. Особенностью разъединителя является выполнение изоляционных колонок из полимерных изоляторов с трекингоэрозиостойким покрытием, обеспечивающим работоспособность в районах с загрязнённой атмосферой, обладающим высокой ударной прочностью, что в свою очередь обеспечивает надёжную работу при сейсмических воздействиях до 9 баллов по шкале MSK-64. Этот разъединитель имеет также исполнение с фарфоровой изоляцией.

Разъединители в тропическом исполнении Т1 на номинальные токи 315, 630 А имеют только фарфоровую изоляцию.

Главные контактные ножи выполнены из меди. Заземляющее устройство каждого полюса состоит из заземлителя и неподвижного контакта, установленного на главных ножах.

Основные части разъединителя, выполненные из чёрного металла, имеют стойкое антикоррозийное покрытие – горячий или гальванический цинк. В тропическом исполнении медные части разъединителя имеют покрытие никелем, в контактах – серебром.

Разъединители типа РЛД.1-10 крепятся на концевой опоре ВЛ 6 – 10 кВ (рис. 1.9).

Основные технические характеристики
РЛНД.1-10Б/400 НУХЛ1, РЛНДП.1-10Б/400 НУХЛ1

Номинальное напряжение, кВ …….	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ …….	12
Номинальный ток, А …….	400
Ток электродинамической стойкости, кА ……..	25
Ток термической стойкости, кА …….	10
Время короткого замыкания, с:	
для главных ножей ……..	3
для заземлителей …….	1
Длина пути утечки внешней изоляции, не менее, см …….	30
Допустимая механическая нагрузка на выводы, прикладываемая к изолятору, не более, Н……	200
Масса, кг …….	38
Габаритные размеры, мм:	
длина ……...……..	1045
ширина …….	470
высота ……...	550
Максимальная скорость ветра, м/с ……..	40
Толщина корки льда, мм ……..	10
Механический ресурс, циклы «В-О» …….	10 000

Условные обозначения: Р – разъединитель; Л – линейный; Н – наружной установки; Д – двухколонковый; П – с полимерной изоляцией; 1 – количество заземлителей; 10 – номинальное напряжение; Б – категория изоляции; 400 – номинальный ток; Н – повышенной надёжности; УХЛ – климатическое исполнение; I – категория размещения.

Разъединитель РЛНД.1-10/400(630) УХЛ1 предназначен для создания видимого разрыва электрической цепи с целью обеспечения безопасного обслуживания электротехнического оборудования. С его помощью можно включить и отключить под напряжением обесточенные участки цепи высокого напряжения, а также заземлить отключённые участки при помощи заземлителей.

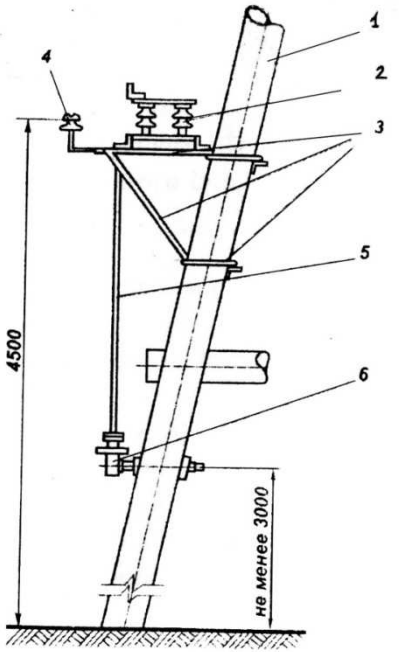


Рис. 1.9. Крепление разъединителя типа РЛНД-10 на концевой опоре ВЛ 6 – 10 кВ:
1 – А-образная опора ВЛ 6 – 10 кВ; *2* – разъединитель; *3* – конструкция для крепления разъединителя на опоре, выпускаемая заводом РЭТО «Мосэнерго»; *4* – приёмная траверса проводов ввода с ВЛ 6 – 10 кВ и ввода с КТП 10/0,4 кВ (МТП 10/0,4 кВ); *5* – труба, соединяющая разъединитель с его приводом; *6* – привод

Разъединитель представляет собой трёхполюсный аппарат, каждый полюс которого имеет одну неподвижную и одну подвижную колонки. Подвижная колонка имеет свободный поворот на 90° в горизонтальной плоскости. Привод разъединителя выполнен так, что исключает возможность работы с заземлителем, пока не отключена электрическая цепь. Это обеспечивает надёжную защиту от неправильных действий персонала.

Основные технические характеристики разъединителя РЛНД.1-10/400(630) ТУ-3414-002-00110473-94 ИЛ № 3-92

Номинальное напряжение (соответствует наибольшему рабочему напряжению), кВ ……	10 (12)
Номинальный ток, А ……..……	400 (630)
Номинальный кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости), кА ……..	10
Наибольший пик номинального кратковременного тока (ток электродинамической стойкости), кА ……..	25

Разъединитель типа РДЗ-35/1000 УХЛ1 с приводом типа ПР-УХЛ1. Разъединители наружной установки горизонтально-

поворотного типа РДЗ-35 предназначены для включения и отключения обесточенных участков электрической цепи высокого напряжения, а также заземления отключённых участков при помощи стационарных заземлителей как с одной стороны, так и с двух сторон.

Разъединители изготавливаются в однополюсном исполнении. При монтаже разъединители могут соединяться в один трёхполюсный, двухполюсный и однополюсный аппарат, управляемый одним приводом.

Основные технические характеристики разъединителя
РДЗ-35/1000 УХЛ1 ТУ 3414-013-00110473-96

Номинальное напряжение, кВ ……..	35
Номинальный ток, А …….	1000
Ток термической стойкости, кА ……...	20
Ток электродинамической стойкости, кА ……...	50

(Изготовитель – Самарский завод «Электрощит»).

Разъединители типа РДЗ.2-35Б/1250НТ1 фирмы «ЭЛВО». Разъединитель РДЗ.2-35Б/1250НТ1 является типопредставителем разъединителей серии РДЗ-35 на токи 1000, 2000, 3150 А (табл. 1.6).

Разъединитель РДЗ-35 состоит из отдельных полюсов, которые могут использоваться в одно- и трёхполюсных вариантах установки на горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Полюс разъединителей выполнен в виде двухколонкового аппарата с разворотом главных ножей в горизонтальной плоскости и состоит из цоколя, изоляционных колонн, токоведущей системы и заземляющего устройства.

Контактные ножи разъединителей на 1000 А выполнены из двух медных параллельных шин, установленных на «ребро», один конец которых гибкими связями соединён с контактным выводом, а на другом образован разъёмный контакт. Контактные ножи разъединителей на 2000 и 3150 А состоят из двух контактных ножей на 1000 А. В разъёмных контактах ножей на 3150 А имеется серебро.

В заземляющее устройство разъединителей входят заземлители, стационарно установленные на цоколе разъединителя, и неподвижные контакты, установленные на главных контактных ножах.

Основные части разъединителей, выполненные из чёрного металла, имеют стойкое антикоррозийное покрытие – горячий или гальванический цинк. В тропическом исполнении медные части разъединителей имеют покрытие никелем.

1.6. Технические данные разъединителей серии РДЗ-35

Параметры	РДЗ-35/1000 НУХЛ1	РДЗ-35Б/1000 НУХЛ1	РДЗ-35Б/2000 НУХЛ1	РДЗ-35/3150 НУХЛ1	РДЗ-35Б/1250 НТ1
Номинальное напряжение, кВ	35	35	35	35	35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5
Номинальный ток, А	1000	1000	2000	3150	1250
Ток электродинамической стойкости, кА	63	63	80	125	80
Ток термической стойкости, кА	25	25	31,5	50	31,5
Время короткого замыкания, с					
для главных ножей	3	3	3	3	3
для заземлителей	1	1	1	1	1
Длина пути утечки внешней изоляции, не менее, см	70	105	105	70	105
Допустимая механическая нагрузка на выводы с учётом влияния ветра и образования льда, не менее, Н	500	500	780	780	500
Масса, кг	56,5	62	70,5	64	56,5
Габаритные размеры, мм					
длина	1030	1030	1030	1080	1030
ширина	540	540	540	540	540
высота	765	765	865	900	775
Максимальная скорость ветра, м/с	40	40	40	40	40
Толщина корки льда, мм	10	10	10	10	–
Механический ресурс, циклы «В – О»	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000

Имеются исполнения с нормальной и усиленной (для районов с загрязнённой атмосферой) изоляцией.

Условия эксплуатации:

температура окружающей среды

от +40 до –60 °С – исполнение УХЛ1;

от –10 до +45 °С – исполнение Т1;

относительная влажность воздуха

до 100% при температуре +25 °С (исполнение УХЛ1);

до 98% при температуре +35 °С (исполнение Т1).

Условные обозначения: Р – разъединитель; Д – с двумя поворотными колонками; З – наличие заземлителей; 2 – количество заземлителей; 110 (35) – номинальное напряжение; Б – категория изоляции; 1000 – номинальный ток; Н – повышенной надёжности; УХЛ – климатическое исполнение; I – категория размещения.

Разъединители типа РЛНТ-10. Разъединители серии РЛНТ.2-10/200 У1; РЛНТ.2-10/400 У1 (рис. 1.10) рассчитаны для работы в умеренном климате при температуре окружающей среды от –40 до +40 °С, скорость ветра не более 30 м/с, высота установки не более 1000 м над уровнем моря.

Разъединитель 10 кВ выполнен в виде трёхполюсного аппарата, каждый полюс которого имеет две неподвижные и одну подвижную колонки с разворотом главных ножей в горизонтальной плоскости и двумя разрывами на каждую фазу.

Главные ножи могут иметь дугогасительные контакты.

Полюс разъединителя блочной конструкции состоит из несущей конструкции гнутого стального профиля, изоляторов типа ОНС-10/500, токоведущей системы из алюминиевого сплава АД-31Т1 и заземляющих ножей.

Скорость отключения не зависит от оператора. Отключающая способность по току нагрузки при $\cos \varphi_н = 0{,}7$ и напряжении в сети 11 кВ – 25 А; он может отключать и включать ненагруженные трансформаторы до 630 кВ·А; допускает отключение и включение уравнительных токов кольцующихся ВЛ 10 кВ до 200 А при разности напряжений в 3,5 кВ.

Элементы новизны:

– в пять раз повышена отключающая способность по току нагрузки;

– токоведущая система из доступного алюминиевого сплава;

– несущие конструкции из гнутого стального профиля;

– новые подшипники обеспечивают надёжность эксплуатации и технологичны в изготовлении;

– улучшена изоляция с применением изоляторов ОНС-10/500;

– новый привод облегчает работу оператора и обеспечивает полуавтоматическое отключение;

– усовершенствована блокировка управления приводом разъединителя;

– привод даёт возможность организовать дистанционное управление;

– при комплектации датчиками, блоком автоматики и электромагнитом отключения оперативный разъединитель становится отделителем;

– при разработке упрощённых дугогасительных камер может быть модификацией выключателя нагрузки наружной установки.

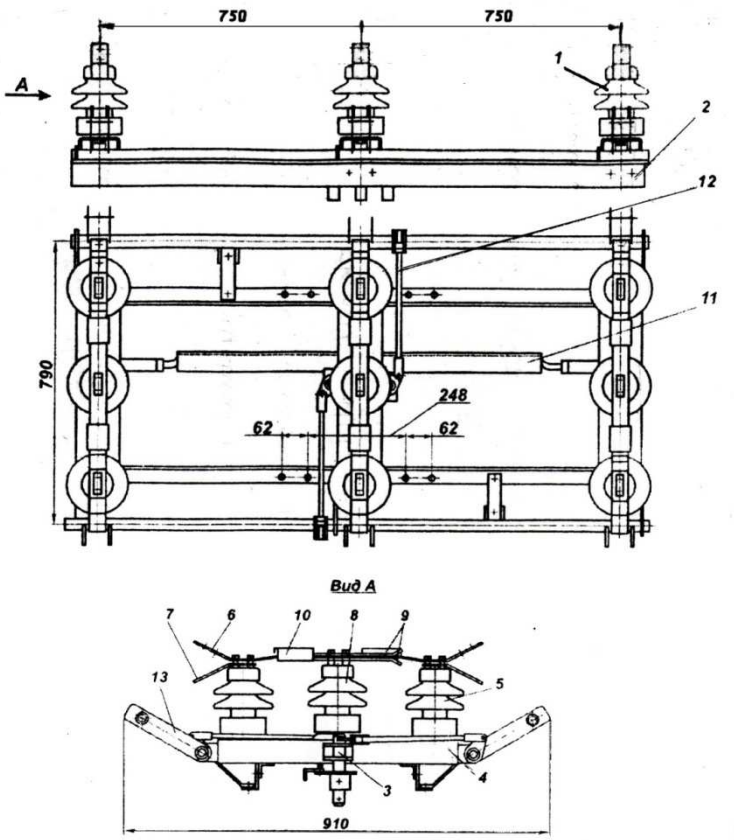


Рис. 1.10. Разъединитель РЛНТ-10/400 У1:
1 – полюс; *2* – несущий угольник; *3* – валы ножей заземления; *4* – основание полюса; *5* – изолятор ОНС-10/500; *6* – неподвижный контакт; *7* – контакт ножей заземления; *8* – поворотный изолятор; *9* – пластины контактные поворотного изолятора; *10* – кожух от гололёда; *11* – тяга управления полюсами разъединителя; *12* – механизм управления ножами заземления; *13* – ножи заземления

Основные технические характеристики
разъединителя типа РЛНТ-10

Номинальное напряжение, кВ …….	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ …….	12
Номинальный ток, А ……..……	200, 400
Амплитуда предельного сквозного тока, кА ……..……	12,5; 25
Предельный ток термической стойкости, кА …….	8; 10
Время протекания предельного тока термической стойкости, с:	
для главных ножей …….	4
для ножей заземления ……	1

Разъединители серии РНД-35. Разъединители серии РНД изготавливаются на напряжение 35 кВ (рис. 1.11). Включение или отключение полюса производится либо вращением одного изолятора, на котором установлен нож разъединителя, либо одновременно вращением обоих изоляторов, связанных между собой тягами.

Разъединители серии РНД(З) горизонтально-поворотного типа изготавливаются из отдельных полюсов (одного ведущего и двух ведомых), соединённых на месте монтажа стальными трубами в один трёхполюсный аппарат. Основанием каждого полюса служат швеллеры, на концах которых закреплены чугунные основания с подшипниками. В подшипниках вращаются валы с рычагами. На рычагах, связанных между собой общей тягой, установлены опорно-изоляционные колонны. На их верхних фланцах закреплены ножи контактной системы и контактные выводы. Ножи поворачиваются на 90° в одну сторону.

Разъёмный контакт закрыт кожухом для обеспечения работы в условиях гололёда. При включении конец одного ножа входит в разъёмный контакт, закреплённый на конце второго ножа.

Заземляющий нож представляет собой вторую трубу, один конец которой снабжён сегментным контактом, а другой приварен к валу. Валы заземляющих ножей вращаются в подшипниках, установленных на основании разъединителей. Нож заземления изолирован от основания разъединителя и имеет свой специальный контактный вывод. Ножи заземления управляются ручными приводами. Главные ножи при напряжении 110 кВ и выше – ручным и электродвигательным приводами.

Разъединители горизонтально-поворотного типа на напряжение 35 кВ предназначены для наружной установки. Они могут быть выполнены с заземляющими ножами (один или два) и без них. Разъединитель серии РНД с двумя заземляющими ножами (РНДЗ.2) состоит из рамы *1* (см. рис. 1.11), изготовленной из швеллера, с установленными в ней опорными изоляторами *4* и *11* (поворот изоляторов обеспечивают подшипники). Междуполюсная связь осуществляется с помощью тяг *18*, соединённых рычагами *12* с приваренными к фланцам изолято-

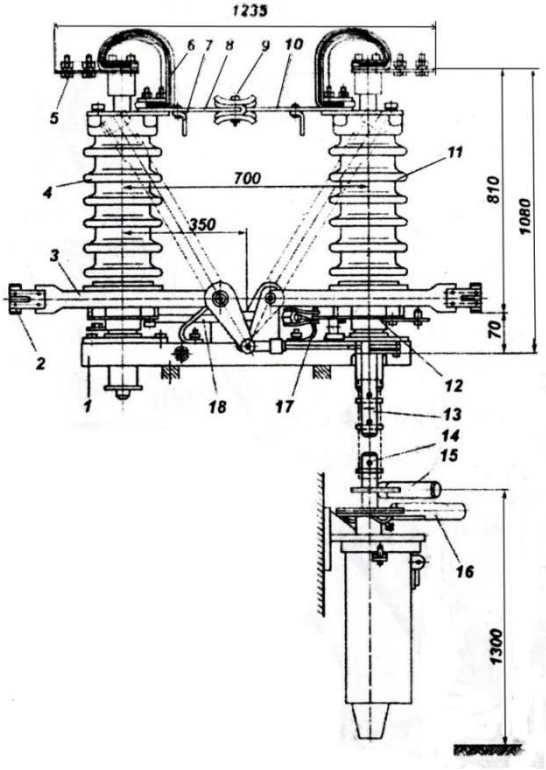


Рис. 1.11. Разъединитель горизонтально-поворотного типа на напряжение 35 кВ для наружной установки:
1 – рама; *2* – контакты заземляющие; *3* – заземляющие ножи; *4* и *11* – опорные изоляторы; *5* – зажим; *6* – гибкая связь; *7* – контакт заземления; *8* и *10* – подвижные контакты разъединителя; *9* – ламели; *12* – рычаг; *13* – ось крайнего изолятора; *14* – вертикальная ось привода; *15* и *16* – рукоятки привода; *17* – гибкая связь заземляющего ножа; *18* – тяга

рами. Контактная система разъединителя состоит из ножевых подвижных контактов *8* и *10* с медными контактными ламелями *9* (на ножевом контакте *8*), снабжёнными плоскими пружинами, а также зажимов *5* (для присоединения ошиновки распределённого устройства) и пакетов *6* медных гибких лент. Полюсы разъединителя соединяют тягами, состоящими из наконечников и регулируемых элементов, так, что ось *13* крайнего изолятора обеспечивает управление разъединителем с помощью привода ПРН-220М, вертикальная ось *14* которого и ось *13* крайнего изолятора соединены трубой. Привод приводится в действие рукоятками *15* и *16*. Сигнализация положения разъединителя выполняется с помощью вспомогательных контактов, закрытых кожухом.

При включении и отключении главных ножей разъединителя пользуются рукояткой *15* (для снижения физических усилий на рукоятку надевают рычаг). Так как у разъединителя имеются заземляющие ножи *3* с контактами *2*, в приводе предусмотрена механическая блокировка между рукоятками *15* (главных) и *16* (заземляющих) ножей: при отключённом положении главных ножей разъединителя (поворот рукоятки *15* влево в положение «Откл») можно включить рукоятками *16* заземляющие ножи. При этом образуется цепь заземления: контакты *2* и *7*, заземляющий нож *3*, гибкая связь *17*, рама *1*, заземляющий проводник, заземлитель.

Разъединители серии РВР-10. Разъединители для номинальных токов более 1000 А обычно изготавливаются в полюсном исполнении, при монтаже могут соединяться в двух- или трёхполюсный аппарат.

На номинальные токи от 2000 до 8000 А предназначены разъединители серии РВР (рубящего типа). Неподвижные контакты такого разъединителя состоят из двух швеллерообразных частей, контактные ножи выполнены из меди коробчатого сечения и располагаются попарно в два этажа полками наружу (рис. 1.12).

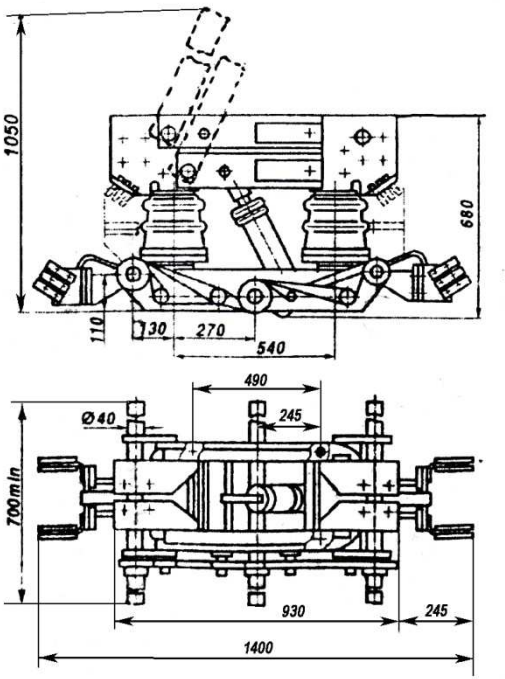


Рис. 1.12. Разъединитель РВР

Разъединители типа РВРЗ-10 вертикально-рубящего типа представлены на рис. 1.13 и в табл. 1.6.

Разъединители состоят из подвижных контактных ножей, неподвижных контактов, тяговых и опорных изоляторов, цоколя и заземляющих ножей.

Цоколь является основанием разъединителя. В цоколе расположен вал с рычагами, предназначенный для оперирования подвижными контактными ножами. При наличии заземляющих ножей в цоколе располагаются валы заземляющих ножей и механическая блокировка, препятствующая включению заземляющих ножей при включённых главных ножах и наоборот. В цоколе имеются отверстия для крепления разъединителя и болт заземления, рядом с которым нанесён знак заземления.

Управление главными ножами разъединителей осуществляется приводами ПДВ-1УЗ или ПЧ-50УЗ. Главные ножи двухполюсных и однополюсных разъединителей могут управляться приводами ПР-ЗУЗ.

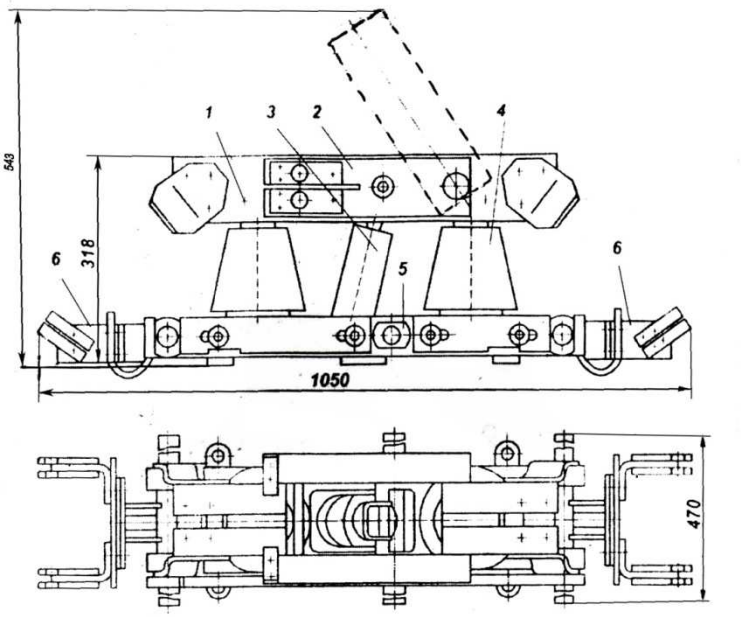


Рис. 1.13. Разъединитель типа РВРЗ-10/2500 У2, РВРЗ-10/2500 УЗ и РВРЗ-10/4000:

1, 2 – пружины; *3* – тяга; *4* – опорный изолятор; *5* – вал разъединителя; *6* – заземляющие ножи; *7* – тяги приводов заземляющих ножей; *8* – тяга привода разъединителя

1.6. Технические данные разъединителей РВРЗ-10

Параметры	РВРЗ-10/2500 У2 РВР-10/2500 У2 РВРЗ-10/2500 У3 РВР-10/2500 У3	РВРЗ-10/4000 У3 РВР-10/4000 У3	
Номинальное напряжение, кВ	10		
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12		
Номинальный ток, А	2500	4000	
Расстояние между полюсами, мм	350	450	550
Амплитуда предельного сквозного тока, кА	125	180	200
Предельный ток термической стойкости, кА	45	71	
Время протекания предельного тока термической стойкости, с: для главных ножей для заземляющих ножей	4 1		
Частота, Гц	50, 60		

Управление заземляющими ножами разъединителей осуществляется приводами ПР-ЗУЗ. Заземляющие ножи разъединителя РВРЗ-10/4000 могут управляться приводом ПЧ-50УЗ.

Каждый заземляющий нож *6* состоит из двух контактов с ламелями. Эти контакты при двух- и трёхполюсной установке устанавливаются на общей медной шине (в поставку завода не входит), закреплённой на стальных стойках, приваренных к валу. При включении ламели входят в медные пластины, установленные на боковых поверхностях неподвижных контактов.

Разъединители серии РВП-10. На номинальный ток 12 500 А выпускаются разъединители серии РВП (с поступательным движением контактных ножей) (рис. 1.14). Достоинством конструкции таких разъединителей является малый момент на валу, что обеспечивается за счёт системы кулачков, связанной с подвижным ножом полюса, снимающей контактное давление перед началом движения ножа на отключение и создающей его после окончательного движения на включение.

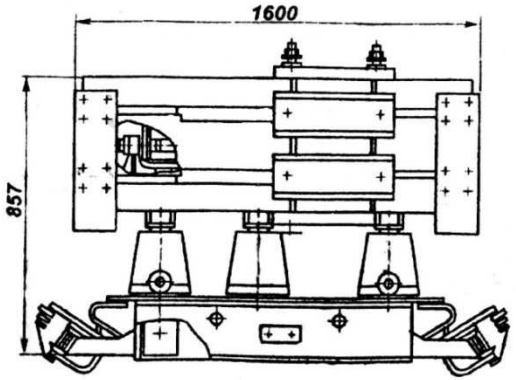


Рис. 1.14. Разъединитель РВП-20/12500

Полимерный компактный разъединитель типа ППКР-10. ВЭИ совместно с АО «Мосэнерго» разработали конструкцию плоского полимерного компактного разъединителя ППКР-10. Важной особенностью этой конструкции является возможность монтажа разъединителя как в вертикальном, так и в горизонтальном положениях, тогда как, к примеру, РЛНД монтируется только в горизонтальном положении, для чего требуется использование горизонтальной металлической площадки, что повышает расход металла.

Плоский полимерный разъединитель ППКР-10 может быть выполнен как из стеклопластиковых стержней, защищённых ребристым покрытием из силиконового эластомера, так и из прессованных материалов путём горячего формирования цельных изолирующих стержней. Такая технология значительно упрощает и ускоряет сборку и монтаж разъединителя.

Наиболее технологичной и простой является конструкция разъединителя, изготовленного из пресс-материалов. Такой разъединитель содержит смонтированные на раме изолирующие элементы, выполненные цельными в виде цилиндров с выступами и промежутками. Изолирующие элементы, изготовленные методом горячего формирования, расположены в плоскости рамы, установленной вертикально на опоре ВЛ, и жёстко закреплены.

Нижний изолирующий элемент разъединителя предназначен для установки ножей включения – отключения, присоединённых к фиксирующих стойкам, укреплённым на гладких промежутках изолирующего элемента разъединителя. Эти промежутки имеют отверстия для крепления токопроводящих элементов. Оконцеватели изолирующих элементов выполнены плоскими овальной формы с отверстиями для

крепления к раме и пропуска через них проводов при использовании изолирующих элементов на ВЛ в качестве распорки.

Плоский полимерный компактный разъединитель изготавливается в двух исполнениях с металлическим опорным каркасом и без него.

Конструкция разъединителя ППКР-10 с каркасом включает: изолирующие стержни с рёбрами и проводящими элементами (ножи, губки, шины), каркас, который сваривается из отдельных металлических уголков. Каркас изготовлен таким образом, чтобы можно было укрепить на стойке с помощью двух хомутов, что обеспечивает достаточную прочность крепления. Место установки каркаса выбирается исходя из удобства управления разъединителем – включить и отключить вручную с помощью изолирующей штанги. Заземляющие ножи разъединителя расположены на одной оси с изолирующей блокирующей тягой.

В целях упрощения и удешевления производства разъединителей каждый изолирующий стержень может собираться из отдельных элементов с помощью соединительных муфт. Такая конструкция стержня позволяет упростить и удешевить пресс-форму, которая является основным элементом при производстве разъединителей, снизить её мощность, уменьшить габариты и массу.

Следует иметь в виду, что указанные элементы могут использоваться в качестве изоляторов и изолирующих распорок, собираемых в блоки. Распорки, например, можно применять на ВЛ 0,4; 10; 35 кВ и выше. Отдельные элементы можно использовать и в распределительных сетях сельскохозяйственного назначения (например, на ВЛ 0,4 … 10 кВ) как натяжные изоляторы.

Плоский полимерный компактный разъединитель может выполняться с консольным расположением крайних изоляторов.

Разъединитель такой конструкции имеет некоторые особенности, в частности, внутреннюю раму. Он наиболее удобен для применения в районах, характеризующихся сильным загрязнением атмосферы. Рама может быть плоской или объёмной, в последнем случае конструкция разъединителя становится более жёсткой и его прочность увеличивается.

В случае необходимости (по требованию заказчика) такой разъединитель может выполняться асимметричным, что отвечает специфическим особенностям некоторых электроустановок.

Предлагаемые конструкции разъединителей имеют повышенную надёжность благодаря тому, что коммутация происходит путём поворотов оси с ножами, укреплёнными в двух точках (подшипника), исключающих перекосы и непопадание ножей в губки.

Для повышения отключающей мощности и сокращения времени отключения разъединитель может быть снабжён парными ножами, закреплёнными на центральной оси.

Следует отметить, что компактные разъединители имеют ряд технических преимуществ перед традиционным. Ниже приведены некоторые из них:

– меньшая масса (в 4 … 5 раз по сравнению с разъединителями РЛНД-10). При испытаниях компактный разъединитель может поднять 1 человек (в то время как РЛНД-10 – 4 человека);

– возможность установки в любом положении, в том числе в вертикальном;

– безопасность для птиц;

– гидрофобность поверхности изоляционных элементов, что позволяет увеличить поверхностное сопротивление, уменьшить токи утечки, а, следовательно, снизить падение напряжения возле опоры и тем самым уменьшить опасность поражения людей и животных;

– горизонтальное расположение изолирующих элементов, что даёт возможность повысить их электрическую прочность при загрязнении и увлажнении;

– отсутствие изгибающих воздействий на элементы разъединителя в режиме токов КЗ;

– использование прессованных материалов, упрощающих технологию изготовления разъединителей;

– более низкие трудозатраты при изготовлении разъединителей;

– низкая стоимость;

– лучшие условия для монтажа и эксплуатации;

– высокая надёжность;

– возможность использования новой конструкции разъединителя в комбинированном аппарате «предохранитель-разъединитель».

Основные технические характеристики
разъединителя типа ППКР-10

Номинальное напряжение, кВ ……	10
Номинальный ток, А ……..	400
Максимальный ток отключения, А ……	15*
Ток термической устойчивости, кА ……..	2
Число операций в течение эксплуатации ……	1000

Разработчик – АО «Мосэнерго» совместно с ВЭИ.

(* Разъединитель с двумя разрывами на фазу имеет ток отключения 25 А)

Предохранитель-разъединитель типа ПРТВ-10 (рис. 1.15 – 1.17). Предохранитель-разъединитель выполнен в виде однополюсного ап-

парата, состоящего из одного изолятора, на концах которого закреплены два держателя, а в средней части изолятора устанавливается кронштейн, посредством которого аппарат крепится на опоре. В держателях устанавливается предохранитель.

Предохранитель-разъединитель имеет автоматически откидывающийся патрон, снятие и установка которого осуществляется при помощи оперативной изолирующей штанги. Штанга состоит из двух звеньев, соединяемых непосредственно перед оперированием без использования специальных инструментов и приспособлений. При этом длина одного звена 2150 мм.

Для хранения и транспортировки штанга помещается в чехол, изготовленный из прочного материала.

В патроне предохранителя устанавливается заменяемый токоведущий элемент с плавкой вставкой.

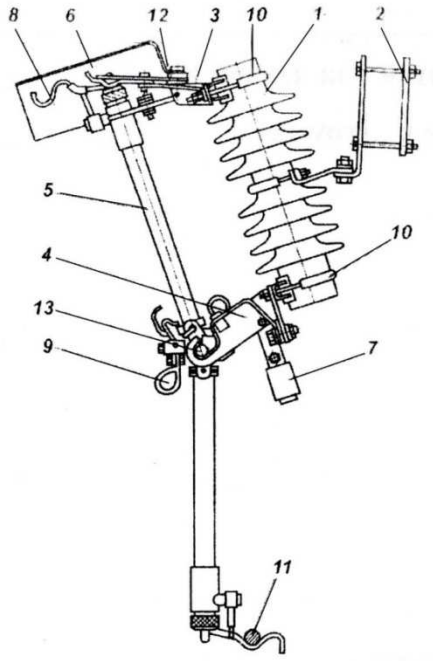
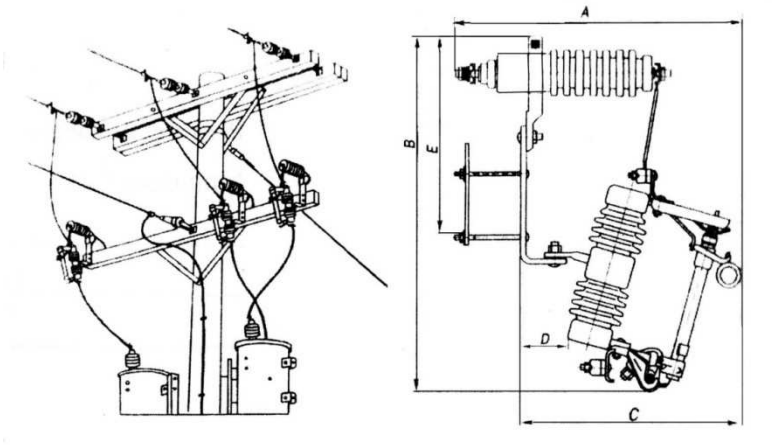


Рис. 1.15. Предохранитель-разъединитель типа ПРТВ-10:
1 – изолятор; *2* – крепёжная арматура; *3* – верхняя контактная система; *4* – нижняя контактная система; *5* – патрон; *6* – кожух; *7* – буфер-ловитель; *8* – кронштейн; *9* – кольцо; *10* – скоба; *11* – боковой палец штанги; *12* – поперечина; *13* – ось



Модификация	Напряжение, кВ	Размеры, мм				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
95 110	9/10	540	622	413	88	343
125	18	623	648	426	146	343
150	18	623	648	426	146	343
95 110	9/10	543	628	413	89	349
125	18	594	654	425	146	349
150	18	594	654	425	146	349

Рис. 1.16. Предохранитель-разъединитель. Геометрические размеры

Предохранитель-разъединитель также имеет исполнение, когда патрон устанавливается на двух изоляторах, закреплённых на цоколе.

При перегрузочных токах и токах короткого замыкания, превышающих нормированное значение, плавкая вставка перегорает, патрон предохранителя откидывается, тем самым создаётся видимый разрыв, т.е. аппарат выполняет одновременно функции защитного аппарата и разъединителя.

Преимущества выхлопного предохранителя-разъединителя:

- Применение данного аппарата обеспечивает надёжность защиты объектов, так как стабильная времятоковая характеристика предохранителя-разъединителя исключает возможность ложного срабатывания.

- Предохранитель-разъединитель имеет автоматически откидывающийся патрон, что позволяет обслуживающему персоналу быстро (без «прозвания» всех предохранителей повреждённой линии) определить сработавший предохранитель.
- Конструкция предохранителя обеспечивает возможность быстрой и удобной замены плавкой вставки.
- Отличительной особенностью предохранителей-разъединителей является простая конструкция, многократное использование патронов и однократное использование заменяемого элемента.
- Оперативная замена элемента осуществляется непосредственно на месте установки предохранителя-разъединителя. Запасные заменяемые элементы поставляются совместно с аппаратом в количестве, определяемом заказчиком.
- Применение предохранителя-разъединителя в электросетях позволит отказаться в ряде случаев от применения разъединителя, что позволит существенно снизить капитальные затраты и эксплуатационные расходы в энергосистемах.
- Независимость отключающей способности в режиме разъединителя от профессиональной квалификации оператора за счёт S-образной конструкции кронштейна для отключения.
- Практически неподверженный износу верхний размыкаемый контакт благодаря отсутствию сил трения при операциях и исключение возможности следов электрической дуги.
- Исключение возможности повреждения поверхности нижнего размыкаемого контакта благодаря специальной геометрии нижнего шарнира.
- Исключение возможности отскока патрона на недопустимое уменьшение видимого разрыва при отключении в режиме разъединителя благодаря установке демпфера-ловителя.
- Исключение повреждения плавкого элемента при зарядке патрона заменяемым элементом благодаря применению специальной шайбы под гибкий проводник.

Времятоковые характеристики заменяемых элементов соответствуют ГОСТ 2213 и стандартам МЭК.

Условные обозначения: П – предохранитель; В – выхлопной; Т – для защиты силовых трансформаторов; Р – разъединитель; 10 – номинальное напряжение; 5 – номинальный ток; 6,3 – номинальный ток отключения; У, Т – климатическое исполнение; 1 – категория размещения.

Предохранитель-разъединитель, изготовителем которого является фирма «ЭЛВО», представлен на рис. 1.17.

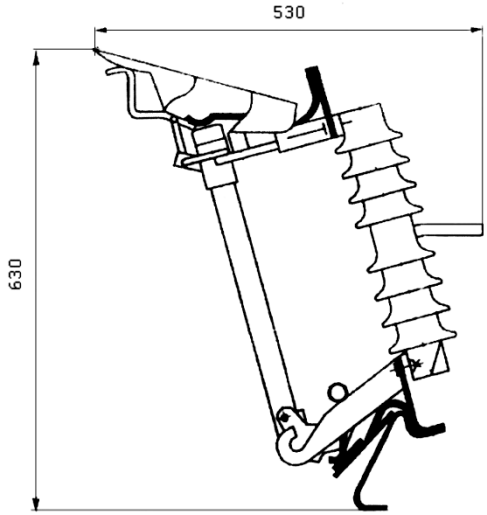


Рис. 1.17. Предохранитель-разъединитель фирмы «ЭЛВО»

Технические характеристики
предохранителя-разъединителя ПРТВ-10

Климатическое исполнение …….....	У1	Т1
Номинальное напряжение, кВ ……..	10	12; 15
Наибольшее рабочее напряжение, кВ …….	12	12; 15
Ряд номинального тока заменяемого элемента ……..	5; 6,3; 8	10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50
Длина пути утечки внешней изоляции, см ……..	32	
Номинальный ток, А …….....	200	
Номинальный ток отключения, кА …….....	6,3	
А – периодическая составляющая номинального тока отключения, кА …….	11	
Импульсное нормированное испытательное напряжение относительно земли между полюсами, кВ …..	95	
Габаритные размеры, мм:		
высота	600	
ширина ……..	200	
глубина …….	530	
Масса, кг …….....	13	
Срок службы предохранителя-разъединителя, лет ….	20	

Отделитель секционирующий типа ОСА-10/200. Отделители предназначаются для секционирования ответвлений от магистральных

воздушных линий 6…10 кВ. Их устанавливают на опоре в начале ответвления от линии. Снабжённые автоматическим приводом, они отключают ответвление при КЗ на нём. Операция совершается во время бестоковой паузы, когда с питающей линии вместе с ответвлениями снимается напряжение отключением выключателя со стороны питающей подстанции. После отключения отделителей на повреждённом ответвлении от АПВ второго цикла включается выключатель на питающей подстанции – линия получает напряжение.

Наличие отделителей на ответвлении не требует установки разъединителей для создания видимого разрыва при проведении ремонтных работ на ответвлении (видимый разрыв цепи обеспечивается отделителями).

Отделитель секционирующий автоматический наружной установки типа ОСА-10/200 предназначен для автоматического отключения повреждённого участка линии 10 кВ в бестоковую паузу второго цикла АПВ головного выключателя.

С помощью контактной системы специальной конструкции достигается надёжная работа отделителя в условиях гололёда при толщине стенки льда до 20 мм.

Отделитель включает в себя три функциональных узла, монтируемых на опоре линии электропередачи:

– отделитель – трёхполюсный коммутационный аппарат качающего типа;

– привод с механизмом свободного расцепления и устройством автоматического и ручного отключения;

– блок датчиков тока и напряжения.

Во включённом положении отделитель (рис. 1.18) удерживается приводом. Отключение производится отключающими пружинами при срабатывании механизма свободного расцепления после получения команды от устройства автоматического отключения или вручную.

Датчики тока выполнены в виде трансформаторов с разомкнутым сердечником на штыревых изоляторах. Первичная обмотка расположена на шейке изолятора, вторичная – на штыре. Для срабатывания схемы отключения необходимо 500 ампервитков магнитодвижущей силы, создаваемой первичной обмоткой.

Для обеспечения селективности отключения при двойных замыканиях на землю используются три датчика тока.

Датчики напряжения выполнены в виде омических делителей напряжения, размещённых в корпусе предохранителя ПК-10. Сопротивление делителя равно 10 мОм.

С целью повышения надёжности работы отделителя и осуществления его отключения только в момент отсутствия напряжения на линии применимо оригинальное устройство подсчёта бросков и спадов аварийного тока с одновременным контролем напряжения на линии.

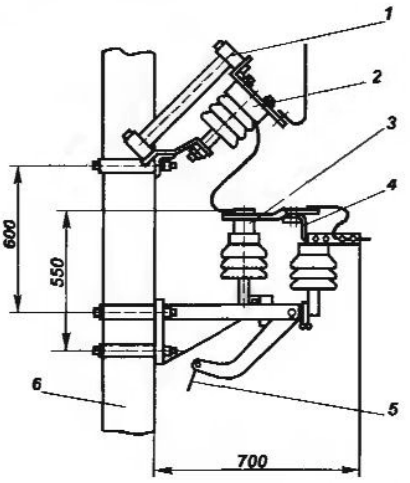


Рис. 1.18. Отделитель типа ОСА-10/200:
1 – делитель напряжения; *2* – датчик тока (на штыревом изоляторе);
3 – отделители; *4* – вспомогательные пружины контактной системы;
5 – тяга от привода; *6* – опора

Отделитель оснащён устройством опробования работоспособности схемы автоматического отключения.

Широкое использование отделителей в распределительных сетях сельских районов позволит:

– существенно повысить надёжность электроснабжения потребителей;

– уменьшить дефицит распределительно-коммутационной аппаратуры, используемой в настоящее время, причём, не только секционирующих выключателей, но и разъединителей, так как отделитель имеет видимый контактный разрыв;

– повысить культуру распределительных сетей.

Технические характеристики отделителя типа ОСА-10/200

Номинальное напряжение, кВ ……..	10
Номинальный ток, А …….....	200
Номинальный отключаемый ток, А …….	15
Кратность циклов АПВ головного выключателя линии ……	2
Масса с приводом и блоком датчиков тока и напряжения, кг ……...	90

Качающийся разъединитель (рис. 1.19). Разъединители типа NPS фирмы АВВ для ВЛ 10…35 кВ и МТП 6…35/0,4 кВ представлены на рис. 1.20 – 1.22.

В таблице 1.7 приведены технические характеристики разъединителей 110…500 кВ наружной установки, а в табл. 1.8 – технические данные разъединителей 10…35 кВ, выпускаемых фирмой «ЭЛВО».

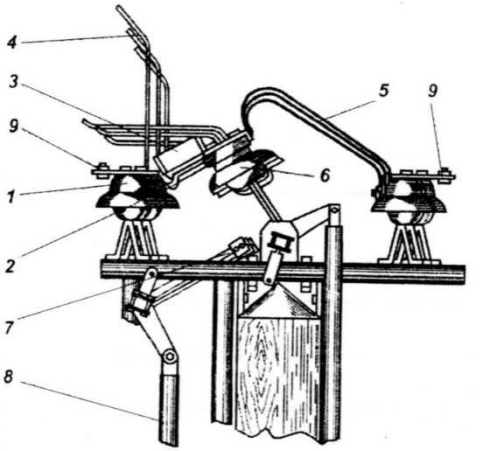


Рис. 1.19. Трёхполюсные разъединители качающего типа наружной установки на 10 кВ с заземляющими ножами:
1 – опорный изолятор; *2* – неподвижный контакт; *3* – подвижный контакт; *4* – рога для гашения дуги; *5* – гибкая токопроводящая связь; *6* – качающийся изолятор; *7* – нож стационарного заземлителя; *8* – тяга привода; *9* – линейные контакты

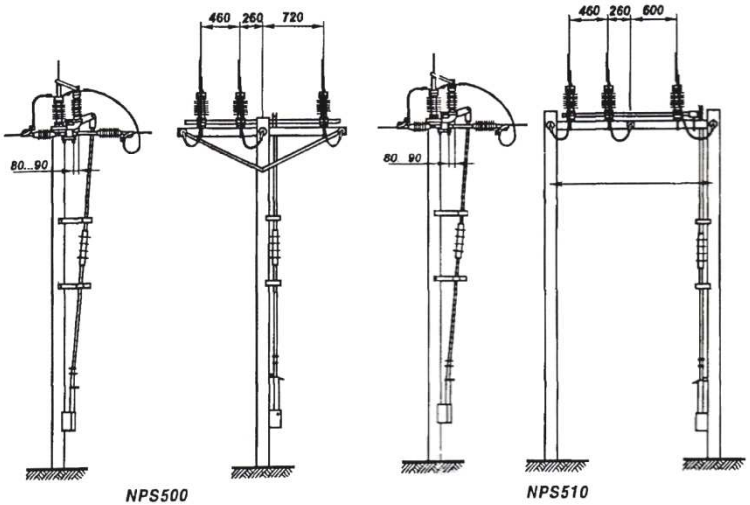


Рис. 1.20. Разъединитель типа NPS для секционированных ВЛ

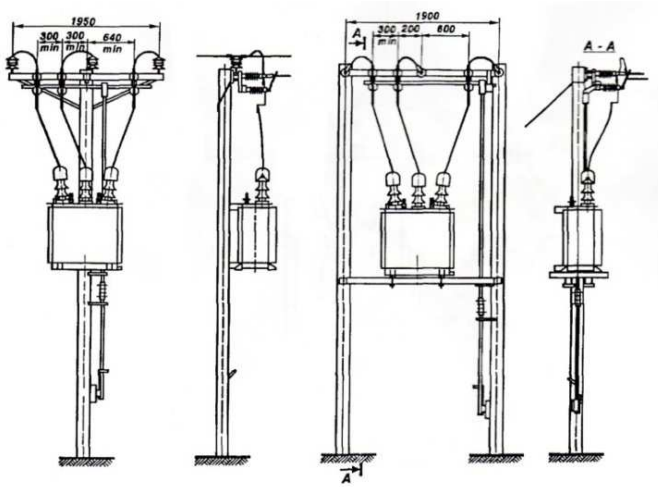


Рис. 1.21. Разъединитель типа NPS для МТП

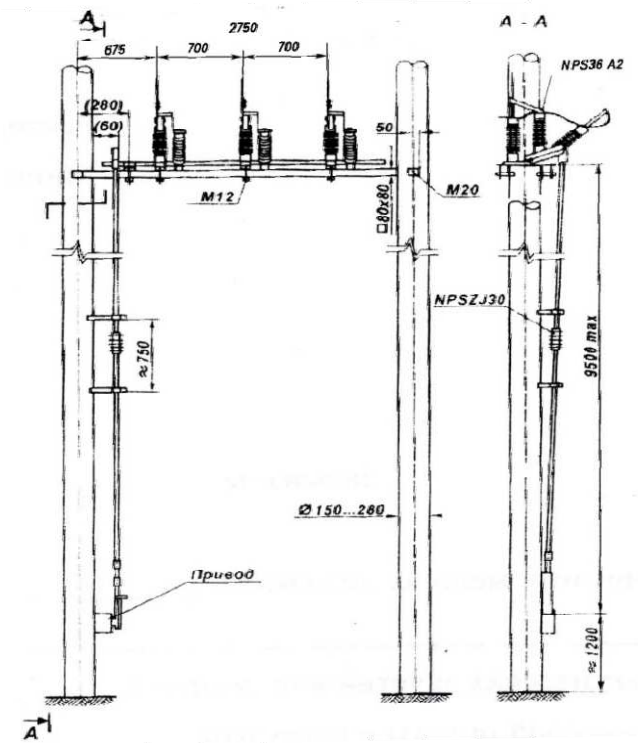


Рис. 1.22. Разъединитель типа NPS-35 кВ для ВЛ и МТП

1.7. Технические характеристики разъединителей 110…500 кВ наружной установки

Тип	Стойкость, кА		Размеры, см			$L_{ут}$, см	Тип привода	Масса, кг
	электродинамическая (амплитуда)	термическая	*L*	*B*	*H*			
РЛНДМ(С)-1-10/200	20	8	47	123	28	22,5	ПРНЗ-10	57
РЛНД-10/400	25	10	44	117	41	22,5	ПРН-10М	58
РЛНД-10/400	25	10	57	125	41	22,5	ПРНЗ-10	65
РЛНД-10У/400	25	10	57	125	53	30	ПРНЗ-10	82
РЛНД-2-10/400	25	10	68	125	41	22,5	ПРНЗ-2-10	72
РЛНД-2-10У/400	25	10	68	125	53	30	ПРНЗ-2-10	89
РЛНД-10/630	35,5	12,5	44	117	41	22,5	ПРН-10М	59
РЛНД-1-10/630	35,5	12,5	47	125	41	22,5	ПРНЗ-10	66
РЛНД-2-10/630	35,5	12,5	68	125	41	22,5	ПРНЗ-2-10	73
РЛНДА-1-10/630	35,5	12,5	47	125	41	22,5	ПРНЗ-10	60
РОН-10К/5000	180	71	67	40	54(85)	22,5	ПЧН	105
РДЗ-35/1000	63	25	76	237	77	70	ПР-2, ПР-90, ПВ-20	62
РНД(З)-35/1000	63	25	70/104	240	72	75	ПР-2, ПР-90, ПВ-20	85

РНД(З)-35Б/1000	63	25	70/104	240	72	75	ПР-2, ПР-90, ПВ-20	88
РНД(З)-35У/1000	63	25	92/128	240	82	110	ПР-2, ПР-90, ПВ-20	164
РДЗ-35/2000	80	31,5	77	237	87	75	ПР-2	69
РНД(З)-35/2000	80	31,5	92/117	240	87	75	ПВ-20, ПРН-110В	211
РНД(З)-35Б/2000	80	31,5	92/117	240	87	75	ПВ-20, ПРН-110В	218
РНД(З)-35У/2000	80	31,5	92/117	240	114	110	ПВ-20, ПРН-110В	185
РДЗ-35/3200	125	50	84	237	91	75	ПР-2, ПР-90	71
РНД(З)-35/3200	125	50	116	240	81	75	ПР-2, ПР-90, ПВ-20	262
РНД(З)-110/1000	80	31,5	152/308	400	140	190	ПДН-1, ПР-90, ПРН-110В	254
РНД(З)-110Б/1000	80	31,5	152/308	400	140	190	ПДН-1, ПР-90, ПРН-110В	254
РНД(З)-110У/1000	80	31,5	165/246	400	204	190	ПДН-1, ПР-90, ПРН-110В	501
РНД(З)-110/2000	100	40	158/197	400	157	223	ПДН-1, ПР-90, ПРН-110В	374

Продолжение таблицы 1.7

Тип	Стойкость, кА		Размеры, см			$L_{ут}$, см	Тип привода	Масса, кг
	электродинамическая (амплитуда)	термическая	*L*	*B*	*H*			
РНД(З)-110У/2000	100	40	165/246	420	207	313	ПДН-1, ПР-90, ПРН-110В	530
РНД(З)-110/3200	125	50	172/200	120	163	223	ПДН-1, ПР-90, ПРН-110В	460
РНД(З)-150/1000	100	40	205/255	520	205	285	ПДН-1, ПР-180	510
РНД(З)-150/2000	100	40	205/255	520	208	285	ПДН-1, ПР-180	525
РНД(З)-150/3200	112	45	205/261	520	208	285	ПДН-1, ПР-180	505
РНД(З)-220/1000	100	40	300/337	660	265	413	ПДН-1, ПР-180	700
РДЗ-220/1000	100	40	300/353	660	259	380	ПУ-5, ПД-5	524
РДЗ-220/2000	100	40	300/353	660	270	380	ПУ-5, ПД-5	542
РНД(З)-220/2000	100	40	300/353	660	267	413	ПДН-1	744
РНД(З)-220У/2000	100	40	373/398	660	410	641	ПДН-1	1525
РДЗ-220/3200	125	50	300/353	660	270	380	ПУ-5, ПД-5	564
РНД(З)-220/3200	125	50	274	660	275	395	ПДН-1	900
РНД(З)-330/3200	160	63	476	500	430	618	ПДН-1	3154
РНД(З)-330У/3200	160	63	476	500	540	808	ПДН-1	4048

РП-330/3200	160	63	1000	1800	286	609	ПД-2	3330
РП-330Б/3200	160	63	1000	1800	3380	800	ПД-2	3480
РНД(З)-500/3200	160	63	596	710	540	808	ПДН-1	4160
РПД-500-1/3200	160	63	1050	2040	1125	800	ПДН-1	6060
РПД-500-2/3200	160	63	1050	2040	1125	800	ПДН-1	6100
РПД-500Б-1/3200	160	63	1150	2475	1350	1180	ПДН-1	4760
РПД-500Б-2/3200	160	63	1150	2475	1350	1180	ПДН-1	4800
РПД-750-1/3200	160	63	1350	3615	1460	1180	ПДН-1	9330
РПД-750-2/3200	160	63	1350	3615	1460	1180	ПДН-1	9370
РНВ(З)-750П/4000	160	63	1080	800	1269	1338	ПДН-1	8769
РТЗ-1150/4000	100	40	2500	11400	1310	1800	ПДН-1	13 370

Примечания: 1. Обозначение типа разъединителя: буквенная часть – 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 (для РЛНДМ) с медным ножом, А – с алюминиевым ножом, П – с рычажной передачей для уменьшения момента на валу привода или подвесного исполнения, У – усиленная изоляция (категория Б по ГОСТ 9920–75), Б – наличие механической блокировки (для разъединителей подвесного исполнения – усиленная изоляция), буква в скобках означает возможность вариантов исполнения; цифровая часть – номинальное напряжение, кВ, и (после косой) номинальный ток, А; 1 и 2 – количество заземляющих ножей или (для подвесных разъединителей) вид тросовой системы управления: 1 – прямая, 2 – Г-образная.

2. В скобках приведены размеры *L* для исполнения с заземляющими ножами и *H* для отключённого положения вертикально-рубящего разъединителя.

1.8. Технические характеристики разъединителей, изготавливаемых фирмой «ЭЛВО»

Наименование продукции	Краткая техническая характеристика				Обозначение ТУ
	Ток термостойкости, кА	Предельный сквозной ток, кА	Масса, кг	Комплектующий привод, тип	
Разъединители наружной установки трехполюсные (рамные)					
РЛНД-10Б/400 НУХЛ1	10	25	43	ПР-2Б УХЛ1	ТУ 16–91 ИВЕЖ.674212.003ТУ
РЛНД-10Б/400 НУХЛ1	10	25	43	ПРНЗ-10 УХЛ1	— ″ —
РЛНД-10Б/630 УХЛ1	13	32	50	ПР-2Б УХЛ1 или ПРНЗ-10 УХЛ1	— ″ —
РЛНД.1-10Б/315 НТ1	10	25	39	ПР-2 БТ1	— ″ —
РЛНД.1-10Б/630 НТ1	13	32	40	— ″ —	— ″ —
РЛНД-1.1-10Б/200 УХЛ1	6	16	39	ПРНЗ-10 УХЛ1	— ″ —
РЛНД-1.1-10Б/200 УХЛ1	6	16	43	— ″ —	— ″ —
РЛНД-1.1-10.II/200 УХЛ1	6	16	34	— ″ —	— ″ —
РЛНД-1.2-10.II/200 УХЛ1	6	16	38	— ″ —	— ″ —
РЛНД-1.1-10.IV/200 УХЛ1	6	16	33	— ″ —	ТУ 3414-004-00468683–93

РЛНД-1.2-10.IV/200 УХЛ1	6	16	39	— ″ —	то же
РЛНД-10Б/400 НУХЛ1	10	25	39	ПРНЗ-10 УХЛ1 или ПР-2 БУХЛ1	ТУ 16-91 ИВЕЖ.674212.003ТУ
РЛНД-1.2-10Б/400 НУХЛ1	10	25	43	— ″ —	— ″ —
РЛНД-1.1-10.II/400 НУХЛ1	10	25	34	— ″ —	— ″ —
РЛНД-1.2-10.II/400 НУХЛ1	10	25	38	— ″ —	— ″ —
РЛНД-1.1-10.IV/400 УХЛ1	10	25	33	ПРНЗ-10 УХЛ1 или ПР-2 БУХЛ1	ТУ 3414-004-00468683–93
РЛНД-1.2-10.IV/400 УХЛ1	10	25	39	— ″ —	— ″ —
Разъединители наружной установки в однополюсном исполнении					
РДЗ-35/1000 НУХЛ1				ПР-2 БУХЛ1	ТУ 16-91
РДЗ-35Б/1000 НУХЛ1				— ″ —	— ″ —
РДЗ-35Б/2000 НУХЛ1				— ″ —	— ″ —
РДЗ-35/1000 НУХЛ1 вертикальная установка				ПР-2 БУХЛ1	— ″ —
РДЗ-35/3150 УХЛ1				ПР-2 УХЛ1	ТУ 16-91 ИВЕЖ.674213.018ТУ
РДЗ-35/1250 НТ1				ПР-2 БТ1	ТУ 16-91 ИВЕЖ.674213.018ТУ
РДЗ-35/400 УХЛ1				ПР-2 БУХЛ1	— ″ —

Продолжение табл. 1.8

Наименование продукции	Краткая техническая характеристика				Обозначение ТУ
	Ток термостойкости, кА	Предельный сквозной ток, ка	Масса, кг	Комплектующий привод, тип	
РДЗ.1-35/400 УХЛ1				ПР-2 БУХЛ1	ТУ 16-91 ИВЕЖ.674213.018ТУ
РДЗ.2-35/400 УХЛ1				— " —	— " —
РД-35Б/400 УХЛ1				— " —	— " —
РДЗ.1-35Б/400 УХЛ1				— " —	— " —
РДЗ.2-35Б/400 УХЛ1				— " —	— " —
РД-35.IV/400 УХЛ1				ПР-2 БУХЛ1	ТУ 16–91 ИВЕЖ.674213.018ТУ
РДЗ.1-35.IV/400 УХЛ1				— " —	— " —
РДЗ.2-35.IV/400 УХЛ1				— " —	— " —
РД-35.IV/1000 УХЛ1				— " —	— " —
РДЗ.1-35.IV/1000 УХЛ1				— " —	— " —
РДЗ.2-35.IV/1000 УХЛ1				— " —	— " —

Примечание: РЛНД-1 – с неподвижным контактным выводом на поворотной колонке; РЛНД-1-10II – с полимерной изоляцией по степени загрязнения II* (категория «Б») по ГОСТ 9920; РЛНД-1-10.IV – с полимерной изоляцией по степени загрязнения IV (категория «В») по ГОСТ 9920; РДЗ-35.IV – с полимерной изоляцией по степени загрязнения IV (категория «Б») по ГОСТ 9920.

1.4. ОТКЛЮЧАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ

Под отключающей способностью разъединителя следует понимать его способность отключать ток порядка нескольких ампер или нескольких десятков ампер при определённых условиях. Процесс отключения цепи разъединителем протекает следующим образом. При размыкании разъединителя на разрывах образуются дуги. Под действием магнитного поля и выделяющегося тепла они поднимаются и вытягиваются в виде петель. Такие дуги принято называть свободными или открытыми. Вследствие слабой деионизации дуговой столб сохраняет свою проводимость в моменты перехода тока через нулевое значение и дуга горит в течение десятков периодов. По мере удлинения дуги её сопротивление и напряжение на разрыве увеличиваются, а ток уменьшается. При определённой длине дуги, называемой критической, напряжение сети оказывается недостаточным для её поддержания, ток спадает до нуля, а напряжение на разрыве восстанавливается до напряжения сети. Вследствие сильного демпфирования восстанавливающееся напряжение не содержит составляющих высокой частоты, характерных для выключателей, снабжённых гасительными камерами.

Опытами установлено, что свободная дуга переменного тока в воздухе угасает, если имеется достаточное пространство, чтобы она могла достигнуть критической длины и если расстояние между контактами разъединителя достаточно, чтобы исключить её повторное зажигание. Максимальный вылет дуги, т.е. наибольшее расстояние от средней точки прямой, соединяющей контакты разъединителя, до точки наибольшего удаления дуги, зависит от напряжения сети, а также от значения и фазы отключаемого тока. На рис. 1.23 показана эта зависимость [2] применительно к отключению индуктивного и активного токов.

Отключение разъединителем даже относительно небольших токов, в особенности ёмкостных, связано с опасностью переброса дуги на соседние фазы и на заземлённые части, что недопустимо. По мере увеличения напряжения и отключаемого тока эта опасность увеличивается. Правила технической эксплуатации электроустановок (ПТЭ) [4] разрешают операции включения и отключения электрических цепей разъединителями при строго определённых условиях. Так, например, разрешается включение и отключение разъединителями измерительных трансформаторов напряжения. При напряжениях до 10 кВ разрешается включать и отключать разъединителями наружной установки нагрузочный ток до 15 А. При более высоких напряжениях значения допускаемых отключаемых токов ставятся в зависимость от расстояний между полюсами. В таблице 1.9 указаны допускаемые ПТЭ токи отключения для наиболее распространённых разъединителей серии РНД.

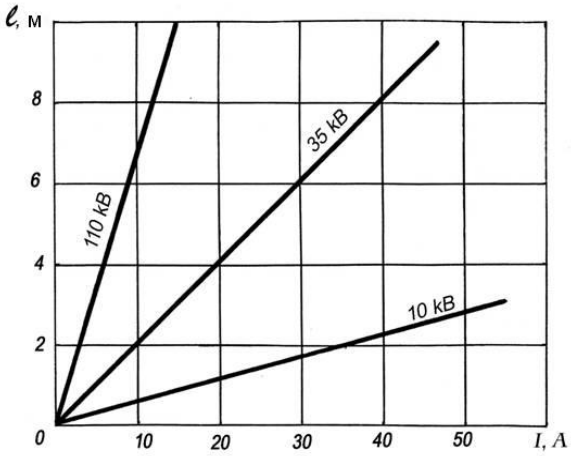


Рис. 1.23. Зависимость максимального вылета дуги на контактах разъединителя от тока и напряжения

1.9. Наибольшие токи намагничивания трансформаторов и зарядные токи линий, допускаемые к отключению в наружных РУ разъединителями горизонтального типа

Номинальное напряжение, кВ	Расстояние между полюсами, м	Ток намагничивания, А	Зарядный ток линий, А
20…35	1 2	2,3 11,0	1,0 3,5
110	2,5 3,5	8,0 14,5	3,0 5,0
150	3,0 6,0	2,3 17,0	– –
220	5,0 6,8	8,0 17,0	– –

2. КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛИ И ОТДЕЛИТЕЛИ

2.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

В настоящее время начинают широко применяться высоковольтные подстанции без выключателей на питающей линии. Это позволяет удешевить и упростить оборудование при сохранении высокой надёжности. Для замены выключателей на стороне высокого напряжения используются короткозамыкатели и отделители.

Короткозамыкатель – это быстродействующий контактный аппарат [2, 3, 5], представляющий собой однополюсный или двухполюсный (в зависимости от системы рабочего заземления сети) разъединитель, снабжённый пружинным приводом для автоматического включения и предназначенный для соединений провода (проводов) трёхфазной системы с землёй по ручной команде или от релейной защиты.

Отделитель представляет собой обычный трёхполюсный разъединитель, снабжённый приводом для автоматического управления и способный по команде соответствующего автоматического устройства совершать операции быстрого отключения и включения участков цепи, предварительно отключённых выключателями. Если в обычном разъединителе скорость отключения мала, то в отделителе процесс отключения длится 0,5…1 с.

В качестве примера применения короткозамыкателей и отделителей на рис. 2.1 приведена схема питания от одной линии двух трансформаторных групп *T1* и *T2*. В схему кроме быстродействующих короткозамыкателей *QK1* и *QK2* введены отделители *Q1* и *Q2*, которые при нормальном режиме работы замкнуты. Допустим, вследствие ухудшения изоляции трансформатора *T1* внутри него возникают электрические разряды, которые приводят к разложению масла и выделению газа. Газовые пузырьки, поднимаясь вверх, приводят к срабатыванию газового реле. По сигналу этого реле включается короткозамыкатель и в цепи возникает искусственное КЗ. Под действием тока КЗ срабатывает выключатель защиты *QF1* и обе группы *T1* и *T2* обесточиваются. С помощью релейной защиты трансформатора *T1* отключается также выключатель *QF2*, после чего с некоторой выдержкой отключается отделитель *Q1*. Затем, так как режим искусственного КЗ оказался отключённым, снова включается выключатель *QF1*. Если до аварии выключатель *QF4* был отключен, то после включения выключателя *QF1* он может быть включён. При этом будет восстановлено питание потребителей на шинах 10 кВ первой трансформаторной группы.

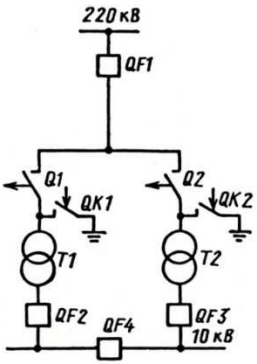


Рис. 2.1. Схема коммутации с отделителями и короткозамыкателями

Таким образом, в этой схеме удаётся не ставить выключатели на стороне 220 кВ трансформаторов *Т1* и *Т2*. Однако для надёжной работы необходима чёткая последовательность в работе короткозамыкателей, выключателей и отделителей. Иначе возможны такие тяжёлые аварийные случаи, как отключение тока КЗ отделителями и др.

Эффективность такой схемы тем выше, чем больше номинальное напряжение сети. Указанный эффект достигается за счёт отсутствия выключателей на стороне 35…220 кВ, а также аккумуляторных батарей и компрессорных установок. Уменьшается площадь подстанции. Создаётся возможность приближения напряжения 35…220 кВ непосредственно к потребителям. Сокращаются сроки строительства.

По данным [6] применение отделителей и короткозамыкателей позволяет удешевить стоимость подстанции на 40…50% и практически сохранить ту же надёжность.

2.2. КОНСТРУКЦИЯ КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛЕЙ И ОТДЕЛИТЕЛЕЙ

В установках 35 кВ применяют два полюса короткозамыкателя, при срабатывании которых создаётся искусственное двухфазное КЗ. В установках с заземлённой нейтралью (110 кВ и выше) применяется один полюс короткозамыкателя. Конструкция короткозамыкателя КЗ-35 показана на рис. 2.2. Привод короткозамыкателей имеет пружину, которая обеспечивает включение заземлённого ножа на неподвижный контакт, находящийся под напряжением. Импульс для работы привода подаётся от релейной защиты. Отключение производится вручную. При включении короткозамыкателя во избежание возникновения дуги и повреждения аппарата необходимо обеспечить большую скорость движения ножа. В существующих конструкциях время включения короткозамыкателя составляет 0,12…0,25 с [5].

Короткозамыкатели представляют собой аппараты вертикально-рубящего типа, состоящие из основания, изоляционной колонки, неподвижного контакта с выводом для присоединения к линии электропередачи и заземляющего ножа, на конце которого укреплена съёмная контактная пластинка. В основании короткозамыкателя размещён вал, установленный в подшипниках, две включающие пружины с регулировкой натяжения, соединённые с основанием и рычагами вала корот-

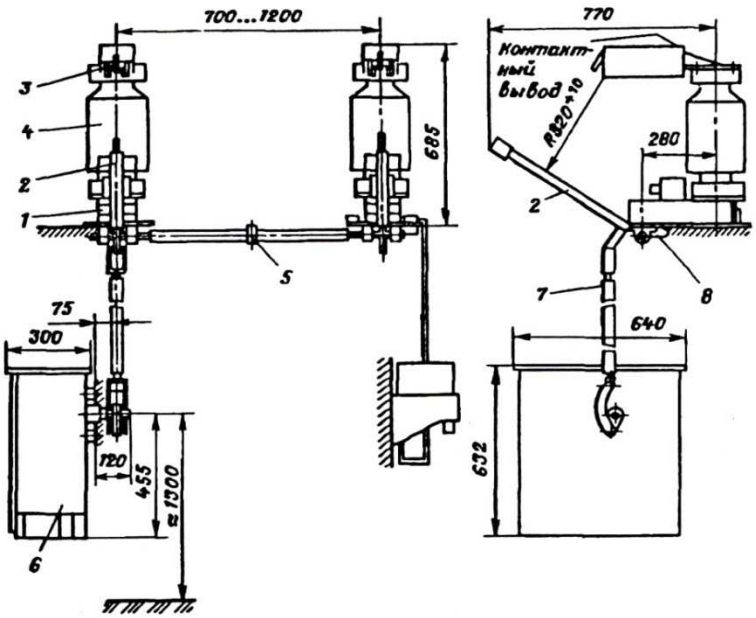


Рис. 2.2. Короткозамыкатель КЗ-35:
1 – основание; *2* – заземляющий нож; *3* – неподвижный контакт; *4* – изоляционная колонка; *5* – изоляционная вставка; *6* – привод ПРК-1; *7* – тяга; *8* – гибкая связь к заземляющей шине

козамыкателя, а также гидравлический буфер. Нормальное положение короткозамыкателя отключённое. При этом нож отведён от неподвижного контакта на разрядное расстояние, а его включающие пружины растянуты. Это положение ножа фиксируется приводом. При подаче сигнала на привод короткозамыкателя привод освобождает нож короткозамыкателя, который под действием пружины входит в неподвижный контакт, создавая короткое замыкание на землю.

Короткозамыкатели на 35, 154 и 220 кВ (табл. 2.1) выпускаются в исполнении У категории 1 по ГОСТ 15150–69 и 15543–70, КЗ-110У – в исполнениях У1 и Т1, КЗ-110 – в исполнении УХЛ1 [4].

Расчётный гололёд для КРН-35 – 10 мм.

Длительность протекания тока термической стойкости для КРН-35 – 4 с, для остальных – 3 с.

Короткозамыкатель КРН-35 имеет двухполюсное исполнение и его включение приводит к двухфазному КЗ на землю, остальные короткозамыкатели однополюсные.

Для короткозамыкателей КЗ-110У-Т1 время включения при гололёде не нормируется.

2.1. Основные данные короткозамыкателей

Характеристика	КРН-35	КЗ-110 (КЗ-110У)	КЗ-150 (КЗ-150У)	КЗ-220У
Амплитуда предельного сквозного тока, кА	42	51(32)	51(32)	51
Ток термической стойкости, кА	12,5	20(12,5)	20(12,5)	20
Время включения (до касания контакта), с:				
без гололеда	0,10	0,14(0,18)	0,20(0,23)	0,25
с гололедом до 20 мм	0,15	0,20(0,28)	0,28(0,35)	0,35
Угол отключения ножа, град	56	73(48)	71(47)	63
Допустимое тяжение провода, Н	490	784	784	784
Длина пути утечки, см	70	190(280)	260(390)	570
Габариты без привода, м:				
высота	0,66	1,43(1,34)	1,84	2,44
глубина (вдоль плоскости ножа)	0,83	1,25(1,33)	1,63(1,75)	1,99
ширина	1,2	0,3	0,6	0,6
Масса без привода, кг	48	150(210)	210(250)	210

Примечания: 1. В буквенной части обозначения: КЗ – короткозамыкатель; КРН – короткозамыкатель рубящего типа наружной установки; в цифровой части – номинальное напряжение, кВ, У – усиленная изоляция.

2. Данные в скобках относятся, соответственно, к КЗ-110У и КЗ-150У

Допустимое количество включений на КЗ без смены контактов – не менее пяти, из них не менее трёх на предельно допустимую амплитуду тока КЗ.

Отделители (рис. 2.3, 2.4) выполнены в виде однополюсных аппаратов с двумя опорно-поворотными изоляционными колонками. Поворот ножей при оперировании происходит в горизонтальной плоскости на угол 90°.

Рамой отделителей служит сварная конструкция из швеллеров, на концах которой закреплены чугунные основания. В основаниях на роликовых подшипниках вращаются рычаги, на которых установлены изоляционные колонки. На верхних фланцах колонок закреплены контактные ножи и контактные выводы. Отключение отделителей осуще-

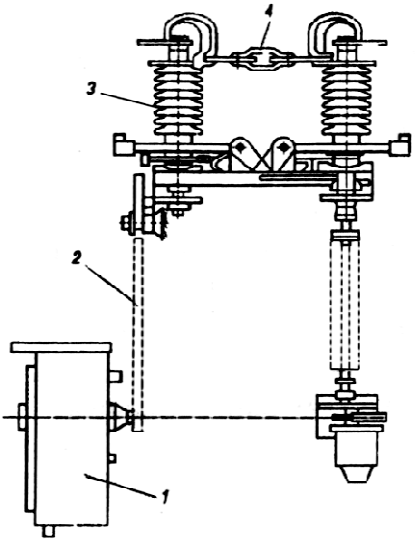


Рис. 2.3. Отделитель типа ОДЗ-35 с ножами заземления:
1 – шкаф управления; *2* – штанга; *3* – изолятор фарфоровый; *4* – ножи отделителя

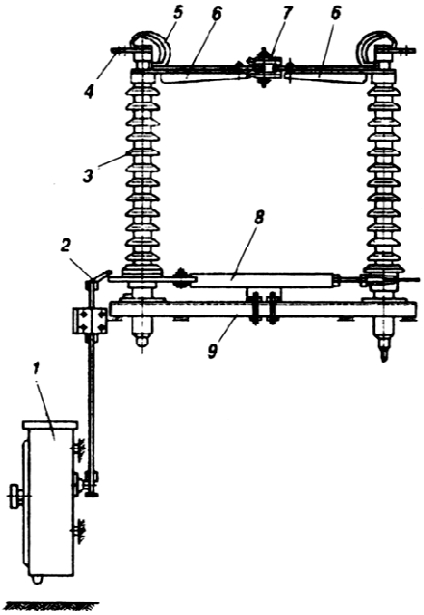


Рис. 2.4. Отделитель ОД-110/600:
1 – привод; *2* – система рычагов; *3* – изоляционные колонки; *4* – контактные выводы; *5* – гибкие связи; *6* – контактные ножи; *7* – контактные ламели; *8* – защитный кожух; *9* – цоколь

ствляется при помощи энергии пружин, запасаемой одновременно с включением отделителей. Отделители управляются при помощи ручных приводов ПРО-1, обеспечивающих автоматическое, дистанционное и местное отключение и ручное включение отделителей. Технические данные отделителей приведены в табл. 2.2.

2.2. Основные данные отделителей

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 гололёда	0,45	0,32	0,38	0,38	0,50
гололёд 15 мм	0,50	–	0,45	0,45	–
гололёд 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
Габариты (без привода), м:					
длина (вдоль полюса)	0,99	1,65	1,66(1,93)	1,99	2,44
ширина не менее	1,9	1,8	1,8	2,3	3,7
высота	0,87	2,04	1,48	2,04(2,64)	2,64
Масса полюса без привода, кг	76	106	270(290)	460(517)	540

Примечания: 1. В буквенной части обозначения: ОД – отделитель, З – наличие заземляющего ножа, У – усиленная изоляция (категория Б по ГОСТ 9920–75); в цифровой – числитель – номинальное напряжение, кВ; знаменатель (в таблице опущен) – номинальный ток, А.

2. Данные в скобках относятся к ОДЗ-110 и ОДЗ-150У, соответственно (в случаях когда таковые отличаются от данных для ОД-110 и ОД-150).

Отделитель ОД-110/800 выпускается в исполнении Т категории 1 по ГОСТ 15150–69 и 15543–70, ОД-110/1000 и ОДЗ-110/1000 в исполнении УХЛ категории 1, остальные отделители – в исполнении У категории 1.

Расчетный гололёд для отделителей 35 кВ – 10 мм.

Предельный сквозной ток (амплитуда) – 80 кА. Длительность протекания тока термической стойкости для главных ножей отделителя 35 кВ – 4 с, для остальных напряжений – 3 с, для заземляющих ножей всех отделителей – 1 с.

Токи, отключаемые отделителями, приведены в табл. 2.3.

Для аппаратов внутренней установки, имеющих изолирующие перегородки между полюсами, токи могут быть увеличены в 1,5 раза против указанных в табл. 2.3.

Установка аппаратов и порядок их оперативного использования должны соответствовать требованиям Сборника директивных материалов Главтехуправления Минэнерго СССР (электротехническая часть), Энергоатомиздат, 1985.

Данные табл. 2.3 не распространяются на присоединения 110 – 500 кВ, к которым подключены ограничители перенапряжения типа ОПН.

Отделители 35 – 220 кВ, оснащённые дутьевой приставкой ВНИИЭ, могут отключать намагничивающий ток трансформаторов любой мощности, а также (соответственно при напряжениях 35, 110 и 220 кВ) токи нагрузки 80, 50 и 110 А, зарядные токи ВЛ любой длины, длиной до 150 и 250 км, сравнительные токи до 180, 80 и 180 А.

Отделители по конструкции токоведущих частей не отличаются от разъединителей. Их контактная система не приспособлена для операций над рабочим током нагрузки. Основное назначение – быстрое отсоединение повреждённого участка электрической сети в бестоковую паузу. Допускаются также операции отключения и включения намагничивающих токов и зарядных токов. Для управления отделителями промышленностью допускаются полуавтоматические приводы ПРО-1У1. С помощью привода возможно отключение отделителей от устройства релейной защиты, дистанционно или с места установки, а также включение отделителей вручную. Ручное включение производится съёмной рукояткой, для чего необходимо сделать 35…40 оборотов за 50…60 с. При ручном включении отделителей одновременно заводятся и встроенные пружины. Запасаемая в них энергия пользуется затем для отключения отделителей. Процесс отключения длится не более 0,5 с.

В приводе ПРО-1У1 имеются два электромагнита отключения. Один из них, получающий питание от независимого источника тока, служит для оперативного отключения отделителей от ключа управления, второй, питаемый от батареи конденсаторов ёмкостью 40 мкФ, – для отключения релейной защитой при КЗ в момент так называемой «бестоковой паузы». При отключении отделителей электромагниты воздействуют на механизм свободного расцепления привода.

2.3. Токи, отключаемые и включаемые отделителями и разъединителями

Номинальное напряжение, кВ	Расстояние между осями полюсов, м	Наибольший отключаемый и включаемый токи, А		
		намагничивающий	зарядный	замыкание на землю
Наружная установка				
6	0,40	2,5	3,0	7,5
10	0,50	2,5	4,0	6,0
20	0,75	3,0	3,0	4,5
35	1,0	3,0	2,0	3,0
35	2,0	3,0	3,0	5,0
110	2,0	6,0/4,0	2,5/1,5	–
110	2,5	7,0/6,0	3,0/2,0	–
110	3,0	9,0/8,0	3,5/3,0	–
110	3,5	–/10,0	–/3,5	–
150	2,5	2,3/–	1,0/–	–
150	2,7	4,0/–	1,5/–	–
150	3,0	6,0/2,3	2,0/1,0	–
150	3,4/3,7	7,6/5,0	2,5/1,5	–
150	4,0	10/5,5	3,0/2,0	–
150	4,4	–/6,0	–/2,5	–
220	3,5	3,0/3,0	1,0/1,0	–
220	4,0	5,0/5,0	1,5/1,5	–
220	4,5	8,0/8,0	2,0/2,0	–
330	6,0	–/5,0	–/2,0	–
330 ПН/ПНЗ	6,0	3,5/4,5	1,0/1,5	–
500	7,5/8,0	5,0/6,0	2,0/2,5	–
500 ПН/ПНЗ	8,0/7,5	5,0/5,5	2,0/2,5	–
Внутренняя установка				
6	0,20	3,5	2,5	4,0
10	0,25	3,0	2,0	3,0
20	0,30	3,0	1,5	2,5
35	0,45	2,5	1,0	1,5
110	2,0	4,0	1,5	–
150	2,5	2,0	1,0	–
220	3,5	2,0	1,0	–

Примечание: 1. Для 110 кВ и выше в числителе – данные для аппаратов вертикально-рубящего типа, в знаменателе – горизонтально-поворотного. Для аппаратов 330 и 500 кВ (с обозначением ПН/ПНЗ) приведены данные, соответствующие разъединителям подвесному (числитель) и подвесному с опережающим отключением и отстающим включением полюса фазы В (знаменатель)

При автоматизации подстанций отделители используются не только для отключения электрических цепей, но также и для переключения подстанций на резервный источник питания. Переключение производится в бестоковую паузу, когда прохождение тока КЗ прервано отключением соответствующих выключателей. Для автоматического включения отделители заводского изготовления переделывают следующим образом. Обе колонки изоляторов вместе с ножами снимают, поворачивают у основания на 90° против нормального их вращения и в таком положении крепят к раме. Привод и встроенные пружины остаются в прежнем исполнении. В таком виде при разведении ножей встроенные пружины отделителя будут заводиться и действовать на включение при освобождении защёлки привода.

Отделители применяются в основном на подстанциях без выключателей со стороны ВН.

Надёжная работа установок обеспечивается чёткой последовательностью действий устройств релейной защиты, автоматики, коммутационных аппаратов, а также устройств блокировки между отделителями и короткозамыкателями по цепям управления.

В сетях 110 – 220 кВ короткозамыкатели выполняются однополюсными. Конструктивно короткозамыкатель типа КЗ-110 состоит из стержневого изолятора (в сетях 220 кВ – из двух стержневых изоляторов, поставленных один на другой) с расположенным на нём неподвижным контактом. Подвижный нож изоляционной тягой соединяется с пружинным приводом типа ПРК-1У1, встроенным в шкаф. Привод служит для завода включающих пружин короткозамыкателя, удержания ножа в отключённом положении и для ручного отключения включившегося ножа. Конструктивно привод ПРК-1У1 подобен приводу ПРО ТУ1, за исключением релейной части. В приводе ПРК-1У1 встроены электромагнит включения и три реле максимального тока типа РТМ.

В отключённом положении короткозамыкателя пружины привода заведены, и он готов к действию. Для включения короткозамыкателя защита повреждённого трансформатора подаёт оперативный ток на электромагнит включения, боёк которого через систему рычагов воздействует на защёлку, а нож включается. Время от момента подачи команды на электромагнит включения до полного замыкания контактов короткозамыкателя не превышает 0,35 с.

Отделители и короткозамыкатели открытой конструкции недостаточно надёжно работают в неблагоприятных погодных условиях (мороз, гололёд). В эксплуатации наблюдаются случаи их отказа в работе. Взамен этих конструкций разработаны отделители и короткозамыкатели с контактной системой, расположенной в закрытой камере, заполненной элегазом [5].

Короткозамыкатели КЭ-110 и КЭ-220 выполняются в виде одного полюса. Полюс КЭ-110 (рис. 2.5) состоит из основания *5* и контактной камеры *2*. В основании, изолированном от земли, расположен пружинный механизм включения и масляный буфер. Утечки элегаза компенсируются из баллона, связанного через фильтр с внутренней полостью контактной камеры. Давление контролируется по мановакуумметру. Пружинный привод ППК обеспечивает дистанционное включение и отключение короткозамыкателя. На заземляющей шинке *4* установлен трансформатор тока *7*.

Контактная камера короткозамыкателя (рис. 2.6) имеет один разрыв 90 мм и состоит из фарфорового корпуса и двух вертикально расположенных электродов. Неподвижный контакт *2* имеет вывод для

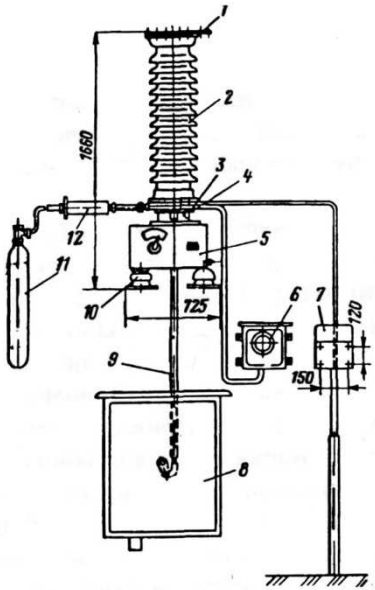


Рис. 2.5. Короткозамыкатель закрытого типа с элегазовым наполнителем КЭ-110:
1 – контактный вывод; *2* – контактная камера; *3* – гидравлический затвор; *4* – присоединение заземляющей шины; *5* – основание; *6* – мановакуумметр; *7* – трансформатор тока ТШЛ-0,5; *8* – привод; *9* – тяга; *10* – изолятор; *11* – баллон с элегазом; *12* – фильтр

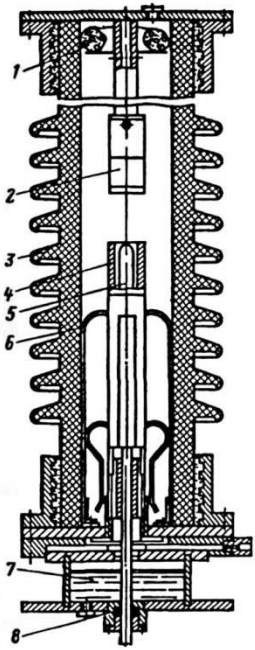


Рис. 2.6. Контактная камера короткозамыкателя КЗ-110:
1 – мешочек с нанкагелем; *2* – неподвижный контакт; *3* – фарфоровый корпус; *4* – экран; *5* – подвижный контакт; *6* – гибкая связь; *7* – масляный гидрозатвор; *8* – сальниковое уплотнение

присоединения токоведущей шины. Подвижный контакт через гибкие связи соединён с заземляющей шиной. Полость контактной камеры заполнена элегазом SF_6 с избыточным давлением 0,3 МПа. Как было сказано выше, элегаз обладает высокой электрической прочностью. При атмосферном давлении его прочность в 2–3 раза выше, чем у воздуха, а при давлении 0,3 МПа прочность элегаза сравнима с прочностью чистого трансформаторного масла. Элегаз не горит и не поддерживает горения, поэтому аппараты с элегазом не опасны в отношении взрыва и пожара. При снижении давления внутри камеры до атмосферного промежуток между контактами может выдерживать, не пробиваясь, наибольшее рабочее напряжение. Герметичность камеры обеспечивается прокладками из резиновых колец между фарфоровыми корпусами и металлическими фланцами (на рисунке не показаны) и гидравлическим затвором в месте прохождения подвижной тяги.

Нижний контакт представляет собой стержень, экранированный цилиндром. Неподвижный контакт розеточного типа. Ламели контакта от обгорания защищены экраном.

В короткозамыкателе КЭ-220 на 220 кВ две контактные камеры такой же конструкции.

Отделитель закрытого исполнения с элегазовым наполнением (рис. 2.7) предназначен для отключения и включения токов намагничивания силовых трансформаторов и зарядных токов линий. Отделитель ОЭ-110 обеспечивает автоматическое включение и отключение.

Три полюса установлены на общем основании *8*. Токоведущие провода присоединяются к контактным выводам на верхнем и среднем фланцах. Внутри контактной камеры находятся неподвижный контакт розеточного типа и полный подвижный контакт с экраном. Включение происходит за счёт силы пружин привода ППО. Давление в контактах создаётся за счёт сжатой пружины *4* и пружинящего розеточного контакта. Отключение происходит автоматически за счёт отключающих пружин, расположенных в основании отделителя.

Специальных устройств для гашения дуги не предусмотрено, так как элегаз обладает высокой электрической прочностью, а отделитель предназначен для отключения токов не более 20 А. Разрыв между контактами в отключенном положении 90 мм. Избыточное давление элегаза в контактной камере 0,3 МПа, но даже при утечке элегаза и снижении давления до атмосферного промежуток между контактами может выдерживать, не пробиваясь, наибольшее рабочее напряжение 126 кВ. Для герметичного уплотнения подвижной тяги при выходе из камеры используется масляный гидрозатвор *7* такой же конструкции, как в короткозамыкателе.

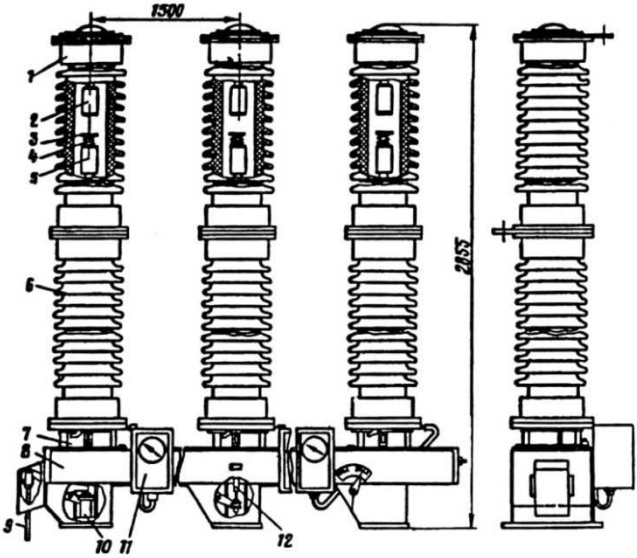


Рис. 2.7. Отделитель закрытый с элегазовым наполнением ОЭ-110/1000:
1 – верхний фланец; *2* – неподвижный контакт; *3* – экран; *4* – контактная пружина; *5* – подвижный контакт; *6* – изолирующая колонка; *7* – масляный гидрозатвор; *8* – основание; *9* – тяга к приводу; *10* – буфер; *11* – мановакуумметр; *12* – тяга к неподвижному контакту

Контактная камера отделителя 110 кВ является модулем для аппаратов на более высокое напряжение. Так, в отделителе 220 кВ должно быть две камеры.

Достоинствами короткозамыкателей и отделителей закрытого исполнения являются чёткая работа и малые времена включения (КЭ) и отключения (ОЭ).

2.3. УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ ОТДЕЛИТЕЛЕЙ И КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛЕЙ

На некоторых подстанциях, присоединённых к транзитным линиям электропередачи 35…220 кВ, вместо выключателя на стороне высшего напряжения устанавливают отделитель ОД и короткозамыкатель КЗ (рис. 2.8).

Они имеют дистанционное управление. У отделителя ОД для отключения применяется привод ШПО, на отключающую пружину ПрО которого воздействует электромагнит отключения ЭОО через защёлку 3.2 и специальное блокирующее реле отключения БРО. Последнее

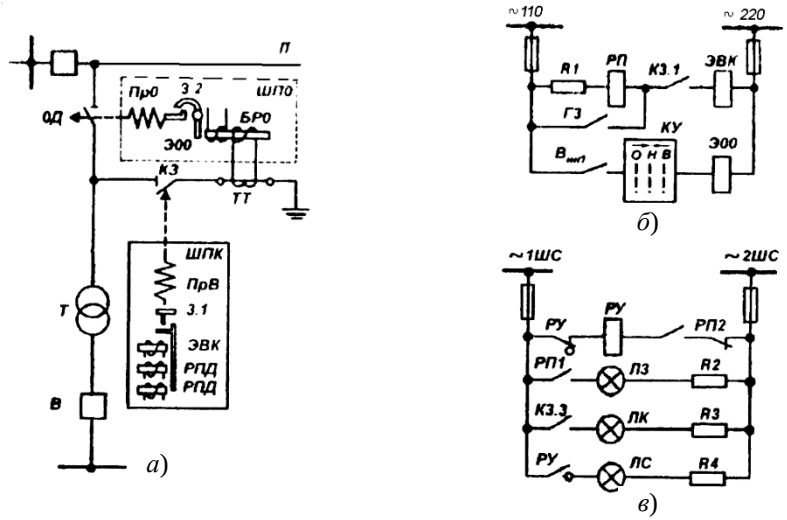


Рис. 2.8. Схема управления отделителей и короткозамыкателей:
а – схема однотрансформаторной подстанции; *б* – схема управления;
в – схема сигнализации

присоединяется к трансформатору тока ТТ короткозамыкателя КЗ. Включение отделителя производится вручную, при этом заводится отключающая пружина ПрО. У короткозамыкателя для включения применяется привод ШПК, на включающую пружину ПрВ которого через защёлку З.1 действует электромагнит включения ЭВК. Отключается КЗ вручную. На рисунке 2.8, *б* и *в* показаны упрощённые схемы управления и сигнализации ОД и КЗ. Из рисунка 2.8 *а*, *б* видно, что при включении с низшей стороны выключателя $В_{нн}$ вспомогательный контакт $В_{нн1}$ замкнётся. Ключом КУ при повороте его влево может быть дистанционно отключён приводом ЭОО отделитель ОД. Короткозамыкатель не является оперативным аппаратом и поэтому ключом КУ не управляется. В нормальных условиях обмотка электромагнита ЭВК обтекается незначительным током, недостаточным для его срабатывания. При этом контакт РП1 замкнут, горит зелёная лампа ЛЗ. При срабатывании на трансформаторе Т какой-либо защиты, например газовой при внутреннем повреждении трансформатора, её контактом ГЗ закорачивается резистор R1 и обмотка реле РП, ток в обмотке ЭВК значительно возрастает, в результата чего электромагнит ЭВК срабатывает и короткозамыкатель включается, создавая искусственное КЗ. Загорается красная лампа ЛК. На транзитной линии защита отключает КЗ с помощью выключателя В. При нарушении целостности цепи ЭВК загорается сигнальная лампа ЛС. В приводе короткозамыкателя могут

быть также встроены токовые реле непосредственного прямого действия РПД. После срабатывания короткозамыкателя автоматически отключаются линейный выключатель В, отделитель ОД, после чего с помощью устройства АПВ линии вновь включается выключатель В и таким образом восстанавливается электроснабжение по линии Л.

В таблице 2.4 приведены характеристики отключающих пружин отделителей различных напряжений, а в табл. 2.5 – некоторые параметры отделителей, короткозамыкателей и заземлителей.

2.4. Характеристики отключающих пружин отделителей различных напряжений

Характеристика	Напряжение, кВ			
	35	110	150	220
Наружный диаметр, мм	30/97	54	54/48	54/42
Диаметр проволоки, мм	4/6	6	6/8	6/6
Число витков:				
рабочих	12/5	47	47/46	52/30
полное	13,5/5	50	50/47,5	54/32
Длина пружины, мм:				
в свободном состоянии	105/36	306	306/559	330/198
при включённом отделителе	52/36	744	744/376	675/345
Ход пружины, мм	53/180	438	438/183	345/147
Расчётное усиление пружины, Н	618/29,4	1070	1070/2390	1058/1333

Примечания: 1. В числителе – данные основных пружин, в знаменателе – вспомогательных (отделитель 110 кВ имеет только одну пружину).

2. Основные пружины всех типов отделителей работают на растяжение; вспомогательная пружина отделителя 35 кВ работает на кручение, остальных типов отделителей – на сжатие.

3. Ход пружины указывает изменение в длине (угол закручивания), соответствующее развитию расчётного усилия (момента).

4. В качестве расчётного указано максимальное усилие (момент) по регулировочной диаграмме отделителя.

5. Для вспомогательной пружины отделителя 35 кВ вместо усилия пружины приведён вращающийся момент, Н·м, а вместо хода – соответствующий угол закручивания в градусах.

6. Длина пружин отделителя 220 кВ указана без учёта концевых полукольцевых изгибов (крепление пружин к отделителю).

2.5. Некоторые параметры отделителей, короткозамыкателей и заземлителей

Тип прибора	$U_н$, кВ	$I_н$, А	Сила тока термической устойчивости, I, кА	Амплитуда сквозного тока, кА	Полное время, с	
					включение	отключение
ОД-35/630	35	630	12 (10 с)	80	–	0,5
ОД-110м/630	110	630	12 (10 с)	80	–	0,5
ОДЗ-110м/630	110	630	12 (10 с)	80	–	0,5
КЗ-35	35	–	12,5 (4 с)	42	0,4	–
КЗ-110м	110	–	13,3 (3 с)	34	0,35	–
ЗОН-10м	110	400	6,3 (3 с)	–	–	–

2.4. КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛИ, РАЗЪЕДИНИТЕЛИ И ОТДЕЛИТЕЛИ ФИРМЫ «ЭЛВО»

Номинальное напряжение (в киловольтах) и ток (в амперах) приведены в типовых обозначениях (два числа, разделённые наклонной чертой). Например, в обозначении РРЧЗ-20/6300 МУЗ-20 – означает напряжение, 6300 – ток.

В обобщённых записях – РВРЗ, РДЗ, ОДЗ и т.д. – буква «З» означает наличие заземлителей.

Параметры стойкости заземлителей числено равно параметрам стойкости главных ножей.

Длительность предельного тока термической стойкости:

4 с – для отделителей 35 кВ;

3 с – для разъединителей на 10, 20, 35, 220 кВ;
отделителей на 110, 150, 220 кВ;

2 с – для разъединителей на 330, 500, 750 кВ общесхематичного исполнения;

1 с – для заземлителей (разъединителей и отделителей).

Обозначение условий эксплуатации.

Климатические условия:

У – для температур от +40 до –45 °С;

ХЛ – для температур от +40 до –60 °С;

УХЛ – для температур от +40 до –45 °С;

Т – для температур от +45 до –10 °С.

Условия размещения:
1 – на открытом воздухе;
2 – под навесом;
3 – в закрытых помещениях.

Отделители и короткозамыкатели, выпускаемые фирмой «ЭЛВО», представлены в табл. 2.6.

2.6. Отделители и короткозамыкатели, выпускаемые фирмой «ЭЛВО»

Тип продукции	Краткая техническая характеристика					Обозначение ТУ
	Полное время отключения (включения) без гололёда, с	Ток термостойкости, кА	Амплитуда предельного сквозного тока, кА	Масса, кг	Тип комплектующего привода	
Отделитель ОДЗ-35/630У1	0,45	12,5	80	76	ПР-У1	ТУ 16-521.091–75
Короткозамыкатель КРН-35У1	0,1	12,5	42	55	ПРК-1ХЛ1	ТУ 16-674.073–86

Заземлители – однополюсные аппараты, включаемые в нейтраль трансформаторов (в зависимости от режима работы нейтраль трансформаторов может быть заземлена и незаземлена). Принцип работы заземлителей аналогичен работе короткозамыкателя, но они включаются и выключаются вручную рычажным приводом типа ПРНУ-10.

Конструкция заземлителя приведена на рис. 2.9, а технические характеристики заземлителей различных типов – в табл. 2.7.

В комплекты поставки заземлителя входят:

- заземлитель;
- паспорт;
- техническое описание и инструкция по эксплуатации.

Для поддержания и крепления токоведущих частей разъединителей, отделителей и короткозамыкателей наружной установки используются опорно-штыревые и опорно-стержневые изоляторы. Последние изготавливаются цельными для напряжений до 110 кВ включительно. Для аппаратов напряжением выше 110 кВ колонки набирают из штыревых или стержневых изоляторов, устанавливаемых друг на друга.

2.7. Заземлители

Тип	Стойкость, кА		Высота, м	Масса, кг	$L_{ут}$, см	Тип привода
	электродинамическая (амплитуда)	термическая				
Внутренняя установка						
ЗР-10УЗ	235	90	–	37	–	ПЧ-50
ЗР-24УЗ	235	90	–	42	–	ПЧ-50
ЗР-35УЗ	235	90	–	44	–	ПЧ-50
Наружная установка						
ЗОН-110М-IУ1	16	6,3	1,49	101	190	ПРН-11
ЗОН-110М-IIУ1	16	6,3	1,21	72	190	ПРН-11
ЗОН-110М-IУ1	16	6,3	2,0	144	280	ПРН-11
ЗОН-110У-IIУ1	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

Примечания: 1. Обозначение типа заземлителя: буквенная часть: З – заземлитель, Р – рубящего типа, О – однополюсный, Н – наружной установки, М – модернизированный, У – с усиленной изоляцией (Б по ГОСТ 9920–75); цифровая часть: номинальное напряжение, кВ; 1, 2, а также I и II – варианты исполнения (1 – размещение на неподвижном тракте подвесного разъединителя, 2 – на трансформаторе тока), У1 и У3 – исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150–69 и 15543–70.

2. Заземлители 330…750 кВ не имеют собственной опорной изоляции и предназначаются для заземления неподвижных контактов подвесных разъединителей. Заземлители 110 кВ предназначены для заземления нейтралей силовых трансформаторов и имеют собственную опорную изоляцию.

3. Допустимая продолжительность протекания тока термической стойкости для заземлителей ЗР – 1 с, для ЗОН – 3 с.

4. Допустимое тяжение провода для заземлителей ЗОН – 784 Н.

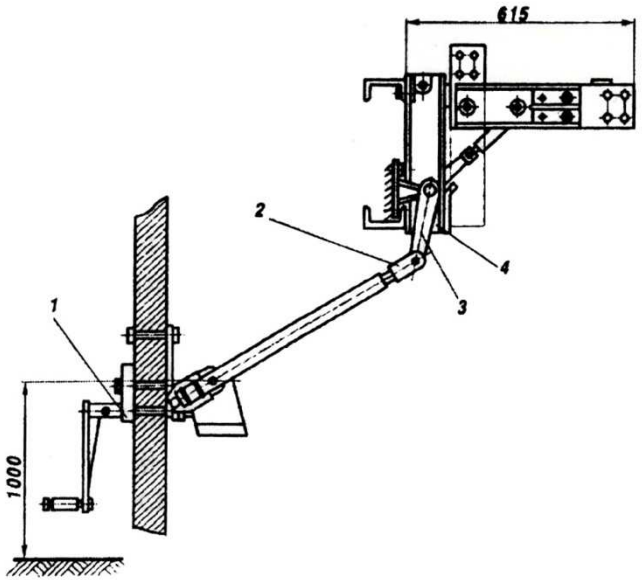


Рис. 2.9. Заземлитель ЗОВ-20:
1 – привод; *2* – вилка; *3* – рычаг; *4* – заземлитель

Надёжность работы изоляторов определяется их электрической и механической прочностью. Они не должны терять изоляционных свойств при изменяющихся атмосферных условиях (тумане, дожде, снеге, гололёде) и должны выдерживать воздействие рабочих ударных нагрузок, электродинамических сил, тяжений проводов.

В электрическом отношении опорно-стержневые изоляторы весьма надёжны и электрическим испытаниям в эксплуатации не подвергаются.

Механическую прочность опорно-стержневых изоляторов разъединителей и отделителей напряжением 35…220 кВ проверяют испытаниями на изгиб. Испытания изоляторов 35…110 кВ производят путём стягивания двух изоляторов одного полюса аппарата при развёрнутом на 180° положении полуножей, так как изгибающее усилие при включении действует в сторону ошиновки.

3. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ

3.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

Стоимость выключателей с приводами довольно велика. С учётом необходимых для управления выключателем трансформаторов тока и устройств релейной защиты стоимость современного распределительного устройства получается очень высокой.

Если длительный ток установки невелик (400…600 А при напряжении 10 кВ), вместо выключателя с релейной защитой целесообразно использовать выключатель нагрузки и предохранители.

Выключатель нагрузки представляет собой трёхполюсный коммутационный аппарат переменного тока для напряжения свыше 1000 В, рассчитанный на отключение рабочего тока (порядка номинального продолжительного) и снабжённый приводом для неавтоматического или автоматического управления [2, 3, 4].

Выключатели нагрузки предназначены для включения отдельных участков электрической цепи высокого напряжения при токах нагрузки до нескольких сотен ампер и при отсутствии тока, для защиты электрических сетей от токов короткого замыкания. В этом последнем случае к раме выключателей последовательно присоединяются предохранители типа ПК или ПКТ напряжением 6…10 кВ. Выключатели нагрузки без предохранителей применяются в маломощных сетях, например сельских, в виде самостоятельного коммутационного аппарата. Выключатели нагрузки допускают коммутацию батарей конденсаторов мощностью до 400 кВ·А.

Основные технические характеристики
выключателя нагрузки на 6…10 кВ:

Номинальное напряжение, кВ …….	6…10
Номинальный ток, А ……..……..	400; 200
Предельный сквозной ток, кА:	
амплитудное значение ……	30
действующее значение ……..	17,3
Десятисекундный ток термической стойкости, кА ……..	6
Габаритные размеры, мм:	
длина ……	930
высота ……..	400
ширина ……	608
Масса, кг ……	36
Тип привода ……...……	ПР-17; ПРА-17

Выключатель нагрузки имеет ДУ небольшой мощности для отключения номинальных токов. В случае КЗ используется высоковольтный предохранитель. В выключателях нагрузки для гашения дуги применяются камеры с автогазовым, электромагнитным, элегазовым дутьевым и вакуумными элементами.

При включении выключателя сначала замыкаются дугогасительные контакты, затем главные, при отключении – наоборот. В отключённом 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).

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 ВНП 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.

3.2. АВТОГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ

Выключатель нагрузки типа ВН-16. Автогазовый включатель (выключатель нагрузки) типа ВН-16 (общий вид) на 6 и 10 кВ, номинальный ток отключения соответственно 400 и 200 А (в отдельных случаях до 800 А) и мощность отключения 4 и 3 МВ·А и дугогасительное устройство показаны на рис. 3.1.

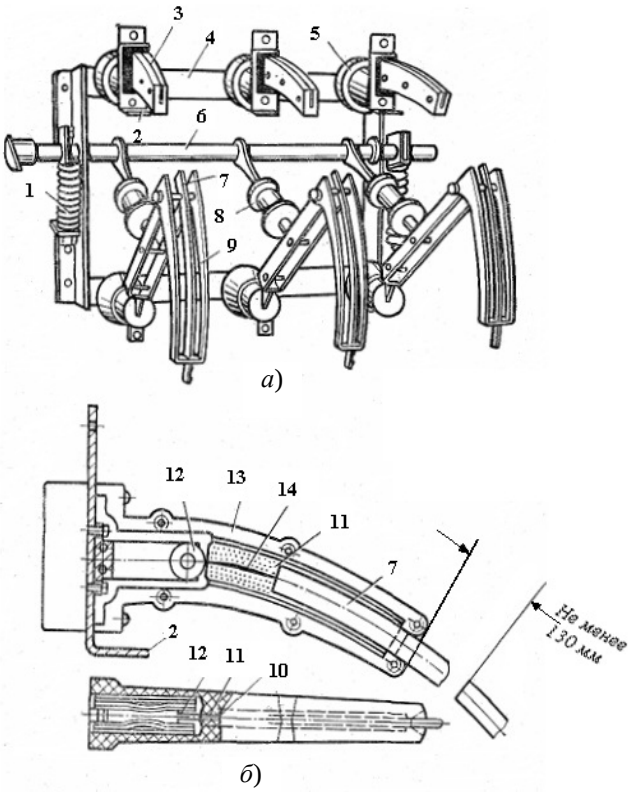


Рис. 3.1. Автогазовый выключатель нагрузки ВН-16:
а – общий вид; *б* – дугогасительное устройство продольного дутья; *1* – отключающие пружины (включающие – после перестановки рычага для использования при АВР); *2* – основные неподвижные контакты; *3* – дугогасительные камеры; *4* – рама; *5* – опорные изоляторы; *6* – общий приводной вал; *7* – дугогасительные контакты; *8* – изоляционные тяги; *9* – основные подвижные контакты; *10* – вкладыши в дугогасительном устройстве; *11* – щель, образуемая вкладышами; *12* – дугогасительные неподвижные контакты; *13* – пластмассовые щёки; *14* – дуга

На общей раме *4* на опорных изоляторах *5* смонтированы дугогасительные камеры *3* с неподвижными контактами – основными *2* и дугогасительными *12* и подвижные контакты – основные *9* и дугогасительные *7*. Все три полюса имеют общий приводной вал *6*, связанный с полюсами изоляционными тягами *8*. Привод применяется ручной или электромагнитный. Отключение осуществляется двумя отключающими пружинами *1*. Дугогасительная камера выполнена из двух пластмассовых щёк *13*, внутри которых заложены вкладыши *10* из органического стекла. Вкладыши образуют узкую щель *11*, в которой движется дугогасительный контакт. При отключении образующаяся между дугогасительными контактами дуга *14* вызывает интенсивное газовыделение из стенок вкладышей. Давление в камере возрастает. Выход газов возможен только через щель между подвижным контактом и стенками камеры. Таким образом, образуется интенсивное продольное обдувание дуги и происходит её гашение. Такие дугогасительные камеры недолговечны, поэтому используют камеры со сменными вкладышами.

В дугогасительных камерах из органического стекла позволяют отключать без замены вкладышей 300 раз ток 50 А, 200 раз ток 100 А, 75 раз ток 200 А и 3 раза ток 400 А.

Выключатели нагрузки (ВН) монтируют в камерах стационарных одностороннего (КСО-366) и двустороннего (КСО-386) обслуживания, в проходных и тупиковых комплектных трансформаторных подстанциях 6…10/0,4 кВ мощностью 400…2500 кВ·А киоскового типа.

Выключатель нагрузки типа ВН-10 представлен на рис. 3.2.

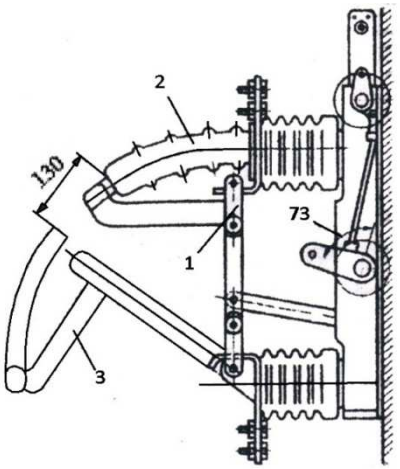


Рис. 3.2. Выключатель нагрузки ВН-10:
1 – система главных контактов;
2 – дугогасительное устройство;
3 – система дугогасительных подвижных контактов

Техническая характеристика выключателя нагрузки ВН-10

Номинальное напряжение, кВ …….	10
Номинальный ток, А ……	400
Среднеквадратичное значение тока за время его протекания (ток термической стойкости), кА ……	10

Выключатель нагрузки ВН-11 У3 (Т3) – трёхполюсный автогазовый выключатель в тропическом (ВН-11 Т3) и в обычном (ВН-11 У3) исполнениях.

Выключатель обеспечивает включение и отключение тока холостого хода и тока нагрузки трёхфазных трансформаторов мощностью от 160 до 2500 кВ·А.

Устройство и работа. Выключатель нагрузки ВН-11 У3(Т3) состоит из сварной рамы *1* (рис. 3.3), на которой установлены шесть изоляторов типа ОМБ-11(Т). В раме на латунных подшипниках установлен вал *2* выключателя. На трёх изоляторах закреплены контактные ножи *4*, а на остальных – неподвижный главный и дугогасительный контакты и дугогасительная камера *6*.

Движение от рычагов вала к контактным ножам передаётся при помощи изоляционных тяг *5*.

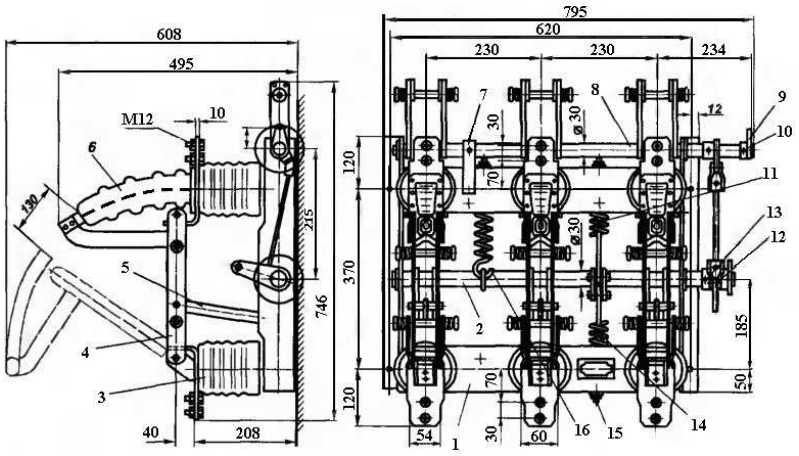


Рис. 3.3. Выключатель нагрузки типа ВН-11 У3 (Т3):
1 – рама; *2* – вал; *3* – изолятор; *4* – контактный нож; *5* – изоляционная тяга; *6* – дугогасительная камера; *7* – гибкая связь; *8* – заземляющие ножи; *9, 12* – рычаг; *10, 13* – шрифт; *11, 16* – отключающая пружина; *14* – пружинный буфер; *15* – гайка; *17* – рычаг блокировки

Для отключения выключателя между рычагами вала и рамой установлены две отключающие пружины *11* и *16*, а для смягчения ударов при отключении установлен пружинный буфер *14*.

Размыкаются дугогасительные контакты в дугогасительных камерах, выполненных из пластмасса и имеющих вкладыши из органического стекла. Камерам и вкладышам придана дугообразная форма, что даёт возможность входить в них подвижному дугогасительному контакту, который связан с контактными ножами с помощью металлических стоек.

При включении выключателя сначала замыкаются дугогасительные контакты, а затем главные, а при отключении сначала размыкаются главные контакты, а затем – дугогасительные.

В отключённом положении подвижный дугогасительный контакт образует видимый воздушный зазор с дугогасительной камерой.

При включении между дугогасительными контактами образуется дуга. Под действием высокой температуры дуги органическое стекло выделяет большое количество газов, поток которых гасит дугу.

Выключатель выполняется в двух вариантах в зависимости от присоединения привода (справа или слева), что оговаривается в заказе. При отсутствии такой оговорки поставляются выключатели с правым расположением привода.

Кинематическая схема выключателя ВН-11 УЗ(Т3) приведена на рис. 3.4.

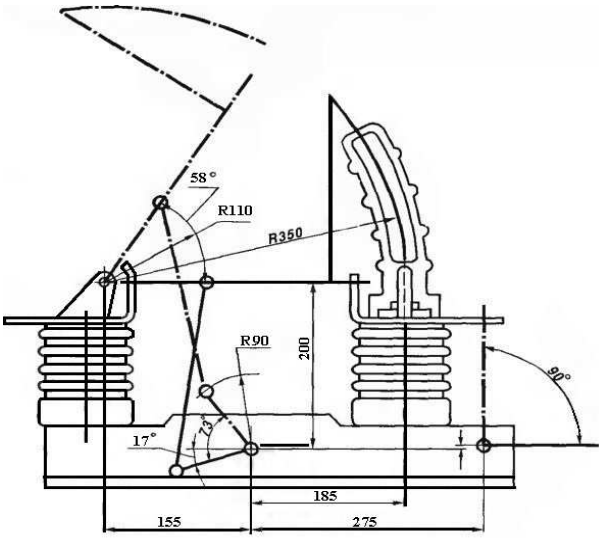


Рис. 3.4. Кинематическая схема выключателя ВН-11 УЗ(Т3)

Выключатель нагрузки снабжён стационарными заземляющими ножами *8*, представляющими собой сварной узел, состоящий из вала и приваренных к нему контактных пластин с приклёпанными медными контактами. Ножи заземляют верхние или нижние главные контакты выключателя, в зависимости от расположения ножей.

Конструкция выключателя позволяет устанавливать заземляющие ножи сверху или снизу его, что должно оговариваться в заказе. При отсутствии такой оговорки поставляются выключатели с верхним расположением ножей заземления.

Вал заземляющих ножей и вал выключателя связаны блокировкой, не позволяющей включать ножи заземления при включённом выключателе и выключатель при включённых ножах заземления. При отключённом выключателе ножи можно включать и отключать. Вал заземляющих ножей и рама выключателя соединены гибкой связью *7*.

Технические характеристики выключателя ВН-11 УЗ (ТЗ)

Номинальное напряжение, кВ:	
тропическое исполнение ……	6…11
обычное исполнение ……..	6…10
Номинальный ток, А …….....	400; 200
Отключаемый и включаемый ток (при cos φ > 0,7), А ……..	400; 200
Наибольший отключаемый ток (при cos φ > 0,7), А ……..	630; 400
Предельный сквозной ток, кА ……..	80
Предельный ток термической стойкости для промежутка времени 1 с, кА ……...	31,5
Частота, Гц ……..	50
Масса выключателя, кг …….	70

Выключатели нагрузки типа ВНПрА-10-630/20 УЗ (рис. 3.5).

Конструкция выключателя нагрузки имеет по сравнению с выключателями, выпускаемыми промышленностью в настоящее время, следующие преимущества:

– вертикальное расположение контактов, позволяющее уменьшить глубину камер;

– более высокую эксплуатационную надёжность за счёт применённой новой конструкции дугогасительной камеры;

– возможность установки в ТП, КТП и в камерах серии КСО-366, КСО-386 и других типов взамен устаревших образцов выключателей нагрузки.

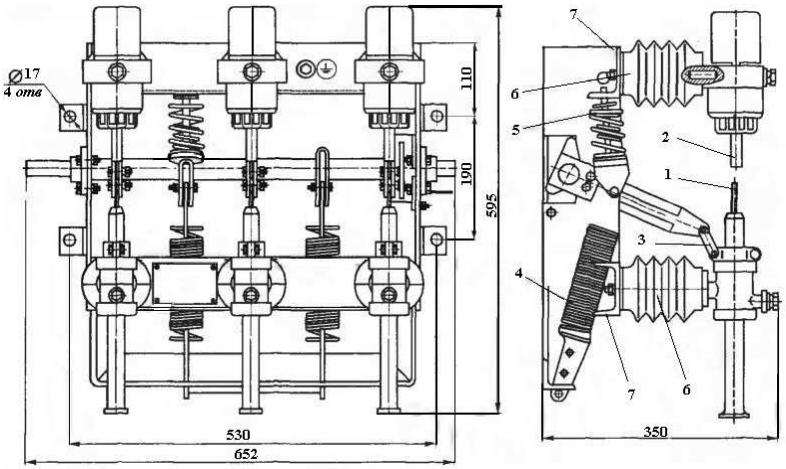


Рис. 3.5. Выключатель нагрузки типа ВНПрА-10-630/20 У3:
1 – подвижный контакт; *2* – неподвижный контакт (из твёрдого сплава);
3 – поводок подвижного контакта; *4* – пружина отключения выключателя;
5 – демпфер пружинный; *6* – опорные изоляторы; *7* – рама выключателя

Основные характеристики
выключателя нагрузки ВНПрА-10-630/20 У3

Номинальное напряжение, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12
Номинальный ток, А	630
Наибольший отключаемый ток нагрузки, А	800
Предельный сквозной ток КЗ, кА:	
амплитудное значение	51
действующее значение	20
Двухсекционный ток термической устойчивости, кА	20
Скорость движения контактов, м/с:	
на включение	5,0
на отключение	3,0

Выключатель нагрузки типа ВНП-10 (рис. 3.6).

Условия эксплуатации выключателя нагрузки:

– температура окружающего воздуха от –45 до +40 °С;

– окружающая среда не взрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и паров, а также производственной пыли в количествах, нарушающих работу выключателя;

– рабочее положение в пространстве – установка на вертикальной плоскости;

– высота над уровнем моря не более 1000 м;

– климатическое исполнение – У;

– категория размещения – 2.

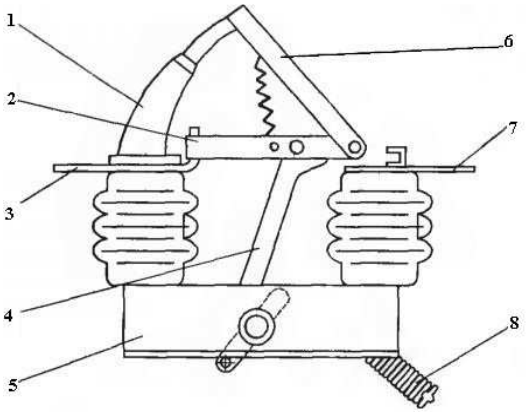


Рис. 3.6. Выключатель нагрузки типа ВНП-10:
1 – дугогасительная камера; *2* – главный контакт; *3* и *7* – линейные контакты; *4* – тяга контактной системы; *5* – рама; *6* – дугогасительный контакт; *8* – отключающая пружина

Технические характеристики выключателя нагрузки ВНП-10

Номинальное напряжение, кВ ……	10
Номинальный ток, А ……	630
Номинальное начальное значение периодической составляющей сквозного тока короткого замыкания, кА ……	20
Масса, не более, кг ……	40
Габаритные размеры, мм …….....	630×442×480

ТУ 3414-001-00110473–95; ТИ-043–95

Выключатель нагрузки типа ВНПР-10/630-16 У3 (рис. 3.7) (изготовитель – «Укрэлектроаппарат») предназначен для работы в комплектных распределительных устройствах (КРУ), камерах стационарных одностороннего обслуживания (КСО), шкафах комплектных трансформаторных подстанций (КТП) внутренней установки на класс напряжения до 10 кВ трёхфазного переменного тока частоты 50 и 60 Гц для систем с заземлённой и изолированной нейтралью.

Технические характеристики
выключателя нагрузки ВНПР-10/630-16 У3

Номинальное напряжение, кВ ……	10
Номинальный ток, А ……	630
Номинальный ток электродинамической стойкости, кА ……..	41
Ток термической стойкости в течение 1 с, кА ……..	16
Масса, кг ……	40

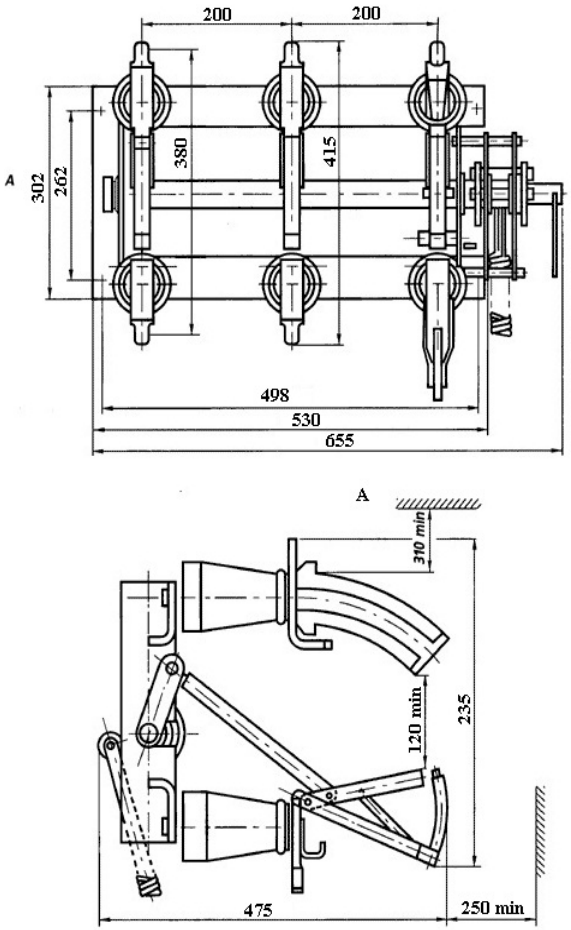


Рис. 3.7. Выключатель нагрузки типа ВНПР-10/630-16 У3

3.3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ

Выключатели нагрузки с предохранителями 6 – 10 кВ и с заземляющими ножами. Повышение сложности конструкции выключателей нагрузки позволяет увеличить возможности их применения.

Выключатели нагрузки типов ВНз-16, ВНПз-16, ВНПзп-16, ВНПз-17 и ВНПзп-17 отличаются от выключателей типов ВН-16, ВНП-16 и ВНП-17 наличием стационарных заземляющих ножей. Ножи заземления у выключателей типа ВНз-16 могут заземлять верхние и нижние выводные контакты. Их устанавливают над или под выводными контактами (рис. 3.8 – 3.10).

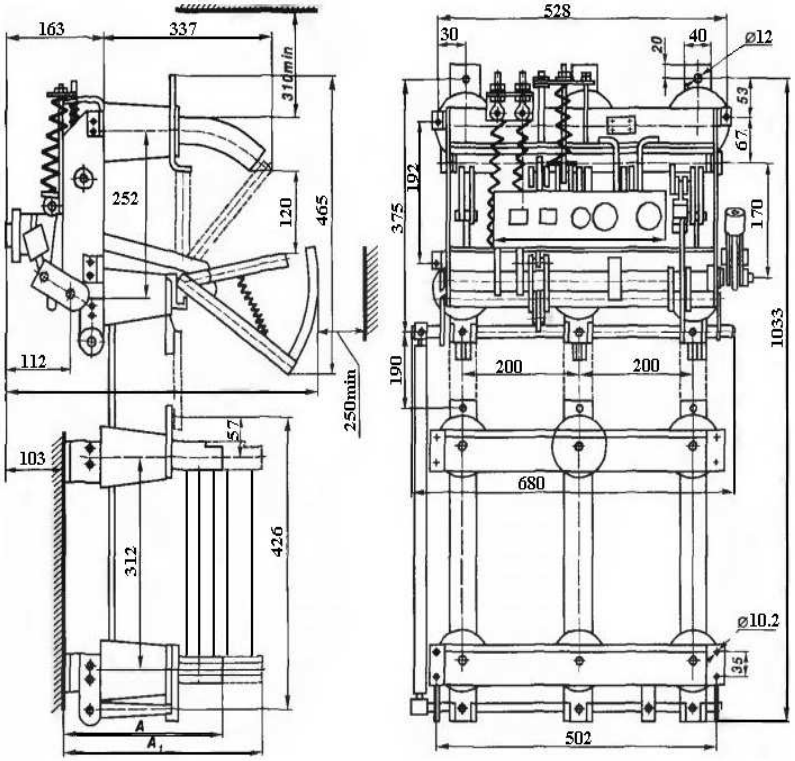


Рис. 3.8. Выключатель нагрузки типа ВНП-10/630-20з УЗ (с передним расположением предохранителей)

Полураму с предохранителями у выключателей типа ВНПз-16 и ВНПз-17 устанавливают с противоположной стороны от ножей заземления. У выключателей нагрузки типа ВНПзп-16 и ВНПзп-17 заземляющие ножи размещают на полураме с предохранителями. Раму устанавливают сверху или снизу основных контактов. Управление ножами заземления осуществляется отдельным приводом, расположенным с противоположной стороны от привода выключателя. Вал заземляющих ножей и вал выключателя связаны блокировкой, не позволяющей включение ножей заземления при включённом выключателе, а также включение выключателя при включённых заземляющих ножах.

В обозначении выключателя буквы означают: В – выключатель; Н – нагрузки; П – наличие встроенного предохранителя; З (ВНз-16) – наличие заземляющих ножей на вводе; зп (ВНзп-16) – наличие заземляющих ножей за предохранителем.

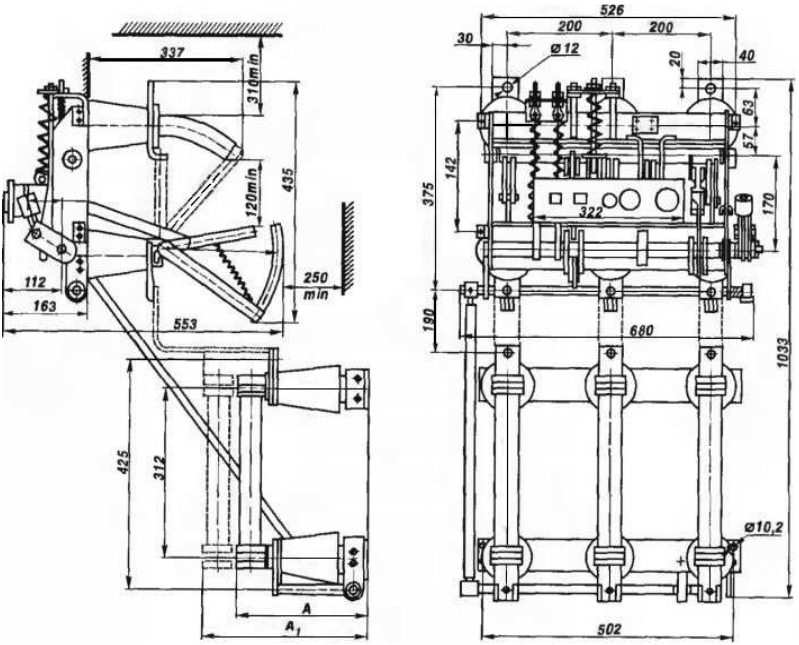


Рис. 3.9. Выключатель нагрузки типа ВНП-10/630-20 (с задним расположением предохранителей)

$I_{ном}$= 400 А при 6 и 200 А при 10 кВ; наибольший $I_{отк}$ ВН-3 – 400 А, ВН-16 (ВНП-16) и ВН-17 (ВНП-17) – 800 А при 6 и 400 А при 10 кВ.

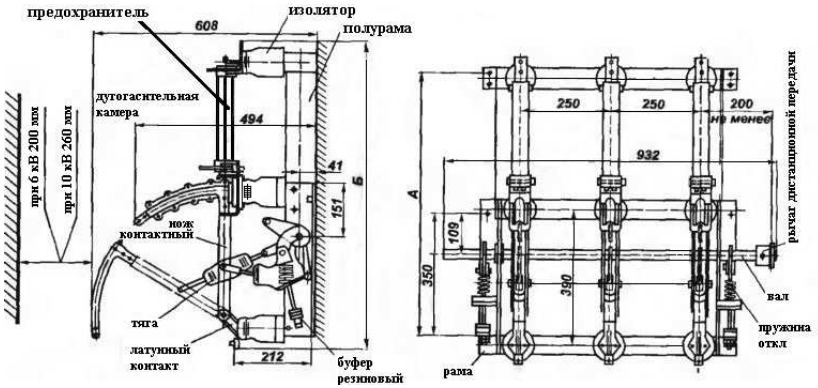
$I_{ном}$ плавких вставок предохранителей: 2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20; 32; 50; 80; 100; 160; 200 А.

Типы выключателей нагрузки и их технические характеристики приведены в табл. 3.1 и 3.2.

Для управления ВН применяются: ручной привод ПР-17 (масса 5,7 кг), ручной привод с дистанционным отключением ПРА-17 (7,2 кг) или электромагнитный привод ПЭ-11С (55 кг); управление ножами заземления приводом ПР-10.

Выключатели нагрузки типа ВНР-10 (с предохранителями 6 – 10 кВ и заземляющими ножами). В зависимости от конструктивного исполнения выпускают следующие выключатели: ВНР-10/400-10з УЗ, ВНРп-10/400-10з УЗ, ВНРп-10/400-10зп УЗ, ВНРн-10/400-10з УЗ, ВНРп-10/400-10зп ЗУЗ.

В обозначениях выключателей буквы и цифры означают: В – выключатель; Н – нагрузки; Р – с ручным приводом; п – с предохранителем ПКТ; 10 – номинальное напряжение, кВ; 400 – номинальный ток, А;



Тип предохранителя	Размеры, мм	
	А	Б
ПК-6/30	707	876
ПК-6/75	752	921
ПК-6-150	752	921
ПК-10/30	807	976
ПК-10/50	852	1021
ПК-10/100	852	1021

Рис. 3.10. Выключатель нагрузки типа ВНП-16 (предохранители расположены выше выключателя, находятся под напряжением, когда ВНП отключён)

10 – номинальная периодическая составляющая сквозного тока КЗ, кА; з – с заземляющими ножами; второе п – с заземляющими ножами, расположенными за предохранителями; З – устройство для подачи команды на отключение при перегорании предохранителя; У – климатическое исполнение; 3 – категория размещения.

Все выключатели нагрузки имеют заземляющие ножи, расположенные сверху или снизу выключателя либо за предохранителями ПКТ. Выключатели могут быть снабжены дополнительным устройством для подачи команды на отключение при перегорании предохранителя.

Предохранители ПКТ установлены на полураме, крепящейся к раме выключателя с противоположной стороны ножей заземления, т.е. если ножи заземления сверху выключателя, то полурама с предохранителями снизу, и наоборот. Ножи заземления приварены к валу, который с помощью дополнительных конструкций прикреплён к раме выключателя. Управление заземляющими ножами производят ручным приводом ПР-10, причём изоляционные тяги вначале размыкают главные, а затем дугогасительные контакты (размыкаются они в камерах).

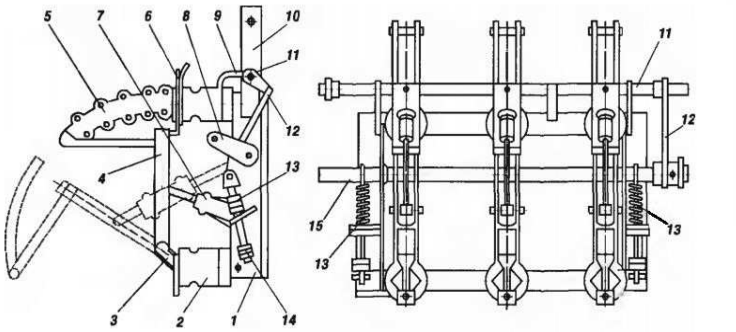
3.1. Выключатели нагрузки (ГОСТ 17717–79)

Тип выключателя	$U_{ном}$, кВ	Тип предохранителя	$I_{ном}$ предохранителя, А	Наибольший $I_к$ отключаемый предохранителем, кА	Аварийный ток выключения, кА*	Масса (без привода), кг
ВНП-3	3	ПК-3	80	31,5	20/20	50
			200	31,5	12/20	55
ВН-16	6	–	–	–	3/5	36
	10	–	–	–	2,5/5	36
ВНП-16	6	ПК-6	50	20	20/20	62
			80	20	10/20	64
			160	20	6/10	78
ВНП-16	10	ПК-10	32	12,5	9/10	52
			50	12,5	6/10	65
			100	12,5	6/6,5	79
ВНП-17	6	ПК-6	50	20	20/20	62
			80	20	10/20	64
			160	20	6/10	78
ВНП-17	10	ПК-10	32	12,5	9/10	52
			30	12,5	6/10	65
			80	12,5	6/6,5	79

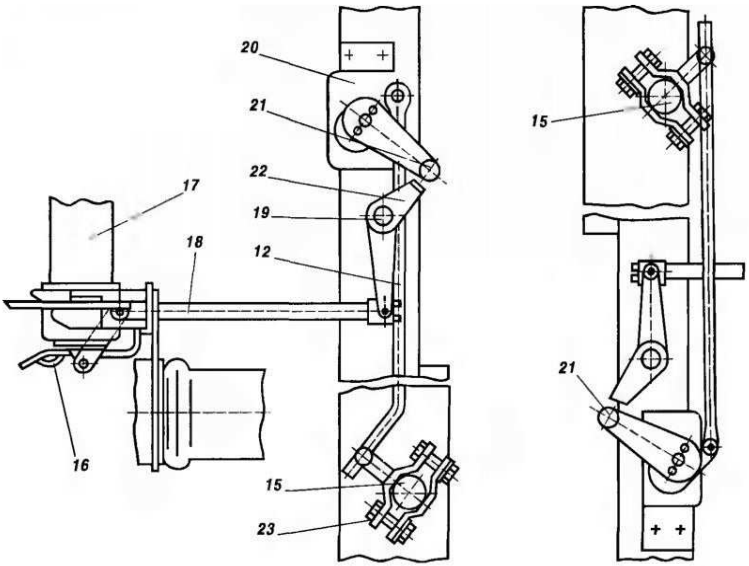
* В числителе – при ручном приводе, в знаменателе – при электромагнитном.

3.2. Краткая техническая характеристика выключателей нагрузки типов ВНз-16, ВНПз-16, ВНПзп-16, ВНПз-17 и ВНПзп-17

Показатели	Тип выключателя				
	ВНз-16	ВНПз-16	ВНПзп-16	ВНПз-17	ВНПзп-17
Номинальное напряжение, кВ	6, 10	10			
Номинальный ток, А	400, 200	150	В зависимости от типа предохранителя		
Номинальный ток отключения, А	–	200…300			
Масса, кг	36	57…70	61…79	56…72	63…80
Тип привода	ПР-17; ПРА-17				



а)



б) *в*)

Рис. 3.11. Выключатель нагрузки ВНР-10/400-10з:
а – внешний вид выключателя; *б*, *в* – устройство для его отключения при установке полурамы над и под выключателем:
1 – рама; *2* – опорный изолятор; *3* – контакт; *4* – держатель ножей; *5* – дугогасительная камера; *6* – дугогасительные контакты; *7* – изоляционная тяга; *8* – рычаг; *9* – соединитель; *10* – заземляющий нож; *11* – вал; *12* – тяга; *13* – пружина; *14* – амортизирующая шайба; *15* – вал; *16* – флажок; *17* – предохранитель; *18* – тяга; *19* – релейный валик; *20* – корпус; *21* – ролик; *22* – защёлка

Выключатель нагрузки ВНР-10/400-10з (рис. 3.11) состоит из сварной рамы *1*, на которой установлены шесть опорных изоляторов *2*. На нижних изоляторах закреплены контакты *3* с держателями основных ножей *4*, а на верхних – главные *6* и дугогасительные контакты, закрытые дугогасительными камерами *5*. Движение от вала выключателя к ножам передаётся с помощью рычага *8* и изоляционной тяги *7*. Специальные пружины *13*, снабжённые амортизирующими резиновыми шайбами *14*, обеспечивают необходимую скорость при отключении выключателя. Для заземления выключателя предусмотрены заземляющие ножи *10*, соединённые с рамой выключателя гибкими соединителями *9* и приводимые в действие валом *11* заземляющего устройства.

Для включения выключателя его вал *15* поворачивается (при перемещении рукоятки включающего рычага привода снизу вверх) и с помощью изоляционных тяг включает контактные ножи. При отключении вал поворачивается под действием отключающих пружин (перемещением отключающего рычага сверху или дистанционно от кнопки с замыкающимися контактами).

Выключатель может быть снабжён устройством для его отключения при сгорании предохранителя *17* (рис. 3.11, *б*), которое связывает вал *15* выключателя с вспомогательными контактами (типа КСА) *20* с помощью тяги *12*, прикрепляемой к валу хомутами *23*. Флажок *16* при перегорании предохранителя *17* через тягу *18*, релейный валик *19* и защёлку *22* действует на ролик *21* контактов КСА, которые подают команду на отключение выключателя.

Наибольшая длительность протекания тока термической стойкости 1 с.

Длина и масса выключателей зависят от типа встроенного предохранителя. В выключателях применяются следующие типы предохранителей (в скобках – соответствующие номинальные токи плавкой вставки, А): ПК1-6 (2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20; 32), ПК2-6 (32, 40, 50, 80), ПК3-6 (80, 100, 160), ПК1-10 (2; 3,2; 5; 8; 10; 16; 20; 32), ПК2-10 (32, 40, 50), ПК3-10 (50, 80, 100); выключатели ВНРп-10/400-10з3 и ВНРп-10/400-10зп3 не комплектуются предохранителями типа ПК3-10 на 100 А.

Климатическое исполнение и категория размещения всех выключателей – У3 по ГОСТ 15150–69 и 15543–70.

На рисунке 3.12 приведены выключатели нагрузки типов ВНР-10/400-10з, а в табл. 3.3 – технические характеристики этих выключателей.

Выключатель нагрузки типа ВНП-М1-10/630-20. Нальчинский завод высоковольтной аппаратуры выпускает выключатель нагрузки автогазовый типа ВНП-М1-10/630-20 со встроенным пружинным приводом, с ручным заводом для местного и дистанционного управления

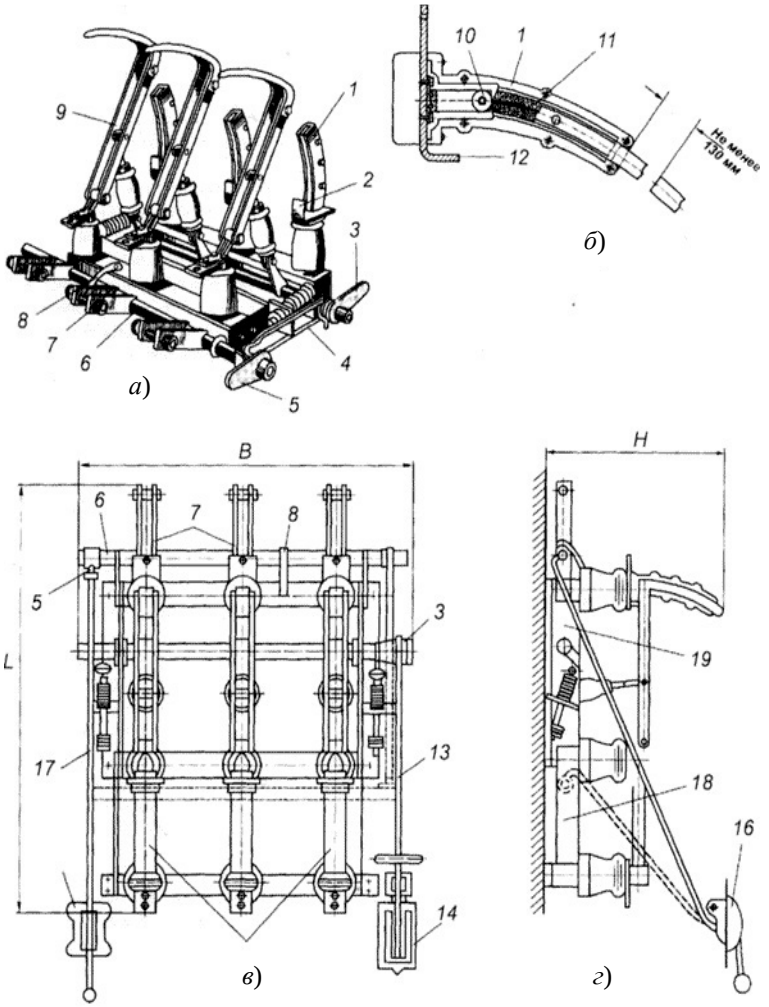


Рис. 3.12. Выключатели нагрузки:
а – ВНР-10/400-10з; *б* – разрез дугогасительной камеры;
в, *г* – ВНРп-10/400-10з; *1* – дугогасительная камера; *2*, *9* – неподвижный и подвижный рабочие контакты; *3*, *5* – рычаги на валах выключателя нагрузки и заземляющих ножей; *4* – пружина; *6* – вал заземляющих ножей; *7* – заземляющие ножи; *8* – гибкая связь; *10*, *12* – неподвижный и подвижный дугогасительные контакты; *11* – вкладыш из органического стекла; *13*, *17* – тяга приводов выключателя нагрузки и заземляющих ножей; *14*, *16* – приводы выключателя нагрузки и заземляющих ножей; *15* – предохранители ПКТ; *18* – полурама; *19* – рама

и безопасные в эксплуатации. В данной модели выключателя учтены все пожелания Госэнергонадзора России и предприятий электрических сетей СНГ.

3.3. Технические характеристики выключателей нагрузки типов ВНР-10/400-10з

Тип выключателя	Стойкость, кА		Аварийный ток включения, кА	Наибольший отключаемый ток нагрузки, А
	электродинамическая	термическая		
ВНР-10/400-10з	25	10	2.5	400
ВНРп-10/400-10з	— 〃 —	— 〃 —	— 〃 —	— 〃 —
ВНРп-10/400-10з3	— 〃 —	— 〃 —	— 〃 —	— 〃 —
ВНРп-10/400-10зп	— 〃 —	— 〃 —	— 〃 —	— 〃 —
ВНРп-10/400-10зп3	— 〃 —	— 〃 —	— 〃 —	— 〃 —

Тип выключателя	Размеры, кА			Масса (без привода), кг
	L	*B*	*H**	
ВНР-10/400-10з	0,55	0,93	0,49/0,61	45
ВНРп-10/400-10з	1,02…1,20	— 〃 —	— 〃 —	55,1…72,2
ВНРп-10/400-10з3	1,02…1,20	— 〃 —	— 〃 —	55,6…72,7
ВНРп-10/400-10зп	1,06…1,20	— 〃 —	— 〃 —	59,0…72,2
ВНРп-10/400-10зп3	1,06…1,20	— 〃 —	— 〃 —	60,6…78,8

* Числитель – включённое положение, знаменатель – отключённое положение.

Имеющиеся в эксплуатации аналогичные выключатели нагрузки ВНз-16, ВНр-10 морально и физически устарели и не подлежат ремонту, так как прекращён выпуск к ним запасных частей, а также согласно изменению № 3 от 01.03.91 к ГОСТ 17717–79 эксплуатация выключателей с ручным приводом запрещена, особенно в части техники безопасности. Имея новейший выключатель, можно модернизировать любую ячейку КСО, КРУ или КТП с минимальными затратами, с кратковременным отключением потребителя.

Коммутационный ресурс операции «Включено» и «Отключено» при соответствующих токах нагрузки *без ревизии* следующий:

Ток нагрузки, А	630	400	300	200	100	50
Количество коммутаций	200	320	420	630	1260	2000

Механический ресурс – 2000 операций.

Выключатели имеют следующие модификации:

ВНП-М1-10/630-20з – с заземляющими ножами;

ВНП-М1-10/630-20зп – с заземляющими ножами, с устройством для установки предохранителей и устройством для подачи команды на отключение при перегорании предохранителей.

Технические данные выключателя нагрузки типа ВНП-М1-10/630-20 У2 (выключатель нагрузки автогазовый)

Номинальное напряжение, кВ ……..	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ ……..	12
Номинальный ток, А ……..	630
Наибольший ток отключения, А ……..	300
Сквозной ток короткого замыкания, кА:	
наибольший пик ……	51
номинальное значение …….	20
Износостойкость выключателя, циклов:	
механическая …….	2000
коммутационная ……...	100
Собственное время включения, с ……..	0,1
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В ……..	100; 110; 220 (по заказу)
Масса выключателя, кг ……..	28

Назначение для работы в шкафах КРУ, КСО и КТП на класс напряжения 10 кВ трёхфазного переменного тока частотой 50 и 60 Гц для систем с заземлённой или изолированной нейтралью.

Выключатели нагрузки типа ВНВП-10/320-2. В качестве выключателей нагрузки служат также вакуумные выключатели ВНВП-10/320-2, выполненные на основе дугогасительной камеры КДВ-21 (рис. 3.13).

Электрическая дуга, возникающая между дугогасительными контактами, гасится газами, образующимися из органического стекла вкладыша при воздействии высокой температуры дуги.

В качестве выключателей нагрузки также применяются вакуумные выключатели типа ВНВН-10/320-2, выполненные на основе вакуумной дугогасительной камеры КДВ-21.

Выключатель нагрузки французской фирмы «Merin Gerin». Французская фирма «Merin Gerin» выпускает автопневматические аппараты с приводным механизмом различных типов (табл. 3.4, рис. 3.14), которые будучи встроенные в сеть, могут отключать или включать токи короткого замыкания в соответствии с табл. 3.5.

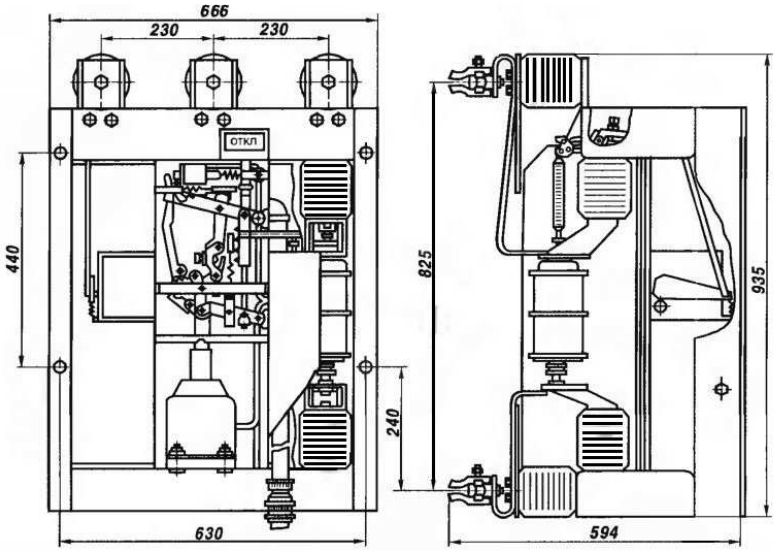


Рис. 3.13. Выключатель ВНВП-10/320-2

3.4. Типы автопневматических аппаратов

Тип аппарата	Номинальный ток, А	Максимальное рабочее напряжение, кВ	Выдерживаемое испытательное напряжение, кВ	
			промышленной частоты 50 Гц в 1 мин	ударный фронт для волны формы 1,2/50 мкс
РН-3 РН-3а РДН-3 РФН-3	200 320 200 200	7,2	35	70
РН-4 РН-4а РДН-4 РФН-4	200 320 200 200	12	42	95
РН-5 РН-5а РДН-5 РФН-5	200 320 200 200	17,5	71	95
Р-7 РД-7 РФ-7	200 200 200	38	100	180

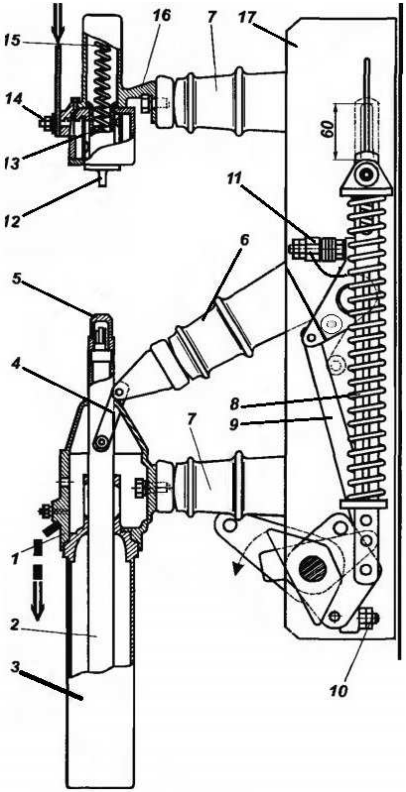


Рис. 3.14. Схематический разрез одного полюса автопневматического аппарата с приводным механизмом французской фирмы «Merin Gerin»:
1 – нижний контактный стакан; *2* – смещающаяся контактная трубка; *3* – компрессионный цилиндр; *4* – рычажок; *5* – сопло; *6* – подвижный изолятор; *7* – спорный изолятор; *8* – отключающая пружина привода; *9* – направляющая; *10* – упор включения; *11* – упор выключения; *12* – неподвижный контакт для прерывания дуги; *13* – верхние контактные пружины; *14* – верхний зажим; *15* – пружина контакта; *16* – верхний контактный стакан; *17* – шасси

3.5. Токи и мощности короткого замыкания

Тип аппарата	Номинальный ток, А	Номинальная мощность отключения, МВ·А	Ток отключения, А	Ток включения, А	Допустимый термический ток, А, для	
					1 с	5 с
РН-3	200	5,2	500	7000	5000	2200
РН-3а	320	6,0	500	7000	5000	2200
РДН-3	200	12,0	1150	7000	5000	2200
РФН-3	200	Согласно предохранителю				
РН-4	200	6,9	400	7000	5000	2200
РН-4а	320	6,9	400	7000	5000	2200
РДН-4	200	20,0	1150	7000	5000	2200
РФН-4	200	Согласно предохранителю				

Продолжение табл. 3.5

Тип аппарата	Номинальный ток, А	Номинальная мощность отключения, МВ·А	Ток отключения, А	Ток включения, А	Допустимый термический ток, А, для	
					1 с	5 с
РН-5	200	10,0	400	7000	5000	2200
РН-5а	320	10,0	400	7000	5000	2200
РДН-5	200	30,0	1150	7000	5000	2200
РФН-5	200	Согласно предохранителю				
Р-7	200	24,0	400	2500	2200	2200
РД-7	200	30,0	500	2500	2200	2200
РФ-7	200	Согласно предохранителю				

Примечание: 1. Допустимый ток отключения, приведённый в табл. 3.5, равен динамическому току. Если в аппарат типа РФ и РФН встраиваются предохранители до 10 А, мощность отключения равна 500 МВ·А, а для предохранителей большего номинального тока – 320 МВ·А.

2. Токи и мощности отключения, приведённые в табл. 3.5, одинаковы для всех напряжений, меньших на 20% от максимальных рабочих напряжений, приведённых в табл. 3.4.

3.4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ

Электромагнитные выключатели нагрузки типа ВНТЭМ-10 [7] изготовляют для напряжений 6 и 10 кВ, номинальных продолжительных токов соответственно 630 и 400 А и номинальных токов отключения 1000 и 630 А, превышающих номинальные продолжительные токи приблизительно в 1,5 раза. Номинальный ток включения выключателей составляет: амплитудное значение 51 кА, действующее значение периодической составляющей 20 кА. Выключатели нагрузки снабжают пружинными приводами с ручным заводом и дистанционным управлением. В положении «Отключено» обеспечен видимый разрыв цепи, как у разъединителей.

Выключатель нагрузки по своему внешнему виду похож на трёхполюсный разъединитель вертикально-рубящего типа.

На его верхних изоляторах укреплены дугогасительные щелевые камеры, похожие на камеры электромагнитных силовых выключателей. Камера состоит из двух изоляционных стенок, между которыми помещены плоские плиты из дугостойкой кордиеритовой керамики. Плиты разделены тонкой фибровой прокладкой, в результате чего между плитами образуется узкая щель. Прокладка имеет вид гребёнки с разновысокими зубьями, делящими внутреннюю полость камеры на

ряд щелевидных карманов. Над неподвижным дугогасительным контактом помещён соединённый с ним медный электрод. Магнитное поле создаётся электромагнитом с катушкой, насаженной на центральный сердечник, и полюсными наконечниками из листовой стали, охватывающими камеру с двух сторон. Катушка электромагнита включена между главным и дугогасительным неподвижными контактами, изолированными друг от друга. На подвижных ножах укреплены лёгкие подвижные дугогасительные контакты с ускоряющими пружинами. Контактные ножи приводятся в движение от вала изоляционными тягами. При включении выключателя сначала замыкаются более мощные главные контакты, а затем дугогасительные контакты, что способствует увеличению включающей способности выключателя. В процессе отключения первыми размыкаются главные контакты, а конец подвижного дугогасительного контакта удерживается в неподвижном. При этом цепь тока замыкается через дугогасительные контакты и катушку электромагнита. Между полюсными наконечниками электромагнита создаётся магнитное поле, опережающее появление дуги. При дальнейшем движении контактной системы подвижный дугогасительный контакт выдергивается из неподвижного и под действием пружины быстро поворачивается вокруг своей оси. Возникающая дуга затягивается магнитным полем в узкую щель между керамическими плитами. Один конец дуги перемещается по кромке подвижного дугогасительного контакта, а другой «бежит» по электроду, связанному с неподвижным дугогасительным контактом. Поднимаясь в камере, дуга заходит в щелевидные карманы и образует в них петли. Электродинамические силы, возникающие в петлях, стремятся их расширить и удлинить дугу. Вследствие отдачи тепла холодным стенкам камеры сопротивление дуги увеличивается и достигает критического значения. При переходе тока через нуль дуга гаснет.

Для управления выключателем служит пружинный привод. Завод пружин и подготовка привода к включению осуществляются вручную с помощью рукоятки. После завода пружин операции «Включить» и «Отключить» могут быть совершены вручную непосредственным воздействием на механизм расцепления или дистанционно с помощью электромагнита переменного тока. После включения выключателя его можно отключить или вновь вручную завести пружины, после чего выключатель готов выполнить операции «Отключить»–«Включить»–«Отключить» с требуемым интервалом времени. Выключатели нагрузки снабжены ножами для заземления, как разъединители.

3.5. ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ

Область применения выключателей нагрузки этого типа – напряжения 110 кВ и выше. В СССР были разработаны конструкции выключателей нагрузки 110…220 кВ с гасительными камерами про-

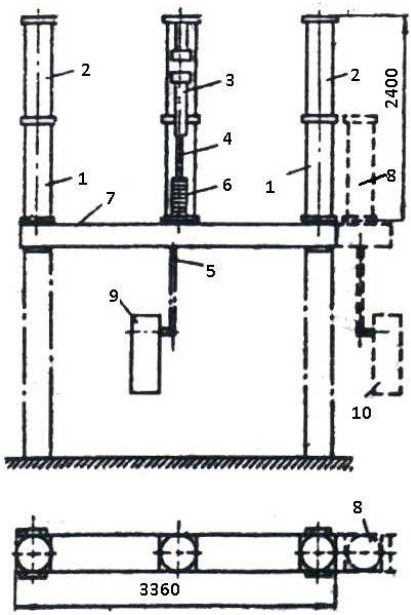


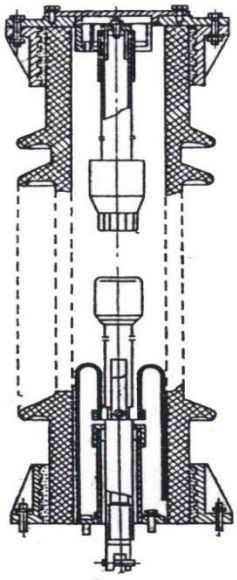
Рис. 3.15. Установка выключателя нагрузки 110 кВ с элегазовыми камерами

стейшего типа, в которых дуга приводится во вращение в поле постоянных магнитов [8]. Конструктивная схема такого выключателя показана на рис. 3.15.

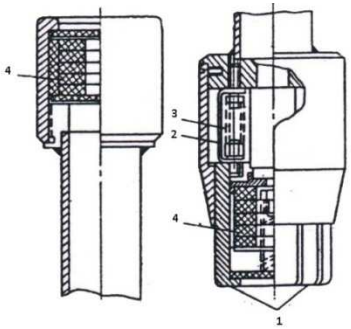
Каждый полюс состоит из полого опорного изолятора *1* и гасительной камеры *2* с контактной системой. Внутренняя полость камеры и опорного изолятора герметизирована и заполнена элегазом при давлении 0,3 МПа. Нижний контакт *3* приводится в движение изоляционной штангой *4*, соединённой со стержнем *5*. В месте прохода его через фланец опорного изолятора предусмотрено подвижное уплотнение в виде сильфона *6*. Неподвижный контакт расположен в верхней части камеры. Ход контактов составляет около 100 мм. Три полюса установлены на общем основании *7* и связаны между собой приводным механизмом. Выключатель нагрузки может быть использован в качестве отделителя; в этом случае предусматривают короткозамыкатель *8*, который устанавливают около одного из полюсов. Отделитель и короткозамыкатель снабжены приводами *9* и *10*. Устройство гасительной камеры показано подробнее на рис. 3.16, *а*.

Камера 110 кВ является модулем для выключателей нагрузки более высокого напряжения. Выключатели 220 кВ имеют две камеры, включённые последовательно.

Устройство контактов выключателя нагрузки показано на рис. 3,16, *б*. Это полые цилиндрические контакты торцевого типа. Верхний неподвижный контакт разделён на ряд сегментов *1* с гибкими связями *2* и



а)



б)

Рис. 3.16. Гасительная камера (*а*) и контакты (*б*) элегазового выключателя нагрузки

пружинами *3*. Во внутренние полости контактов помещены постоянные магниты, магнитные потоки которых направлены встречно. Они состоят из ряда бариевых ферритовых колец *4*, создающих радиальное поле в дуговом промежутке. Дуга, образующаяся в процессе отключения, приходит в быстрое вращательное движение в неподвижной газовой среде, что способствует отводу тепла и гашению. Чем больше отключаемый ток, тем больше скорость перемещения дуги и эффективнее деионизация. Испытания показали, что выключатели описанного типа способны отключать при напряжении 110 кВ активные и индуктивные токи порядка сотен ампер, а также ёмкостные токи порядка десятков ампер.

3.6. ВЫБОР РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ, ОТДЕЛИТЕЛЕЙ И КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛЕЙ

Выбор разъединителей и отделителей производится [5]:

– по напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \le U_{\text{ном}};$$

– по току $I_{\text{норм}} \le I_{\text{ном}}$, $I_{\max} \le I_{\text{ном}}$;

– по конструкции, роду установки;

– по электродинамической стойкости $i_{\text{у}} \le i_{\text{пр.с}}$; $I_{\text{п.о}} \le I_{\text{пр.с}}$,

где $i_{\text{пр.с}}$, $I_{\text{пр.с}}$ – предельный сквозной ток КЗ (амплитуда и действующее значение); $I_{\text{п.о}}$ – периодическая составляющая тока КЗ;

– по термической стойкости

$$B_K \le I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}},$$

где B_K – тепловой импульс по расчету, кА^2·с; $I_{\text{т}}$ – предельный ток термической стойкости; $t_{\text{т}}$ – длительность протекания предельного тока термической стойкости.

Короткозамыкатели выбираются по тем же условиям, но без проверки по току нагрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в настоящем пособии электрические аппараты играют важную роль в современных распределительных устройствах высокого напряжения. Так, разъединителям отводится особая роль как аппаратам безопасности, и поэтому промежуток между его разомкнутыми контактами должен иметь повышенную электрическую прочность. Привод разъединителя целесообразно блокировать с выключателем. Операции с разъединителем должны быть возможны, только когда выключатель отключен.

Короткозамыкатели и отделители как специальные виды разъединителей позволяют заменить выключатели на маломощных подстанциях и тем самым значительно уменьшить их стоимость.

Выключатели нагрузки применяют в присоединениях силовых трансформаторов (на стороне высшего напряжения) вместо силовых выключателей, если это возможно по условиям работы электроустановки. Поскольку они не рассчитаны на отключение тока короткого замыкания, функции автоматического отключения трансформаторов в случае их повреждения возлагают на плавкие предохранители либо на выключатели, принадлежащие предшествующим звеньям системы, например на линейные выключатели, расположенные ближе к источнику энергии. В связи с совершенствованием конструкций выключателей нагрузки область их применения расширяется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник для студентов высших учебных заведений / Б.И. Кудрин. – М. : Интермет Инжиниринг, 2005. – 672 с.

2. Электрическая часть станций и подстанций : учебник для вузов / А.А. Васильев, И.П. Крючков, Е.Ф. Наяшкова и др. ; под ред. А.А. Васильева. – М. : Энергия, 1980. – 608 с.

3. Чунихин, А.А. Электрические аппараты. Общий курс : учебник для вузов / А.А. Чунихин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.

4. Макаров, Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4…35 кВ и 110…1150 кВ / Е.Ф. Макаров. – М. : Папирус Про, 2005. – Т. 5. – 624 с.

5. Рожкова, Л.Д. Электрооборудование станций и подстанций / Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.

6. Гогичайшвили, П.Ф. Подстанции без выключателей на высшем напряжении / П.Ф. Гогичайшвили. – М. : Высшая школа, 1965. – 200 с.

7. Курицын, В.П. Электромагнитные выключатели нагрузки 6…10 кВ / В.П. Курицын, И.Н. Улисова // Электротехника. – 1975. – № 6. – С. 6 – 9.

8. Полтев, А.И. Конструкции и расчет элегазовых аппаратов высокого напряжения / А.И. Полтев. – Л. : Энергия, 1979.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ …….. 3
1. РАЗЪЕДИНИТЕЛИ ……. 4
1.1. Основные сведения ……. 4
1.2. Разъединители для внутренней установки …….. 9
1.3. Разъединители наружной установки …… 18
1.4. Отключающая способность разъединителей ……... 53
2. КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛИ И ОТДЕЛИТЕЛИ ……. 55
2.1. Назначение и принцип действия ……... 55
2.2. Конструкция короткозамыкателей и отделителей ….. 56
2.3. Устройства управления и сигнализации отделителей и короткозамыкателей ……... 66
2.4. Короткозамыкатели, разъединители и отделители фирмы «ЭЛВО» …….. 69
3. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ …….. 73
3.1. Назначение и применение …… 73
3.2. Автогазовые выключатели нагрузки …… 75
3.3. Специальные выключатели нагрузки ……... 82
3.4. Электромагнитные выключатели нагрузки ……. 94
3.5. Элегазовые выключатели нагрузки …….. 95
3.6. Выбор разъединителей, отделителей и короткозамыкателей ……. 97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ …… 98
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ……... 99