

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра горных машин и комплексов

Составители  
В. М. Ефременко, Е. В. Скребнева

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**

**Методические материалы к лабораторным работам  
по дисциплинам «Электрооборудование и электроснабжение  
открытых горных работ», «Электроснабжение  
обогачительных фабрик»**

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
специальности 21.05.04 Горное дело  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2025

Рецензенты:

Ананьев К. А. – доцент, зав. кафедрой горных машин и комплексов

Беляевский Р. В. – доцент, кафедра электроснабжения горных и промышленных предприятий

**Ефременко Владимир Михайлович**

**Скребнева Евгения Владимировна**

**Электрические аппараты распределительных устройств** : методические материалы к лабораторным работам по дисциплинам «**Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ**», «**Электроснабжение обогатительных фабрик**» для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело, специализации 03 Открытые горные работы, 10 Электрификация и автоматизация горного производства, всех форм обучения / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева ; кафедра горных машин и комплексов ; составители В. М. Ефременко, Е. В. Скребнева. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (1401 КБ). – Текст : электронный.

Приведено содержание лабораторной работы, материал, необходимый для успешного изучения дисциплины.

Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплинам «**Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ**», «**Электроснабжение обогатительных фабрик**» и организация лабораторной работы.

© Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2025

© Ефременко В. М., Скребнева Е. В., составление, 2025

В настоящих материалах указаниях приведено описание конструкции разъединителей, выключателей нагрузки, высоковольтных элегазовых и вакуумных выключателей, их классификация.

Изучение материала данной лабораторной работы позволит обучающимся получить общее представление о электрических аппаратах, используемых в системе электроснабжения горных предприятий.

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Цель выполнения работы – приобретение студентами знаний и представлений о конструктивных особенностях высоковольтных электрических аппаратах, а также области его применения и эксплуатации.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Выполнение работы предусматривает:

1) краткое изучение устройства разъединителей, выключателей нагрузки и высоковольтных выключателей, область его применения, принцип действия узлов, назначение их составных частей (изучение следует производить последовательно, согласно методическим указаниям и с разъяснениями появившихся вопросов преподавателем);

2) защиту работы, выполняемую индивидуально по вопросам преподавателя (примерный перечень вопросов представлен в конце методических указаний)

### **1. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ**

*Разъединитель* – коммутационный аппарат, используемый для включения и отключения электрических цепей под напряжением при отсутствии нагрузочного тока. В отключенном положении разъединителя на его контактах создается видимый разрыв. У разъединителя отсутствует дугогасительное устройство либо оно монтируется, но имеет вспомогательное назначение. В этих условиях дуга, возникающая на контактах, гасится в результате ее растяжения ножом подвижного контакта, тепловыми потоками или электромагнитными силами при достижении критической длины, которая зависит от отключаемого тока и напряжения сети.

На рис. 1 показаны зависимости максимального вылета дуги на контактах разъединителя в функции тока при разных номинальных напряжениях. Даже при относительно небольших отключаемых токах вылет дуги таков, что может привести к перебросу ее на соседние фазы и заземленные части и к возникновению междугазного короткого замыкания или замыкания на землю.

Поэтому разъединители применяются для коммутации ранее обесточенных с помощью выключателя участков цепи, для переключения в нормальных условиях присоединений распределительного устройства с одной ветви на другую без прерывания тока и для коммутации очень малых токов ненагруженных силовых трансформаторов и коротких линий.

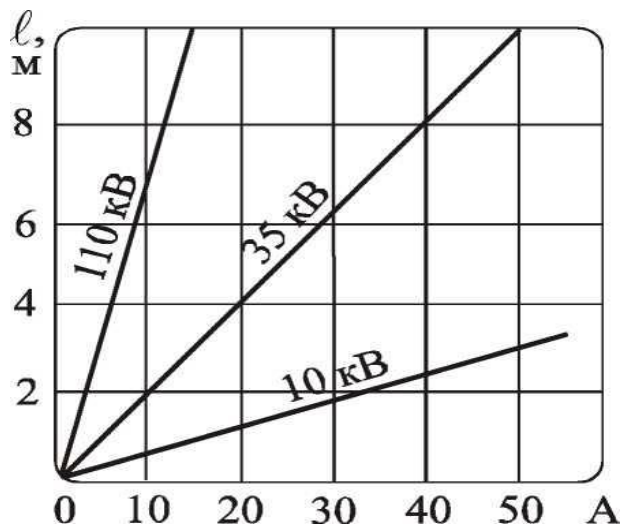


Рис. 1 Зависимость максимального вылета дуги на контактах разъединителя в функции тока при разных номинальных напряжениях

При коммутации ранее обесточенных участков цепи разъединители обычно применяются для создания безопасных условий ревизии и ремонта электрооборудования.

Для подготовки выключателя или участка распределительного устройства к ремонту они должны быть отключены и изолированы от участков, находящихся под напряжением, с помощью разъединителей QS1 и QS2 (рис. 2) после отключения выключателя Q.

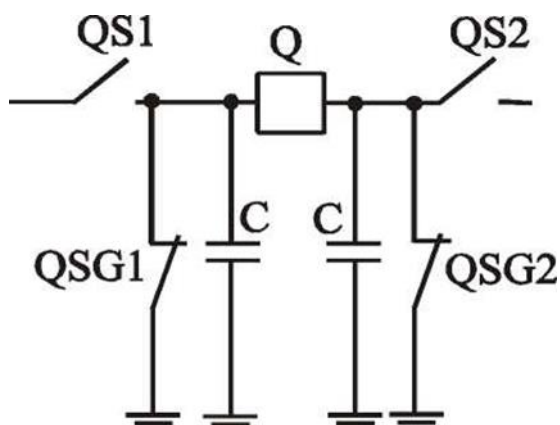


Рис. 2. Схема обеспечения безопасных условий ревизии выключателя

При этом разъединители отключают очень небольшой емкостный ток, определяемый напряжением сети и емкостью выключателя и другого оборудования. После отключения разъединителей, выключатель Q должен заземляться с помощью переносных заземлителей или дополнительных заземляющих ножей QSG1 и QSG2, встраиваемых в конструкцию разъединителя.

В отключенном положении разъединителя создается видимый

воздушный промежуток между частями, находящимися под напряжением, и отключенными частями электрической цепи.

Для переключения присоединений с одной ветви на другую (рис. 3) при замкнутом разъединителе QS2 включают разъединитель QS1, ток начинает протекать по обеим ветвям.

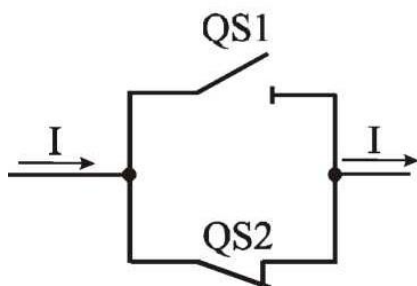


Рис. 3. Схема переключения присоединений с одной ветви на другую под нагрузкой

После этого разъединитель QS2 отключается, и ток перебрасывается в ветвь разъединителя QS1. В процессе такой коммутации дуговой разряд на контактах разъединителя не возникает из-за малости падения напряжения на них.

К разъединителям предъявляются следующие основные требования:

- 1) наличие видимого разрыва цепи;
- 2) наличие соответствующего уровня термической и электрической стойкости, исключающего отброс и сваривание контактов, а также разрушение элементов конструкции разъединителя при сквозных токах короткого замыкания;
- 3) надежная работа изоляции при длительном воздействии рабочего напряжения и перенапряжениях в неблагоприятных атмосферных условиях;
- 4) четкое включение и отключение и строгая фиксация подвижного контакта во включенном и отключенном положениях в наихудших условиях эксплуатации (например, для разъединителей наружной установки – обледенение, ветер и т. д.);
- 5) блокирование разъединителя с выключателем для исключения операций коммутирования электрических цепей под нагрузкой.

Конструктивное различие между отдельными типами разъединителей состоит, прежде всего в характере движения ножа. По этому признаку разъединители разделяют на следующие типы:

*разъединители рубящего* (вертикально-поворотного) типа с вращением подвижного контакта (ножа) в плоскости, параллельной осям поддерживающих изоляторов данного полюса;

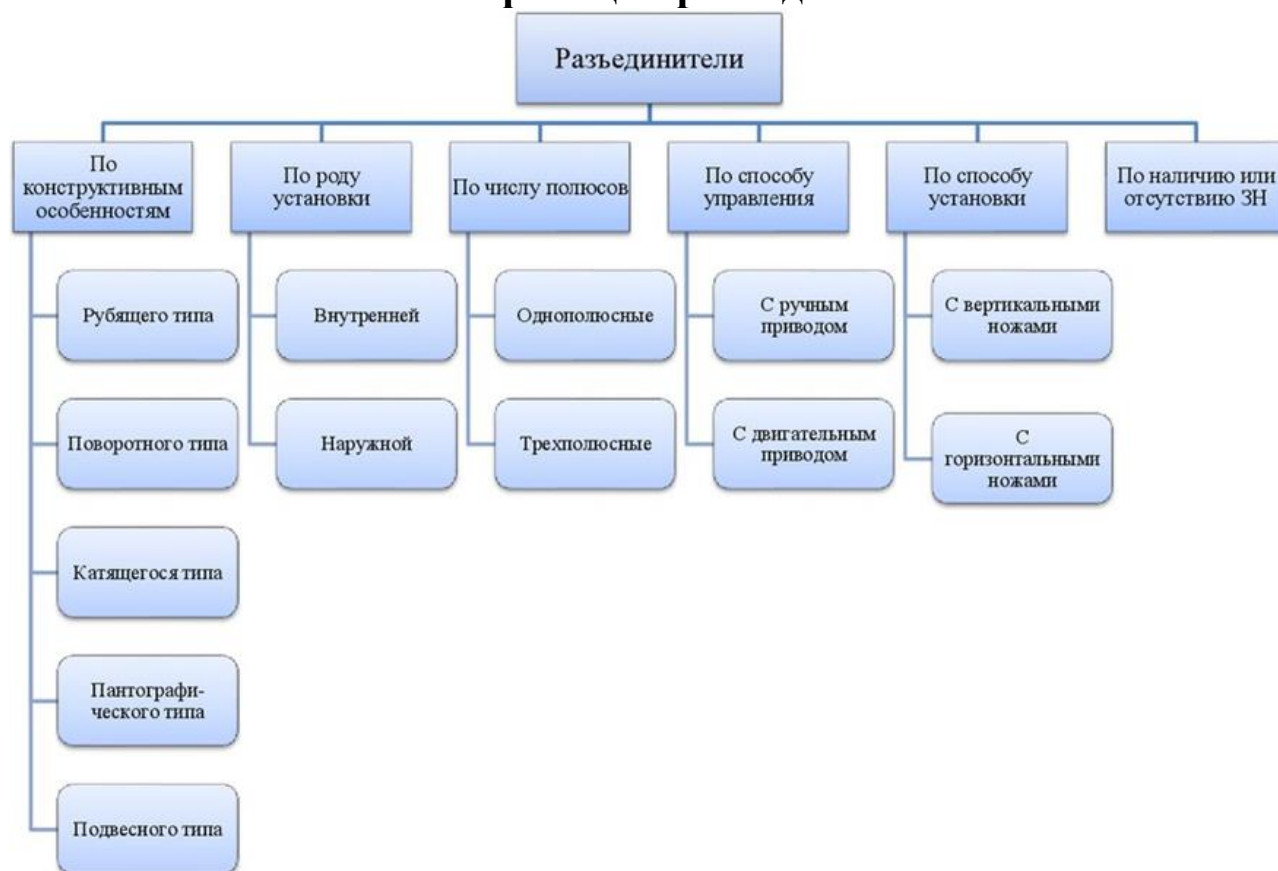
*разъединители поворотного* (горизонтально-поворотного) типа с

вращением подвижного контакта в плоскости, перпендикулярной осям поддерживающих изоляторов данного полюса;

*разъединители катящегося типа* с прямолинейно-поступательным движением (качением в роликах) либо одного подвижного контакта или же опорного изолятора совместно с закрепленным на нем подвижным контактом в направлении неподвижного контакта;

*разъединители пантографического типа* с поступательным движением подвижного контакта в вертикальной плоскости, осуществляемый рычажным механизмом.

### Классификация разъединителей



Классифицировать разъединители можно также по номинальному напряжению (3, 6, 10 кВ и т. д.) и номинальному току (200, 400 А и т. д.);

Разъединители наружной установки в отличие от разъединителей внутренней установки должны надежно работать в любых атмосферных условиях, при гололеде и при значительной ветровой нагрузке. Толщина корки льда, при которой разъединитель должен допускать надежное оперирование, может достигать 200 мм, а скорость ветра до 15 м/с. В отсутствие гололеда допускаемые скорости ветра могут достигать 40 м/с.

Электродинамические силы, возникающие в токоведущих частях

и контактах, могут создать значительные механические нагрузки на изоляторы при коротких замыканиях. К изоляторам разъединителей наружной установки могут прикладываться нагрузки от воздействия ветра и натяжения проводов, присоединенных к разъединителю. В этих условиях изоляторы должны обладать определенным запасом механической прочности, который для разъединителей внутренней и наружной установки до 35 кВ должен быть не менее 1,5, а для изоляторов (колонок) разъединителей наружной установки на напряжение 35 кВ и выше - не менее 2,5. Под запасом механической прочности понимается отношение статической разрушающей нагрузки изолятора к расчетной наибольшей сумме нагрузок (с учетом возможной одновременности их действия) от электродинамических усилий, усилий привода, тяжения провода и давления ветра.

Механическая стойкость разъединителя в целом определяется числом операций, которое он может выдержать без повреждений, препятствующих его дальнейшей работе. Для разъединителей на напряжение до 35 кВ включительно и на номинальные токи до 6300 А включительно это число составляет не менее 2000, а для разъединителей на более высокие величины по номинальным токам и напряжениям – не менее 1000.

Заземляющие ножи как элемент конструкции разъединителя могут пристраиваться к разъединителю с одной или с обеих его сторон. При включении ножей заземления замыкаются на землю провода и шины линий, присоединенные к разъединителю.

Заземляющие ножи и другие элементы цепи заземления разъединителя должны допускать без нарушения этой цепи протекание предельного сквозного тока и предельного тока термической стойкости, установленных для основной контактной системы разъединителя. При этом допускается приваривание контактов и другие повреждения, не вызывающие нарушения в цепи заземления и дающие возможность отключения заземляющего контакта приводом заземляющих ножей. Гибкие медные соединения между валом заземляющего ножа и рамой разъединителя должны иметь сечение не менее 50 мм<sup>2</sup>.

Подвижные части главной и заземляющей контактных систем разъединителя должны быть заблокированы (как правило, механически) так, чтобы при включенной главной контактной системе было невозможно включение заземляющей контактной системы и наоборот.



Для внутренних установок разъединители могут быть однополюсными или трехполюсными (рис. 4).

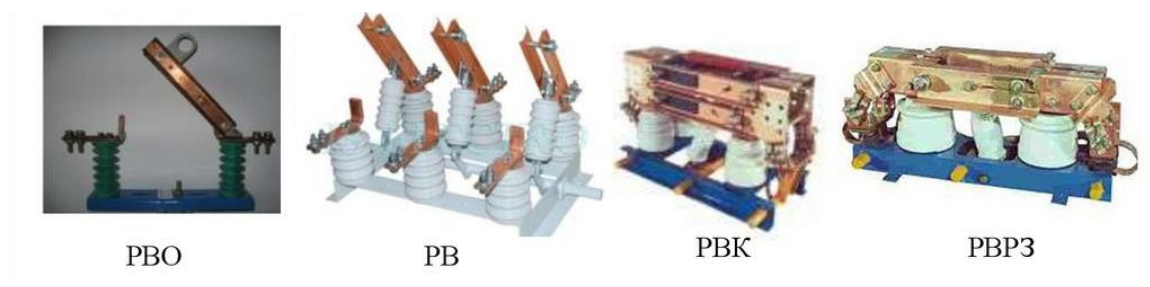


Рис. 4. Разъединители внутренней установки

Разъединитель РВО (рис. 5, а) состоит из цоколя 1, опорных изоляторов 2 и неподвижного контакта 3. Цоколь в виде швеллера служит основанием для установки малогабаритных изоляторов и крепления разъединителя.

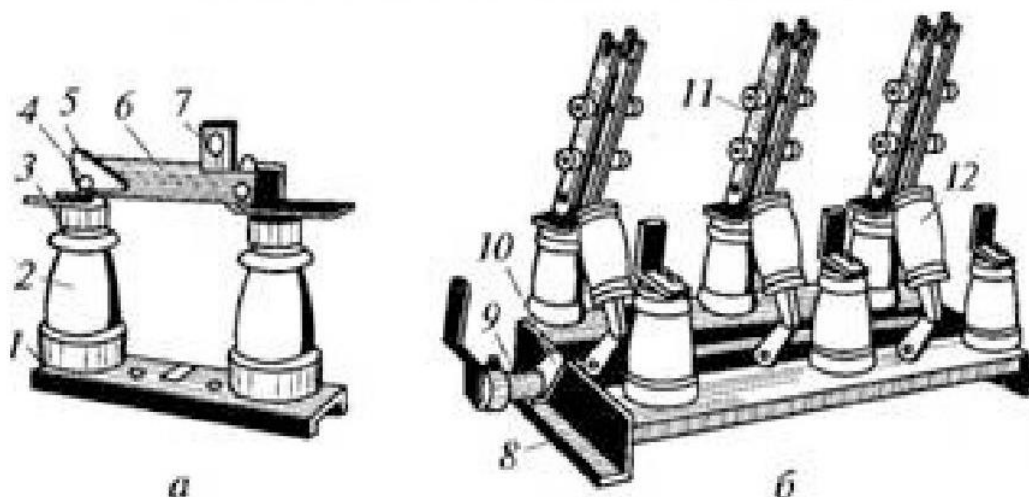


Рис. 5. Конструкция разъединителей РВО-6 (а) и РВ-10 (б)

Токопровод образуют два одинаковых неподвижных контакта 3 и соединяющий их подвижный нож 6. Во включенном положении нож запирается специальной защелкой, что исключает самопроизвольное открытие ножа под действием сил тяжести и электродинамических сил. Защелка имеет ушко 7, в которое при включении и отключении разъединителя заводится палец оперативной штанги. Нож поворачивается на угол  $75^\circ$  и в отключенном положении удерживается собственным весом и трением в контактах. С этой целью эти разъединители устанавливаются вертикально так, что ось вращения ножа находится внизу.

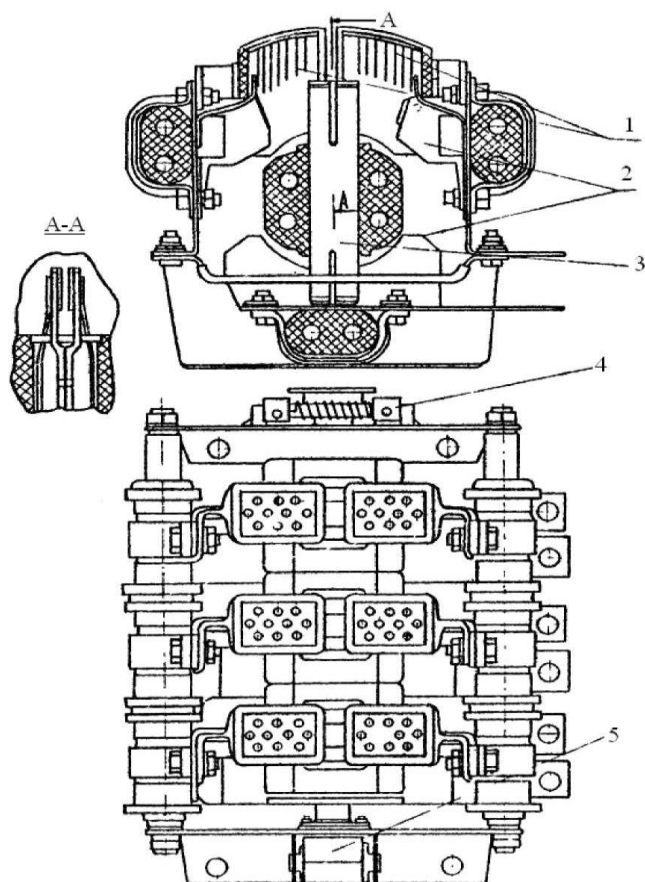
Трехполюсные разъединители внутренней установки РВ (рис. 5, б) состоят из трех токопроводов 11, смонтированных на одной раме 8 с общим валом 9, и привода в виде рычага. Каждый полюс имеет два не-



подвижных опорных изоляторов и фарфоровую тягу 12, присоединенную к общему валу с упором 10. Ножи 11 приводятся в движение валом 9.

Разъединители с заземляющими ножами РВЗ в зависимости от варианта исполнения имеют один или два вала с заземляющими ножами, которые крепятся к раме. Заземляющие ножи замыкают дополнительные заземляющие контакты, закрепленные под основными неподвижными контактами. Разъединители этого типа могут выполняться и с проходными изоляторами вместо опорных (серия РВФ) с аналогичными техническими данными.

Для рудничных низковольтных пускателей широко применяются блокировочные реверсирующие разъединители ножевого типа (рис.6).



Контактные губки 3 установлены на валу. Контактные ножи 2 неподвижны. Включение разъединителя осуществляется путем поворота вала с подвижными контактными губками и замыкания их с неподвижными контактными ножами. Включенное и отключенное положения разъединителя фиксируются фиксатором 4. Разъединитель снабжен блок-контактом 5, предназначенным для разрыва контрольных цепей, вводимых в пускатель через сетевую камеру по общему кабелю с силовыми цепями.

Рис. 6. Низковольтный, реверсивный разъединитель

Разъединители для наружных установок напряжением 6–500 кВ делятся на два основных типа: рубящие с движением ножей в вертикальной плоскости и поворотные с движением ножа в горизонтальной плоскости (рис. 7).

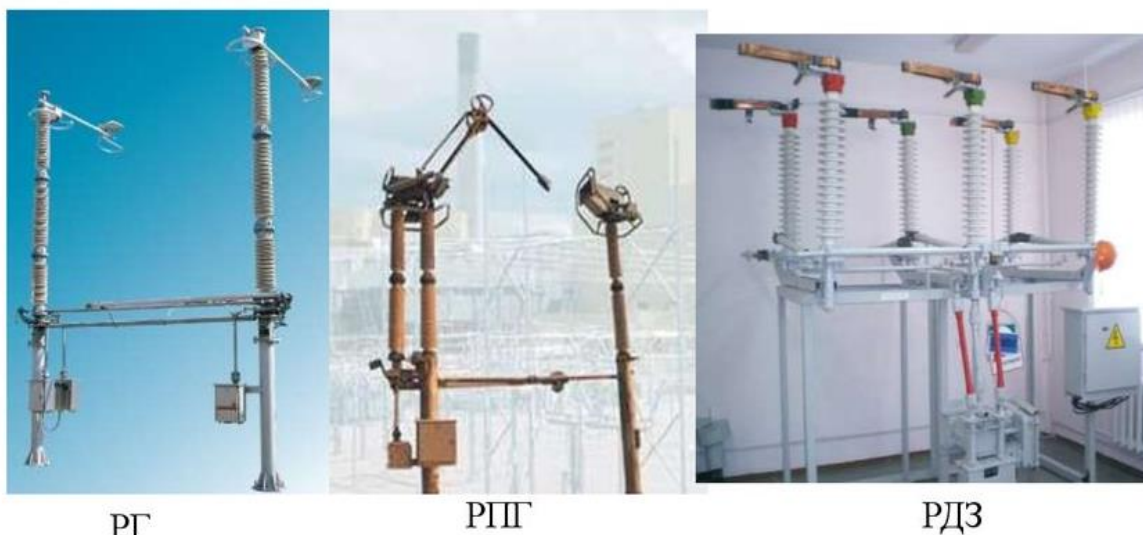


Рис. 7. Разъединители наружной установки

Недостатком первых являются большие габариты при отключенном положении ножа. Так, разъединители РОН (З)-500/2000 при поднятом ноже имеют высоту 9,8 м. Для уменьшения усилия, необходимого для поднятия ножа, а также уменьшения габаритов по высоте, нож разъединителя делают из двух частей.

Разъединители горизонтально-поворотного типа (рис.8) выпускаются на напряжение 10–750 кВ. Широкое применение этих разъединителей объясняется значительно меньшими габаритами и более простым механизмом управления.



Рис. 8. Разъединитель наружной установки РЛНД-35

В этих разъединителях главный нож состоит из двух частей, так же как у разъединителей РНВ, но они перемещаются в горизонтальной

плоскости при повороте колонок изоляторов, на которых закреплены. Один полюс является ведущим, к нему присоединен привод. Движение к двум другим полюсам (ведомым) передается тягами. Разъединители могут иметь один или два заземляющих ножа. Контактная часть разъединителя состоит из ламелей, укрепленных на конце одного ножа, контактной поверхности на конце другого ножа. При включении нож входит между ламелями. Давление в контактах создается пружинами.

Разъединители и их привода имеют следующие обозначения:

Р – разъединитель;

В – внутренней установки;

О – однополюсный;

Л – линейный;

К – с контактами коробчатой формы;

З – с заземляющими ножами;

цифры в числителе – номинальное напряжение;

цифры в знаменателе – номинальный ток.

Обозначения приводов: П – привод; Р – ручной; Ч – червячный; М и Д – привод от электродвигателя.

## **2. ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ НАГРУЗКИ**

Выключатель нагрузки (рис. 9) – коммутационный трехполюсный аппарат, который служит для отключения-включения цепей, находящихся под нагрузкой, но не способный отключать токи К.З. Отключение сверхтоков в выключателях нагрузки осуществляется предохранителями. Выключатель нагрузки – простейший высоковольтный выключатель, конструктивно базирующийся на конструкции разъединителей.

Выключатели нагрузки устанавливаются в распределительных устройствах и подстанциях и допускают коммутацию до нескольких мегавольт-ампер (МВА), в зависимости от конструкции и номинального тока. Выключатель нагрузки – распространенный коммутационный аппарат в распределительных сетях 6, 10 кВ. Разновидности выключателей нагрузок: автогазовые, вакуумные, элегазовые.

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.

Выключатели нагрузки могут снабжаться стационарными заземляющими ножами с блокировкой от неправильного включения. Выключатели нагрузки получили широкое распространение в распределительных

тельных 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.

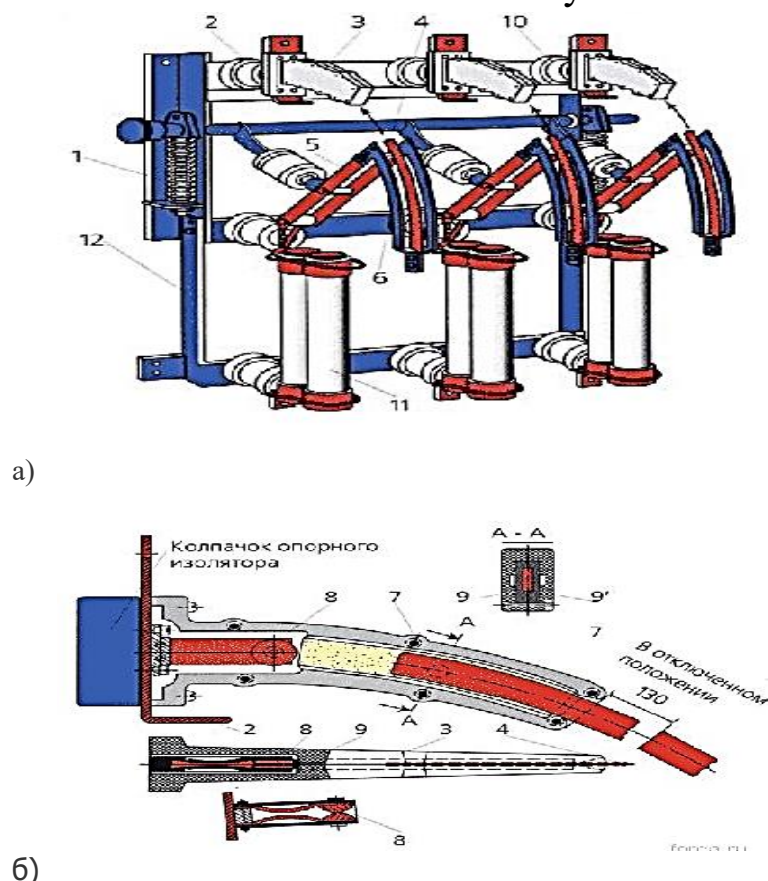


Рис. 9. Выключатель нагрузки ВНП-16; а – общий вид; б – дугогасительная камера

1 – отключающая пружина; 2 – неподвижный контакт; 3 – дугогасительная камера; 4 – подвижный дугогасительный контакт; 5 – подвижный контакт; 6 – стальная полоса; 7 – стяжные винты; 8 – неподвижный дугогасительный контакт; 9 – газогенерирующий вкладыш; 10 – опорный изолятор; 11 – предохранитель; 12 – рама

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

ВН – выключатель нагрузки;

Х – исполнение:

А – автогазовый;

М – модернизированный;

П – с пружинным приводом;

Р – с ручным приводом

Х – тип расположения привода:

П – правое,

Л – левое

10 – номинальное напряжение, кВ;

Х – номинальный ток, А (400, 630);

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

х – наличие ножей заземления:

з – с заземляющими ножами;

2з – с заземляющими ножами с двух сторон;

х – расположение заземляющих ножей (с одной стороны):

п – заземляющие ножи расположены за предохранителями;

в – заземляющие ножи расположены со стороны заземляющих контактов;

З – устройство для подачи команды на отключение при перегорании предохранителя;

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

При включении выключателя нагрузки сначала замыкаются дугогасительные контакты 4 и 8, затем главные 2 и 5, при отключении – наоборот. В отключенном положении подвижный дугогасительный контакт 4 образует видимый воздушный зазор (до 130 мм) с дугогасительной камерой 3.

### 3. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

В зависимости от среды, в которой производят гашение дуги, различают **воздушные** выключатели, в которых дуга гасится сжатым воздухом, **масляные** выключатели, в которых контакты помещаются в ёмкость с маслом, а дуга гасится парами масла, **элегазовые** выключатели, в которых используется электропрочный газ SF<sub>6</sub> – «элегаз», и **вакуумные** выключатели, в которых дугогашение происходит в вакууме – в так называемой вакуумной дугогасительной камере (ВДК).



### 3.1. ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Элегаз – это инертный газ без запаха, невоспламеняющийся, в нормальных условиях нетоксичный. Благодаря своей электрической прочности, элегаз обладает лучшими свойствами, чем вакуум и используется в качестве изоляционного материала и дугогасительной среды. Это позволяет делать электрооборудование более компактного размера.



Выключатели представляют собой трехполюсный аппарат (рис. 10), полюсы которого имеют одну общую приводом, либо каждый из 3-х полюсов выключателей имеет собственную раму и управляется своим приводом.

Принцип работы аппаратов основан на гашении электрической дуги, возникающей между расходящимися контактами при отключении тока, потоком элегаза.

Рис. 10. Трехфазный колонковый элегазовый выключатель

Для колонкового исполнения полюс представляет собой вертикальную колонну, состоящую из 2-х (и более) изоляторов, в верхнем из которых размещено дугогасительное устройство (ДУ), а нижний служит опорой ДУ и обеспечивает ему требуемое изоляционное расстояние от заземленной рамы.

Внутри опорного изолятора размещена изоляционная штанга, соединяющая подвижный контакт ДУ с приводной системой аппарата.

Дугогасительное устройство предназначено обеспечивать быстрое гашение электрической дуги, образующейся между контактами выключателя при их размыкании.

Существует два источника возникновения потока газа:

- повышение давления в одной из заполненных газом полостей дугогасительного устройства, обусловленное уменьшением ее замкнутого объема, возможность истечения газа из которой в зону расхождения дугогасительных контактов появляется непосредственно перед их

размыканием (при отключении малых токов);

– повышение давления газа в этой же полости вследствие его расширения под действием тепловой энергии самой электрической дуги (при отключении больших токов).

Современные выключатели оснащены дугогасительным устройством автокомпрессионного типа, которые демонстрируют свои расчетные преимущества при отключении больших токов.

Упрощенная схема устройства с автопневматическим дутьем показана на рис. 11.

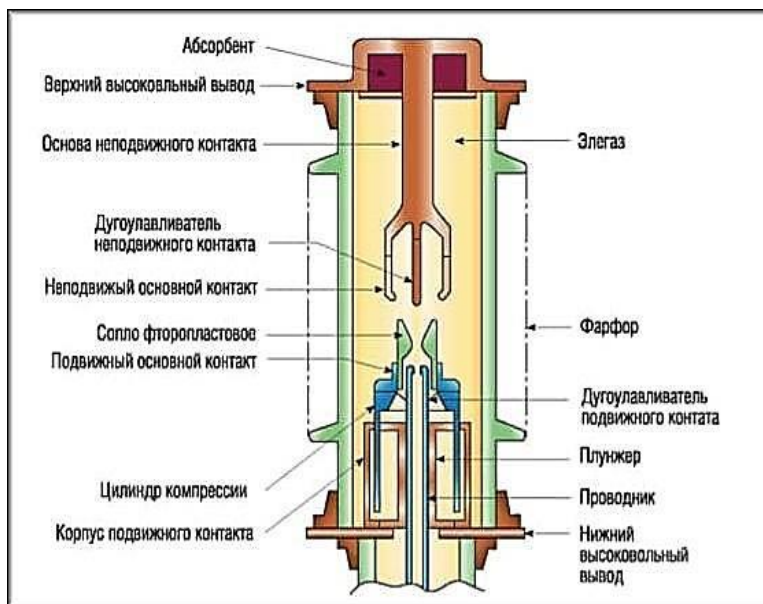


Рис. 11. Схема устройства с автопневматическим дутьем

При отключении выключателя между неподвижным и подвижным контактами возникает дуга. Вместе с подвижным контактом при отключении перемещаются изоляционные элементы: сопло, и цилиндр компрессии, выполненные из фторопласта.

Поскольку плунжер при этом неподвижен, элегаз сжимается, и его поток, переходя через сопло, оmyвает дугу и обеспечивает ее гашение.

Схема дугогасительного устройства с магнитным дутьем приведена на рис. 12. ДУ содержит неподвижную и подвижную контактные системы, в каждой из которых имеются главные контакты и снабженные элементами из дугостойкого материала дугогасительные контакты.

Главный контакт неподвижной системы и дугогасительный подвижной – розеточного типа, а главный контакт подвижной системы и дугогасительный неподвижной – штыревые.

Подвижная система содержит, кроме главного и дугогасительного контактов, связанную с токовым выводом ДУ неподвижную токоведущую гильзу; поршневое устройство, создающее при отключении повышенное давление в подпоршневой полости, и два фторопластовых сопла (большое и малое), которые направляют потоки газа из зоны повышенного давления в зону расхождения дугогасительных контактов.



Большое сопло, кроме того, препятствует радиальному смещению контактов подвижной системы относительно контактов неподвижной, поскольку никогда не выходит из направляющей втулки главного неподвижного контакта.

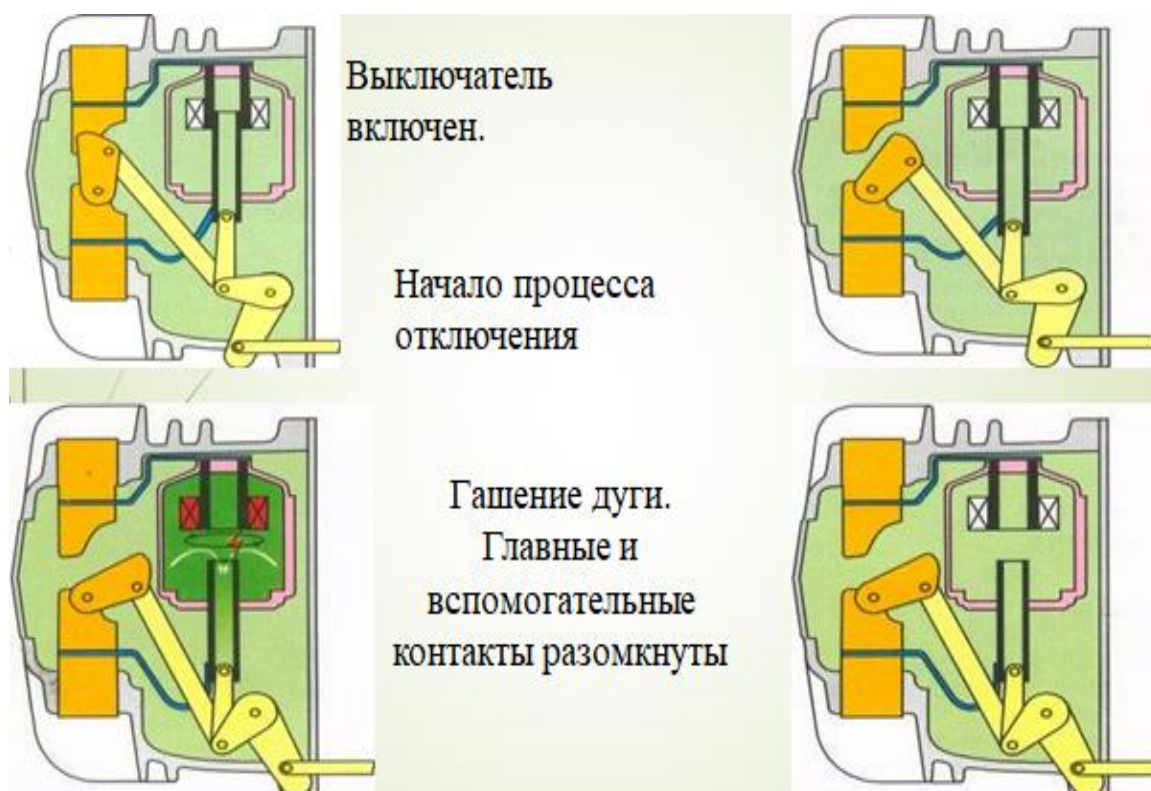


Рис. 12. Гашение дуги в магнитном вращающемся поле

Главный контакт подвижной системы представляет собой ступенчатую медную гильзу, узкая часть которой адаптирована к входу в розеточный главный контакт неподвижной системы, а широкая часть имеет два ручья, в которых размещены токосъемные (замкнутые проволочные) спирали, постоянно находящиеся в контакте с охватывающей их неподвижной токоведущей гильзой.

Устройства для вращения дуги в элегазе позволяет успешно отключать ток.

Устройство размещается в изоляционном корпусе, заполненном элегазом. На дугу, возникающую между расходящимися контактами, действует радиальное магнитное поле, создаваемое постоянными магнитами или последовательной катушкой. Дуга быстро перемещается по окружности, усиленно охлаждается и гаснет.

Чем больше отключаемый ток, тем больше скорость перемещения дуги, это защищает контакты от обгорания.

Контактная система описанной конструкции помещается внутри фарфорового корпуса, заполненного элегазом и герметически закрытого. Давление внутри камеры 0,3 МПа.

Приводы выключателей обеспечивают управление выключателем - включение, удержание во включенном положении и отключение. Вал привода соединяют с валом выключателя системой рычагов и тяг. Привод выключателя должен обеспечивать необходимую надежность и быстроту работы, а при электрическом управлении - наименьшее потребление электроэнергии.

В элегазовых выключателях применяют 2 типа приводов:

- пружинный привод, аккумулятором энергии в котором является комплект винтовых цилиндрических пружин, а управляющим органом является кинематическая система рычагов, кулачков и валов;
- пружинно-гидравлический привод – аккумулятором энергии является комплект тарельчатых пружин, управляющим органом является гидросистема.

Опыт эксплуатации элегазовых выключателей выявил ряд важных достоинств:

- 1) взрыво- и пожаробезопасность;
- 2) высокое быстродействие и пригодность для работы в любом цикле АПВ;
- 3) возможность осуществления синхронного размыкания контактов непосредственно перед переходом тока через ноль;
- 4) высокая отключающая способность при особо тяжелых условиях отключения (отключение неудаленных коротких замыканий и т. д.);
- 5) надежное отключение емкостных токов холостых линий;
- 6) малый износ дугогасительных контактов;
- 7) легкий доступ к дугогасителям и простота их ревизии;
- 8) относительно малый вес в сравнении с баковыми масляными выключателями;
- 9) возможность создания серии с унификацией крупных узлов;
- 10) пригодность для наружной и внутренней установки.

К недостаткам элегазовых аппаратов относятся:

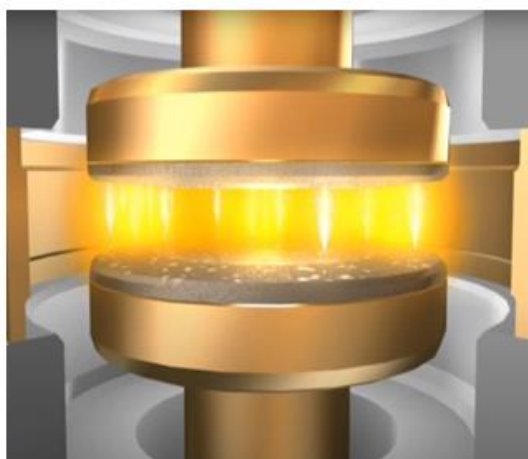
- 1) необходимость иметь устройства для наполнения, перекачивания и очистки шестифтористой серы ( $\text{SF}_6$ );
- 2) относительная сложность конструкции ряда деталей и узлов, а также необходимость применения высоконадежных уплотнений;
- 3) относительно высокая стоимость аппарата в целом;

4) специфические правила безопасности при обслуживании оперативным персоналом.

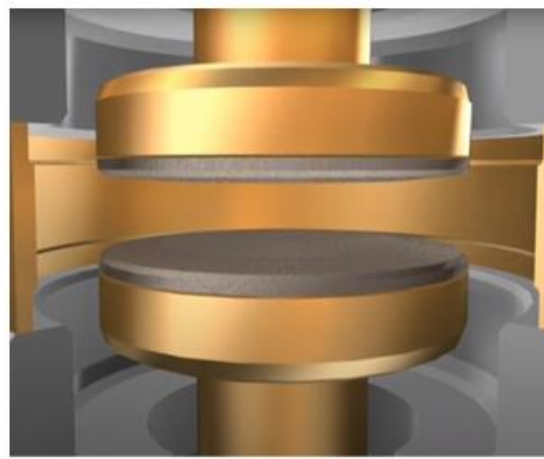
### 3.2. ВАКУУМНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Принцип работы выключателя основан на гашении электрической дуги, возникающей при размыкании контактов в вакууме. Благодаря тому, что электрическая прочность вакуума во много десятков раз выше, чем у любого другого газа, стало возможным создание быстродействующих коммутационных аппаратов небольших размеров.

Рассмотрим подробнее принцип гашения дуги. В момент размыкания контактов в вакууме между ними возникает электрический разряд, который поддерживается за счет металла, испаряющегося с поверхности. При этом проводник электрического тока – плазма (рис. 13).



а)



б)

Рис. 13. Разряд (а) и восстановление (б) электрической прочности межконтактного пространства

Так как переменный электрический ток с течением времени меняется не только по величине, но и по направлению, при переходе синусоиды через ноль электрическая дуга гаснет. Частицы металла между контактов за небольшой промежуток времени (от 7 до 10 микросекунд) оседают на контактах и стенках камеры. Это приводит к восстановлению электрической прочности пространства между контактами (рис. 13, б).

Кроме дугогасящей камеры с контактами в конструкцию полюса вакуумного выключателя входит привод и тяговый изолятор. Для сохранения вакуума внутри дугогасящей камеры применяют сильфон. Он не позволяет проникать другим газам внутрь при движении контакта. На рис. 14 представлен разрез вакуумной камеры.

Преимущество вакуумных выключателей – длительный срок

службы (около 20 лет)

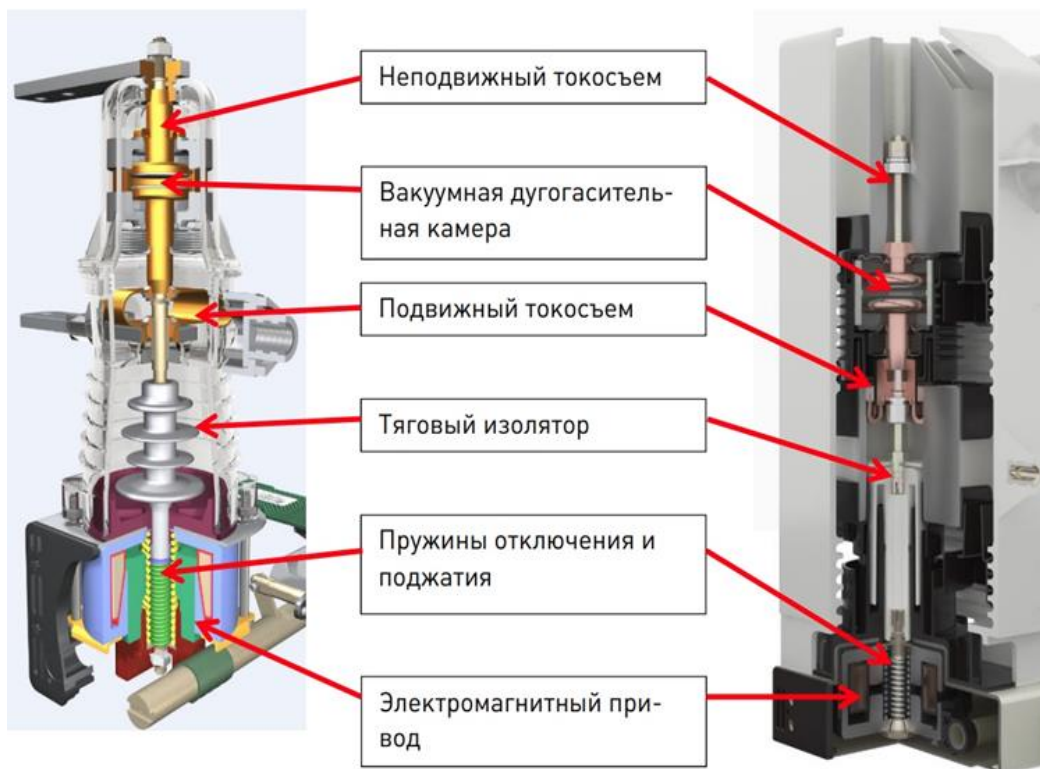


Рис. 14. Устройство камеры вакуумного выключателя

Структура условного обозначения

В Б Ч – С Х – 10 – Х / Х Х Х

									Выключатель
									Вакуумный
									Для частых коммутаций
									Специального исполнения
									конструктивное исполнение
								Э	– высота 1160 мм
								П	– высота 960 мм
									Номинальное напряжение
									Номинальный ток отключения-
									в килоамперах
									Номинальный ток в амперах
									Климатическое исполнение и катего-
									рия размещения по ГОСТ 15150-69
									и ГОСТ 15543.1-89.

Ресурс по включению и отключению контактов – не менее 20 000 операций. Во время всего срока службы выключатель не требует слож-



ного технического обслуживания. Дугогасящая камера не подлежит ремонту и при необходимости заменяется новой. Конструкция привода предусматривает возможность включения и отключения выключателя вручную.

Выключатель состоит из следующих основных частей:

Три полюса с единым приводом на все полюса. Каждый полюс содержит КДВ и узлы поджатия контактов КДВ. Один из контактов закреплён неподвижно, второй – подвижный. Он получает движение через тяговый изолятор посредством электромагнитного привода. Меняя полярность постоянного тока, подаваемого на электромагнит, можно размыкать или замыкать контакты. Для удержания деталей привода в выбранном положении используется постоянный круговой магнит.

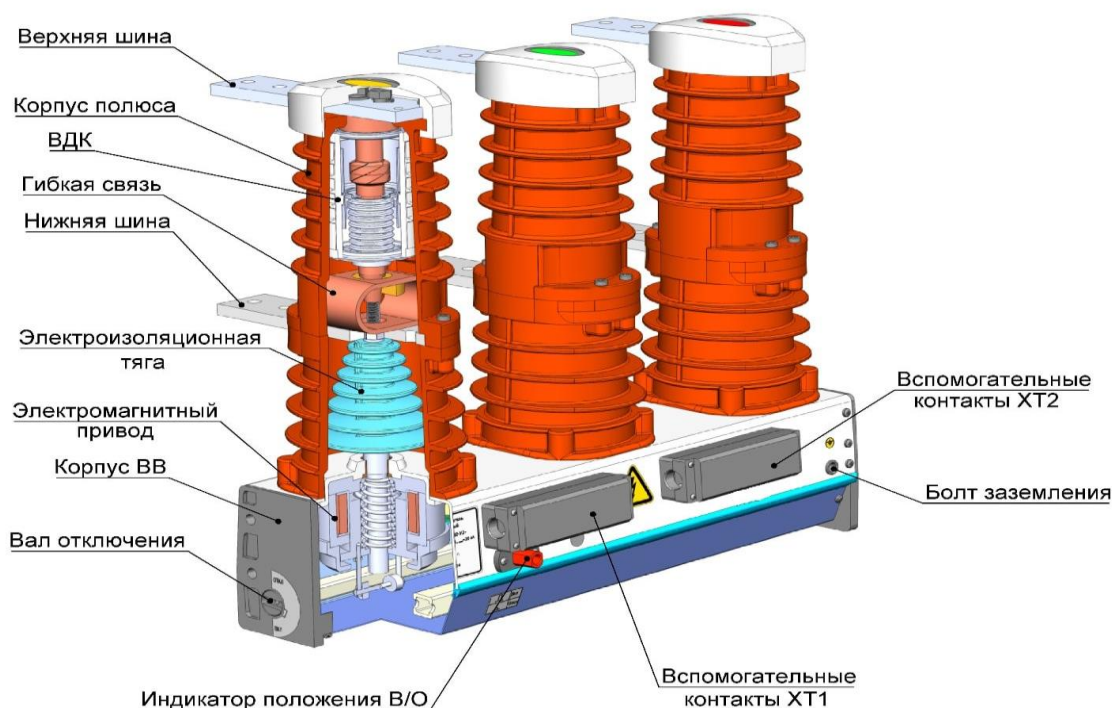


Рис. 15. Устройство вакуумного выключателя

Вал выключателя, который предназначен для перемещения контактов КДВ за счет тягового усилия электромагнита включения и энергии, предварительно запасенной отключающей пружиной при включении, а также осуществляет кинематическую связь с блоком сигнализации.

Для обеспечения оптимальной скорости движения якоря и уменьшения переходного сопротивления контактов применяется пружинная система. Привод выключателя собран в одном корпусе, куда также вхо-

дят кинематическая и электрическая схемы для контроля и управления работой. У выключателя три полюса, которые разделены между собой.

Управление выключателем осуществляется через блок управления, который выносится на отдельную панель (шкаф) или располагается в корпусе выключателя. Блок управления может быть микропроцессорным или работать на электромеханических реле.

Блок сигнализации, который предназначен для обеспечения работы схемы управления выключателя и сигнализации положения выключателя.

По исполнению вакуумные выключатели выпускаются для установки как в закрытых распределительных устройствах, так и в открытых. Вакуумные выключатели, предназначенные для установки в закрытых распределительных устройствах, могут быть выкатного (рис. 16) или стационарного исполнения.

онар  
часть  
шины

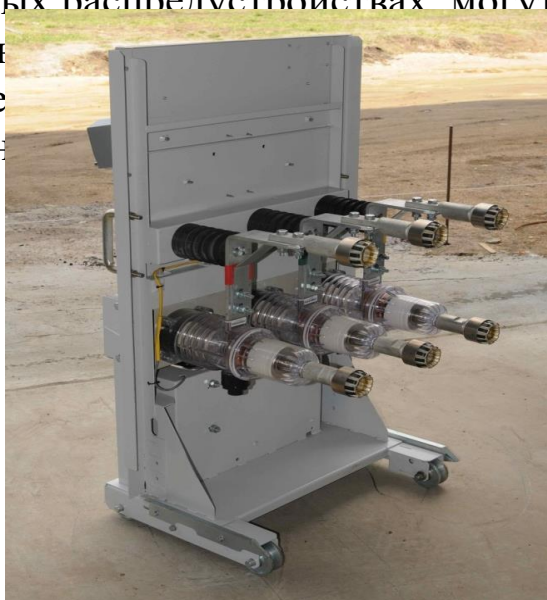


Рис. 16. Выкатные вакуумные выключатели внутренней установки

Включение выключателя происходит при подаче питания на катушку электромагнита включения или рычагом для ручного включения. Гнездо рычага устанавливается на четырехгранный выступ вала выключателя. Нажатием рычага вниз осуществляется включение выключателя.

При подаче питания на катушку электромагнита включения, якорь электромагнита включения, втягивается в катушку и поворачивает (через механизм свободного расцепления) вал выключателя. Вал выключателя через изоляционные тяги и узлы поджатия замыкает контакты КДВ. Во включенном положении вал выключателя удерживается механической защелкой.

Отключение выключателя происходит при воздействии электромагнита оперативного отключения или кнопки ручного отключения на релейный валик, который, воздействует на защелку механизма свободного расцепления. Защелка выходит из зацепления с роликом. После этого, механизм свободного расцепления складывается, поворачивается вал выключателя (под действием пружин поджатия и отключения), и происходит отключение. Конечное положение вала выключателя в отключенном состоянии определяется демпфером.

#### Основные технические характеристики

Ассортимент выпускаемых вакуумных коммутационных аппаратов разнообразен. Выбирая подходящую модель в соответствии с местными условиями, обращают внимание на основные технические характеристики:

Класс напряжения.

Номинальный рабочий ток и ток короткого замыкания.

Динамическая и термическая устойчивость.

Коммутационный ресурс.

Тип исполнения.

Климатическое исполнение.

Совместимость систем управления.

Скорость срабатывания.

Габаритные размеры и масса выключателя.

#### Правила выбора и монтажа

Выключатель выбирают на основании его технических характеристик. Учитывают рабочие параметры уже действующих схем электрических сетей. Выбор осуществляется исходя из максимальных показателей рабочих режимов сети.

Номинальное напряжение должно быть равным или большим, чем номинальное напряжение электрической сети. Выбор по длительному рабочему току производится исходя из максимально возможных параметров. Уставки защит обоснуются расчетами работы при наиболее тяжелых режимах.

Установка вакуумного выключателя проводится с соблюдением всех требований, указанных в нормативно-технической документации, с учетом организационных и технических мероприятий для безопасных работ.

Перед началом монтажа выключателя необходимо убедиться в комплектности и отсутствии дефектов путем внешнего осмотра. При



обнаружении на поверхности изоляторов сколов или трещин установка оборудования не допускается.

После проверки внешние поверхности очищаются ветошью без ворса. При этом уделяется особое внимание очистке изоляции полюсов выключателя. Перед установкой коммутационного аппарата проверяется работоспособность и целостность схемы вторичных цепей путем включения и отключения выключателя.

### Особенности эксплуатации

После ввода в эксплуатацию обязательно проводятся осмотры с частотой, указанной в технической документации производителя. Выключатель должен проходить периодическое техническое обслуживание – текущие и капитальные ремонты.

После аварийного отключения выключатель осматривается для выявления повреждений, которые могут возникать вследствие электродинамических нагрузок, оплавления, следов выброса раскаленного металла и т. п.

### Плюсы и минусы

К достоинствам вакуумных выключателей относят следующие:

Несложная и надежная конструкция.

Простота ремонта – если выйдет из строя дугогасящая камера, она подлежит замене без разборки.

Высокий ресурс.

Небольшие габаритные размеры и масса.

Отсутствие угрозы взрыва и возгорания.

Низкий уровень шума при отключении и включении.

Отсутствие негативного воздействия на окружающую среду.

Невысокие расходы при эксплуатации.

У вакуумных выключателей есть и недостатки:

Небольшой диапазон токов отключения по сравнению с другими типами высоковольтных выключателей.

Вероятность перенапряжений, обусловленных отключением индуктивных токов малой величины.

Невысокий ресурс дугогасящей камеры при отключении токов короткого замыкания.

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

При необходимости в отчете представить ответы на контрольные вопросы.

#### **5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Назовите назначение разъединителей, выключателей?
2. Дайте классификацию изученным аппаратам.
3. Какие требования предъявляются к конструкциям разъединителей, выключателей?
4. Каковы особенности конструкции разъединителей для наружной установки?
5. Каково назначение заземляющих ножей изученных аппаратов?
6. Поясните устройство и работу каждого типа разъединителя, выключателя.
7. Назовите преимущества элегаза по сравнению с воздухом.
8. Назовите недостатки элегаза по сравнению с воздухом.
9. Перечислите достоинства и недостатки элегазовых аппаратов.
10. Поясните работу дугогасительного устройства с автопневматическим дутьем.
11. Как работает элегазовая камера с магнитным дутьем?

#### **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Казаков, В. А. Электрические аппараты / В. А. Казаков. – Москва : ИП РадиоСофт, 2010. – 372 с.
2. Электрические аппараты: учеб. пособие / О. В. Девочкин и др. – Москва : ИЦ «Академия», 2010. – 238 с.
3. Мусаэлян, Э. С. Наладка и испытание электрооборудования электростанций и подстанций / Э. С. Мусаэлян. – Москва : Энергоатомиздат, 1986. – 503 с.