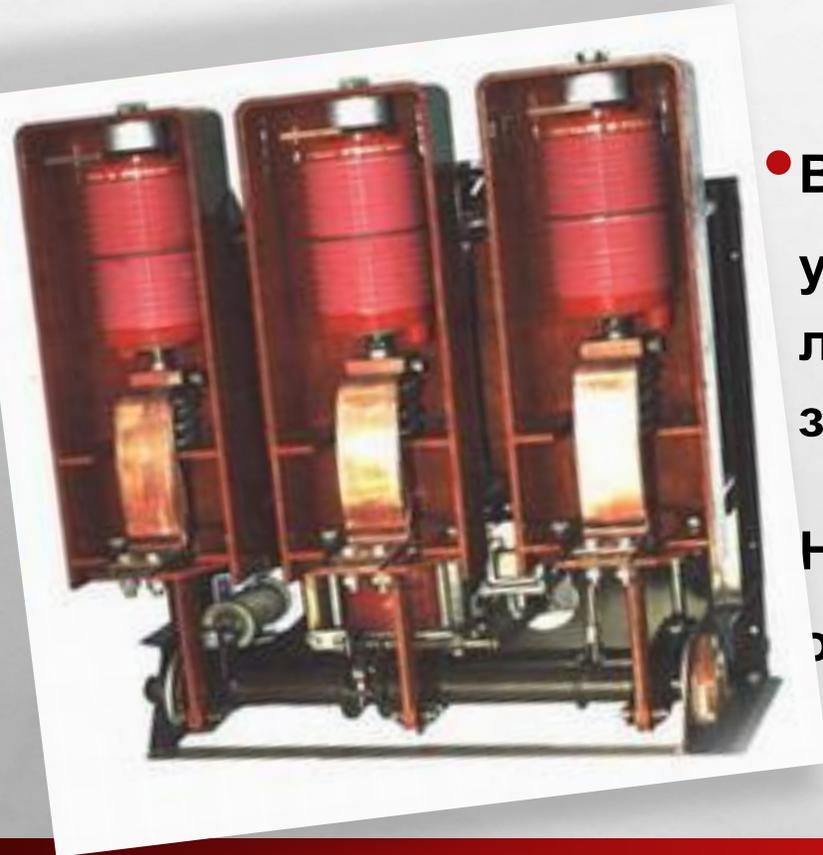


Презентация на тему:

# Вакуумные выключатели

Выполнил ст. гр.  
Б-624 -11 ТЭС  
Семенов Д.А.

# **Выключатель — это коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения тока.**



- Выключатель является основным аппаратом в электрических установках, он служит для отключения и включения в цепи в любых режимах: длительная нагрузка, перегрузка, короткое замыкание, холостой ход, несинхронная работа.

Наиболее тяжелой и ответственной операцией является отключение токов КЗ и включение на существующее короткое замыкание.

**К выключателям высокого напряжения  
предъявляют следующие  
требования:**

--	--	--	--	--	--	--

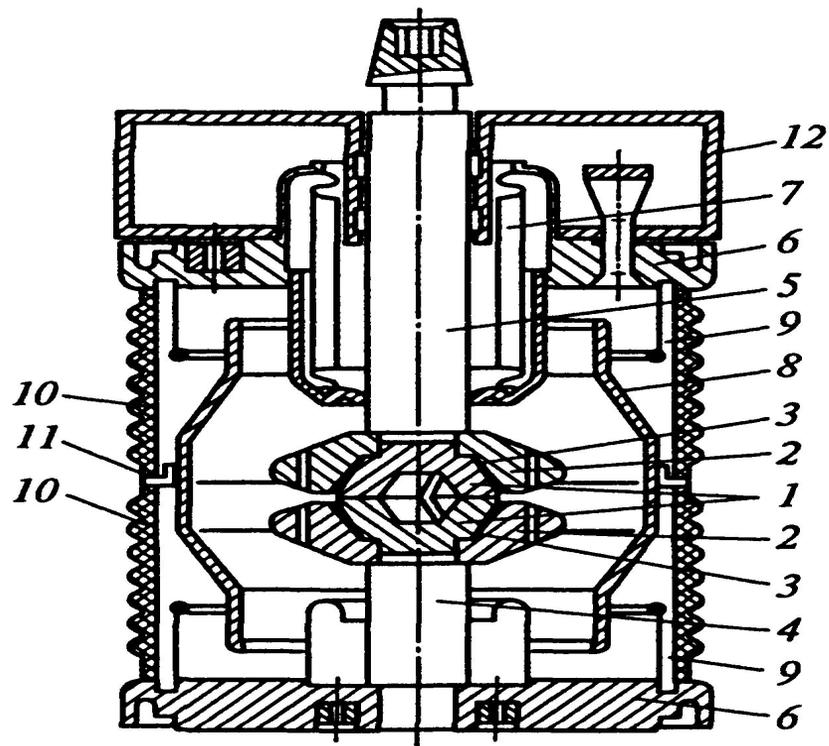
# **Подвижные выключатели**

Электрическая прочность и дугогасительные свойства вакуума **во много раз больше**, чем воздушного при атмосферном давлении. Это свойство используется в вакуумных дугогасительных камерах КДВ (рис. 4.44).

Высокая электрическая прочность вакуума обуславливает **малые габариты** дугогасительной камеры и вакуумного выключателя.

Перемещение подвижных контактов в вакуумной дугогасительной камере производится с помощью **сильфона**, т.е. путём деформации самой дугогасительной камеры.

Отключающая способность выключателя прежде всего зависит от **конструкции и материала** контактов.



**Рис. 4.44. Вакуумная дугогасительная камера КДВ-10-1600-20:**

*1* — рабочие контакты; *2* — дугогасительные контакты; *3* — зазоры; *4, 5* — токоведущие стержни; *6* — верхний фланец; *7* — сильфон; *8, 9* — экраны; *10* — керамический корпус; *11* — крепежное кольцо; *12* — корпус

Рабочие контакты (1) имеют вид полных усеченных конусов с радиальными прорезями. Такая форма контактов при размыкании создает радиальное электродинамическое усилие, заставляющее перемещаться дугу через зазоры (3) на дугогасительные контакты (2)

материал контактов подобран так, чтобы уменьшить количество испаряющегося металла. Вследствие глубокого вакуума ( $10^{-4}—10^{-6}$ ) Происходит быстрая диффузия заряженных частиц в окружающее Пространство, и при первом переходе тока через нуль дуга гаснет.

Подвод тока к контактам осуществляется с помощью медных стержней 4 и 5. Подвижный контакт крепится к верхнему фланцу 6 с помощью сильфона 7 из нержавеющей стали. Металлические экраны 8 и 9 служат для выравнивания электрического поля и для защиты керамического корпуса 10 от напыления паров металла, образующихся при горении дуги. Экран 8 крепится к корпусу камеры с помощью кольца 77. Поступательное движение верхнему контакту обеспечивается корпусом 12. Ход подвижного контакта составляет 12 мм.

На основе рассмотренной выше вакуумной дугогасительной камеры выпускаются выключатели напряжением 6—110 кВ с номинальным током до 3200 А и током отключения до 40 кА.

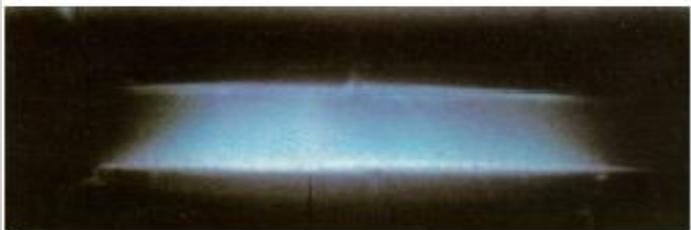
# ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В ВАКУУМЕ



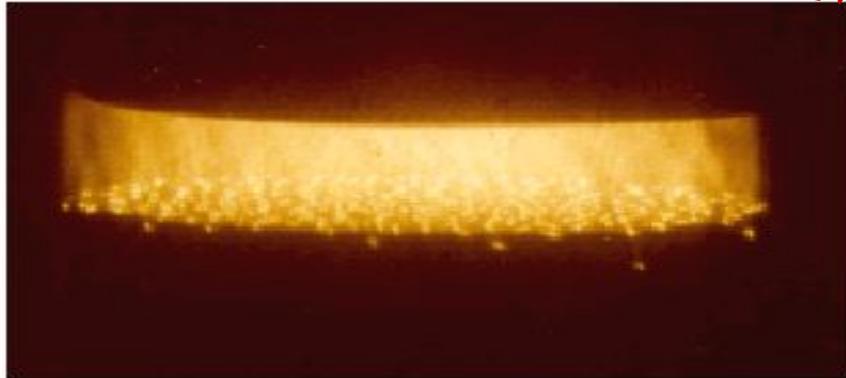
Вакуумная дуга при токе 1-2 кА



Вакуумная дуга при токе 15-20 кА



Вакуумная дуга при токе 50-60 кА



В вакууме дуга горит в парах металла.

При малых токах дуга в вакуумном промежутке имеет диффузную форму.

Источниками паров металла являются катодные пятна, хаотически возникающие, исчезающие и перемещающиеся по поверхности электродов.

При увеличении тока катодные пятна имеют тенденцию к группированию.

Дуга образованная объединением катодных пятен называется контрагированной. При этом в дуге выделяется намного больше энергии, чем в диффузной форме, и погасить её намного сложнее.

# ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ



Процесс образования электрической дуги может быть упрощенно представлен следующим образом. При расхождении контактов вначале уменьшается контактное давление и соответственно контактная поверхность, увеличиваются переходное сопротивление (плотность тока и температура — начинаются местные (на отдельных участках площади контактов) перегревы, которые в дальнейшем способствуют термоэлектронной эмиссии, когда под воздействием высокой температуры увеличивается скорость движения электронов и они вырываются с поверхности электрода.

В момент расхождения контактов, то есть разрыва цепи, на контактной промежутке быстро восстанавливается напряжение. Поскольку при этом расстояние между контактами мало, возникает электрическое поле высокой напряженности, под воздействием которого с поверхности электрода вырываются электроны. Они разгоняются в электрическом поле и при ударе в нейтральный атом передают ему свою кинетическую энергию. Если этой энергии достаточно, чтобы оторвать хотя бы один электрон с оболочки нейтрального атома, то происходит процесс ионизации.

Образовавшиеся свободные электроны и ионы составляют плазму створа дуги, то есть ионизированного канала, в котором горит дуга и обеспечивается непрерывное движение частиц. При этом отрицательно заряженные частицы, в первую очередь электроны, движутся в одном направлении (к аноду), а атомы и молекулы газов, лишенные одного или нескольких электронов, — положительно заряженные частицы — в противоположном направлении (к катоду).

Проводимость плазмы близка к проводимости металлов.

# Способы гашения дуги в коммутационных электрических аппаратах

Для того чтобы отключить элементы электрической цепи и исключить при этом повреждение коммутационного аппарата, необходимо не только разомкнуть его контакты, но и погасить появляющуюся между ними дугу. Процессы гашения дуги, так же как и горения, при переменном и постоянном токе различны. Это определяется тем, что в первом случае ток в дуге каждый полупериод проходит через нуль. В эти моменты выделение энергии в дуге прекращается и дуга каждый раз самопроизвольно гаснет, а затем снова загорается.

## Удлинение дуги

- При расхождении контактов в процессе отключения электрической цепи возникшая дуга растягивается. При этом улучшаются условия охлаждения дуги, так как увеличивается ее поверхность и для горения требуется большее напряжение.

## Деление длинной дуги на ряд коротких дуг

- Если дугу, образовавшуюся при размыкании контактов, разделить на  $K$  коротких дуг, например затянув ее в металлическую решетку, то она погаснет. Дуга обычно затягивается в металлическую решетку под воздействием электромагнитного поля, наводимого в пластинах решетки вихревыми токами. Этот способ гашения дуги широко используется в коммутационных аппаратах на напряжение ниже 1 кВ, в частности в автоматических воздушных выключателях.

## Охлаждение дуги в узких щелях

- Гашение дуги в малом объеме облегчается. Поэтому в коммутационных аппаратах широко используют дугогасительные камеры с продольными щелями (ось такой щели совпадает по направлению с осью ствола дуги). Такая щель обычно образуется в камерах из изоляционных дугостойких материалов. Благодаря соприкосновению дуги с холодными поверхностями происходят ее интенсивное охлаждение, диффузия заряженных частиц в окружающую среду и соответственно быстрая деионизация.

## Гашение дуги высоким давлением

- способы гашения электрической дуги При неизменной температуре степень ионизации газа падает с ростом давления, при этом возрастает теплопроводность газа. При прочих равных условиях это приводит к усиленному охлаждению дуги. Гашение дуги при помощи высокого давления, создаваемого самой же дугой в плотно закрытых камерах, широко используется в плавких предохранителях и ряде других аппаратов.

## Гашение дуги в масле

- Если контакты выключателя помещены в масло, то возникающая при их размыкании дуга приводит к интенсивному испарению масла. В результате вокруг дуги образуется газовый пузырь (оболочка), состоящий в основном из водорода (70...80 %), а также паров масла. Выделяемые газы с большой скоростью проникают непосредственно в зону ствола дуги, вызывают перемешивание холодного и горячего газа в пузыре, обеспечивают интенсивное охлаждение и соответственно деионизацию дугового промежутка. Кроме того, деионирующую способность газов повышает создаваемое при быстром разложении масла давление внутри пузыря.

Дугогасительные камеры по принципу действия разделяют на три основные группы: с автодутьем, когда высокие давление и скорость движения газа в зоне дуги создаются за счет выделяющейся в дуге энергии, с принудительным масляным дутьем при помощи специальных нагнетающих гидравлических механизмов, с магнитным гашением в масле, когда дуга под действием магнитного поля перемещается в узкие щели.

способы гашения электрической дуги Наиболее эффективны и просты дугогасительные камеры с автодутьем. В зависимости от расположения каналов и выхлопных отверстий различают камеры, в которых обеспечивается интенсивное обдувание потоками газопаровой смеси и масла вдоль дуги (продольное дутье) или поперек дуги (поперечное дутье). Рассмотренные способы гашения дуги широко используются в выключателях на напряжение выше 1 кВ.

Другие способы гашения дуги в аппаратах на напряжение выше 1 кВ

способы гашения электрической дуги Кроме указанных выше способов гашения дуги, используют также: сжатый воздух, потоком которого вдоль или поперек обдувается дуга, обеспечивая ее интенсивное охлаждение (вместо воздуха применяются и другие газы, часто получаемые из твердых газогенерирующих материалов — фибры, винипласта и т. п. — за счет их разложения самой горячей дугой), элегаз (шестифтористая сера), обладающий более высокой электрической прочностью, чем воздух и водород, в результате чего дуга, горящая в этом газе, даже при атмосферном давлении достаточно быстро гасится, высококоразреженный газ (вакуум), при размыкании контактов в котором дуга не загорается вновь (гаснет) после первого прохождения тока через нуль.

Вакуумные выключатели 6—10 кВ широко применяются для замены маломасляных и электромагнитных выключателей в комплектных распределительных устройствах, для чего они комплектуются на выкатных тележках 7 (рис. 4.45).

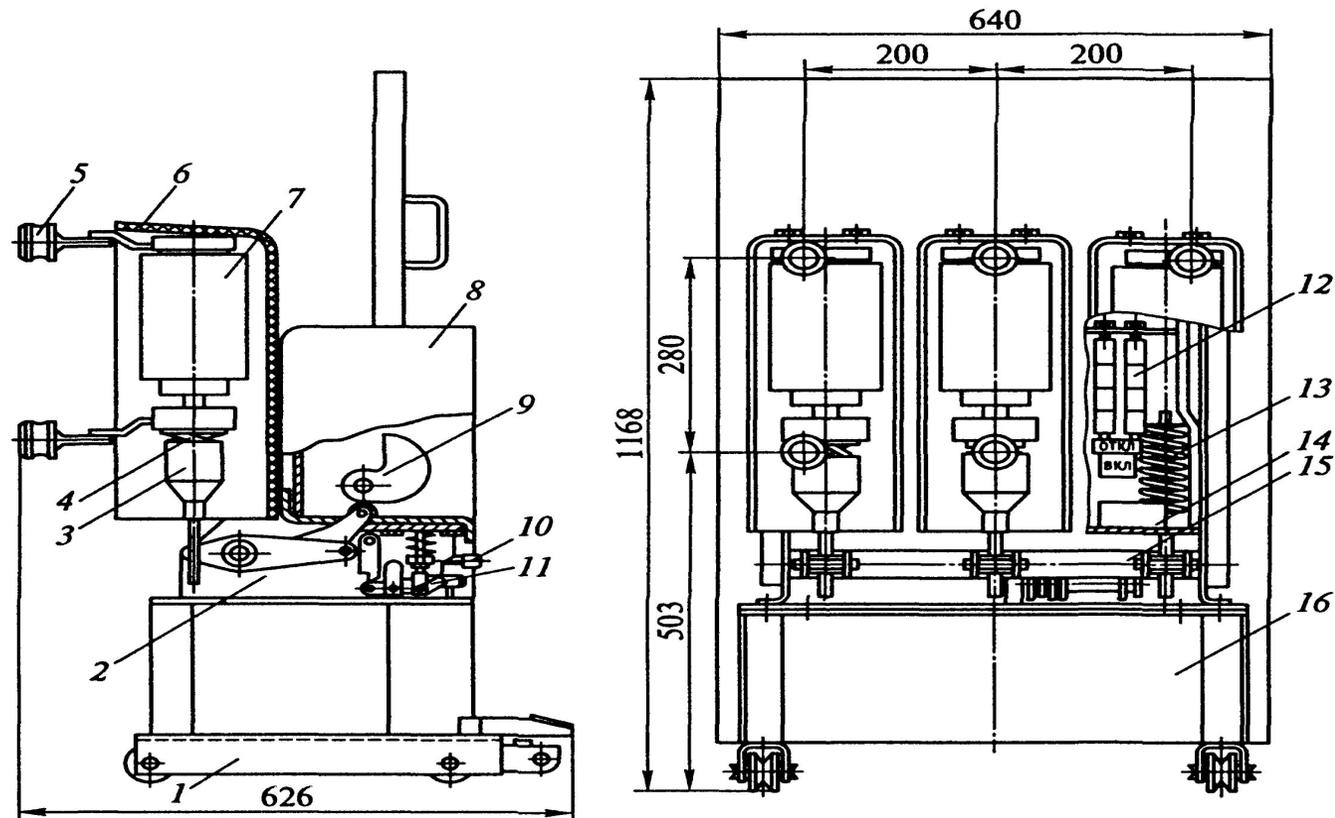
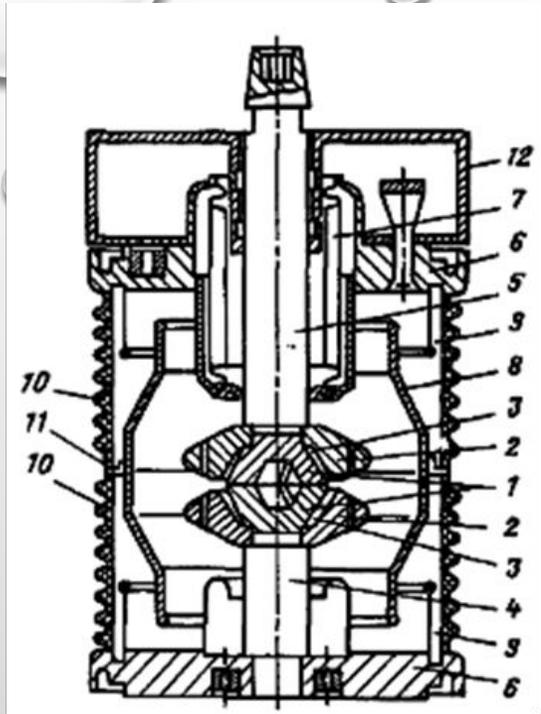


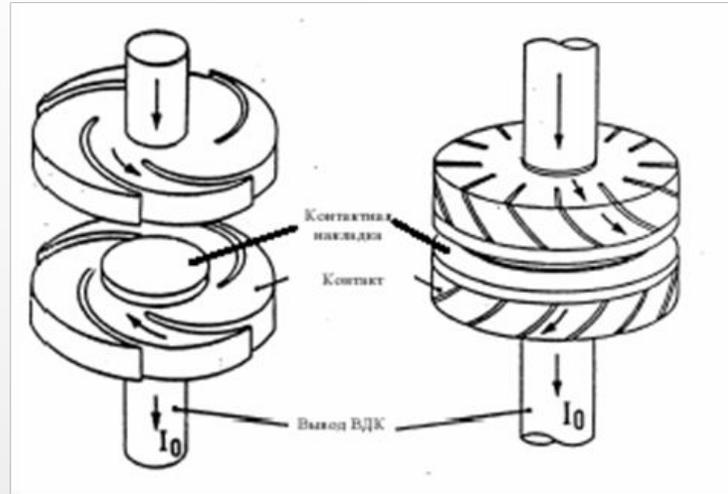
Рис. 4.45. Выключатель вакуумный ВВП-С-10-31,5/1600 УЗ:

1 — выкатная тележка; 2 — рама; 3 — изоляционные тяги; 4 — узел поджатия; 5 — токовыводы; 6 — изоляционный каркас; 7 — вакуумная дугогасительная камера (КДВ); 8 — пружинно-моторный привод; 9 — кулачковый вал привода; 10 — кнопка отключения; 11 — блок защелок; 12 — блок сигнализации; 13 — отключающая пружина; 14 — буфер; 15 — вал выключателя; 16 — индукционно-динамическое устройство управления (ИДУУ)

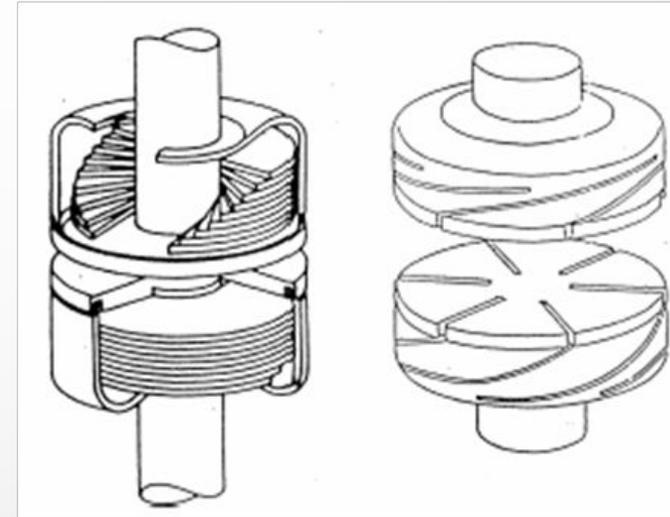
# Конструкции контактных систем вакуумных выключателей



Контактная система  
**торцевого** типа



Контактные системы с  
**радиальным** магнитным  
полем.



Контактные системы с  
**аксиальным** магнитным  
полем.

Одним из важных компонентов дугогасительной камеры является металлический экран, предназначенный для адсорбции паров металла. Подвижный контакт крепится при помощи сильфона. Ход контактов составляет всего несколько миллиметров.

# ВАКУУМНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

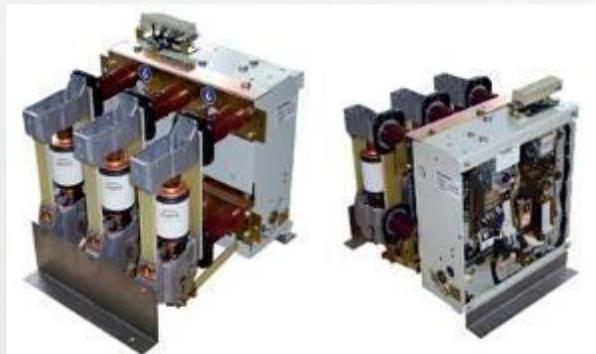
## Преимущества вакуумных выключателей

- ПРОСТОТА КОНСТРУКЦИИ
- ВЫСОКИЙ КОММУТАЦИОННЫЙ РЕСУРС НОМИНАЛЬНЫХ ТОКОВ
- МАЛЫЕ ГАБАРИТЫ
- ПОЖАРО И ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ
- БЕСШУМНОСТЬ И ПРОСТОТА ЭКСПЛУАТАЦИИ
- ВЫСОКАЯ НАДЁЖНОСТЬ

## Недостатки вакуумных выключателей

- СРАВНИТЕЛЬНО МАЛАЯ ОТКЛЮЧАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ
- КОММУТАЦИОННЫЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ
- РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ
- МАЛЫЙ РЕСУРС ОТКЛЮЧЕНИЯ ТОКОВ КЗ
- НЕОБХОДИМОСТЬ КОНТРОЛЯ ВАКУУМА

# ТИПЫ ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ



**Выключатели серии BVST**  
**U<sub>ном</sub> = 6-10 кВ**  
**I<sub>ном</sub> = 630-1600А**  
**I<sub>откл</sub> = 10-20 кА**



**Выключатели серии BV/TEL**  
**U<sub>ном</sub> = 6-10 кВ**  
**I<sub>ном</sub> = 630-1600А**  
**I<sub>откл</sub> = 20-31,5 кА**



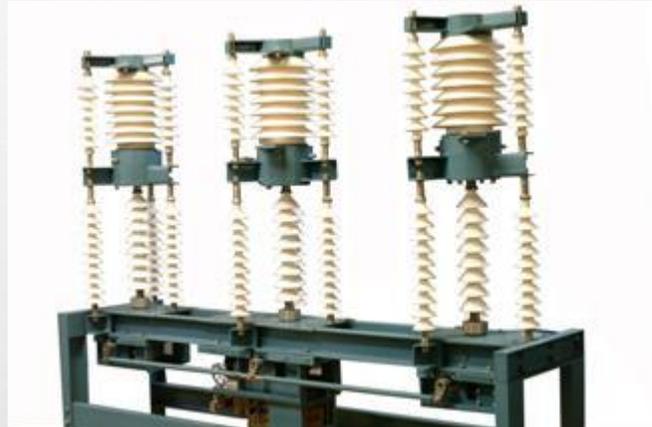
**Выключатели серии BBU**  
**U<sub>ном</sub> = 6-10 кВ**  
**I<sub>ном</sub> = 630-1600А**  
**I<sub>откл</sub> = 20-31,5 кА**

**Практически во всех ВВ, выпускаемых в России, используются зарубежные вакуумные дугогасительные камеры (преимущественно, фирм ABB, Siemens)**

# ТИПЫ ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ



**Выключатели серии ВБЦ**  
**U<sub>ном</sub> = 35 кВ**  
**I<sub>ном</sub> = 630-1600А**  
**I<sub>откл</sub> = 20 кА**



**Выключатели серии ВБН**  
**U<sub>ном</sub> = 35 кВ**  
**I<sub>ном</sub> = 1000А**  
**I<sub>откл</sub> = 25 кА**



**Выключатели серии ВБ и ВБС**  
**U<sub>ном</sub> = 35 кВ**  
**I<sub>ном</sub> = 1600А**  
**I<sub>откл</sub> = 25 кА**

# ТИПЫ ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ



**Выключатели серии ВБП**  
**U<sub>ном</sub> = 110 кВ**  
**I<sub>ном</sub> = 2000А**  
**I<sub>откл</sub> = 31,5 кА**



**Выключатели серии ВБЭ**  
**U<sub>ном</sub> = 110 кВ**  
**I<sub>ном</sub> = 1250-1600А**  
**I<sub>откл</sub> = 20-31,5 кА**



**Выключатели серии ВВГ**  
**(генераторный)**  
**U<sub>ном</sub> = 10 кВ**  
**I<sub>ном</sub> = 4000-5000А**  
**I<sub>откл</sub> = 63 кА**

# ТИПЫ ВАКУУМНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ



**Выключатели серии VD  
фирмы ABB  
U<sub>ном</sub> = 12-24 кВ  
I<sub>ном</sub> = 630-2500А  
I<sub>откл</sub> = 16-40 кА**



**Выключатели серии HVF  
фирмы HYUNDAI  
U<sub>ном</sub> = 7,2-38 кВ  
I<sub>ном</sub> = 630-3150А  
I<sub>откл</sub> = 12,5-50 кА**



**Выключатели серии ZW20A  
фирмы HUAYI наружной  
установки  
U<sub>ном</sub> = 12 кВ  
I<sub>ном</sub> = 3150 А  
I<sub>откл</sub> = 31,5 кА**

Спасибо за  
внимание!!!