

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

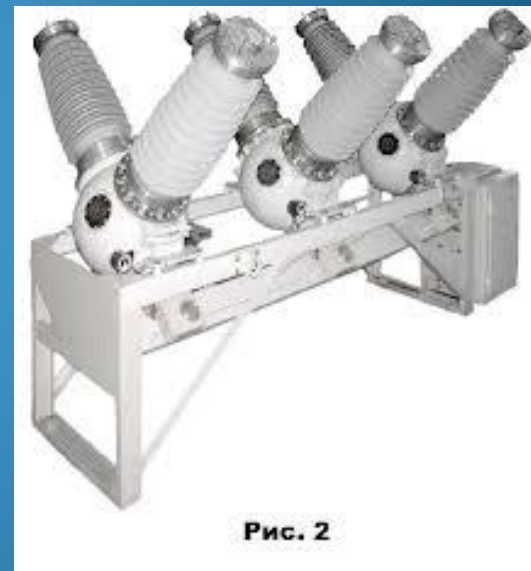


Рис. 2



Владивосток 2012 г.

Выключатели

- **Выключателем называется коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения электроустановок под нагрузкой вплоть до токов короткого замыкания.**
- **При совместном действии с релейной защитой выключатели являются защитными аппаратами, на которые возлагается защита электроприемников и электроустановок от КЗ, которые могут привести к аварийным режимам и выходу из строя электрооборудования.**

Выключатели

- Выключатели, используемые в подстанциях, называются «**LOAD BREAK FAULT MAKE**». Они обеспечивают передачу и разрыв не только номинального тока, но и аномального тока в течение заданного времени, такого как ток КЗ, который они неспособны ограничить.
- В распределительных сетях выключатели могут быть объединены с заземляющими выключателями отходящих цепей. Обычно, в таком же корпусе заземляющие выключатели способны проводить и выдерживать определенный период времени токи КЗ, однако они редко предназначаются для разрыва тока.

Выключатели

- Выключатели характеризуются номинальным током и номинальным напряжением, током включения и током отключения, термической и электродинамической стойкостью, временем включения и отключения.
- Номинальным током включения является ток КЗ, который выключатель может включить без приваривания контактов и других повреждений при номинальном напряжении и заданном цикле.
- Номинальный ток включения определяется действующим значением $I_{\text{вкл.ном}}$ и его амплитудным значением.

Выключатели

- Номинальным током отключения является наибольшее действующее значение тока КЗ, который выключатель способен отключить при номинальном напряжении без приваривания контактов.
- Номинальный ток отключения определяется действующим значением периодической составляющей в момент размыкания контактов.

Выключатели

- Для выключателей устанавливается коммутационный цикл – последовательность коммутационных операций с определенными интервалами между ними. Обычно задаются циклы:

O – 180 – BO – 180 – BO

O – $t_{бт}$ – BO – 180 – BO,

где

O – операция отключения;

BO – операция включения и немедленного отключения;

180 – промежуток времени в с;

$t_{бт}$ – бестоковая пауза при автоматическом повторном включении (АПВ), обычно 0,3 – 1,2 с.

Выключатели

Выключатели имеют ручные, пружинные, грузовые, электромагнитные, пневматические приводы.

Ручные приводы применяются для маломощных выключателей, когда мускульная сила обеспечивает включение и отключение выключателя.

Отключение выключателя может выполняться с помощью электромагнитов отключения. Если дистанционное отключение не предусматривается, то привод применяется без электромагнитов отключения.

Пружинные приводы. Включение выключателя производится благодаря запасенной энергии в мощной пружине. Пружинный привод является приводом косвенного действия. Завод пружины осуществляется электродвигателем.

Выключатели

Термическая стойкость выключателя характеризуется наибольшим действующим значением тока ($I_{тер.}$)

Электродинамическая стойкость характеризуется наибольшим амплитудным значением тока КЗ, ($I_{дин.}$)

По конструктивным особенностям и способу гашения электрической дуги

выключатели делят на

воздушные,

масляные,

элегазовые,

вакуумные,

электромагнитные.

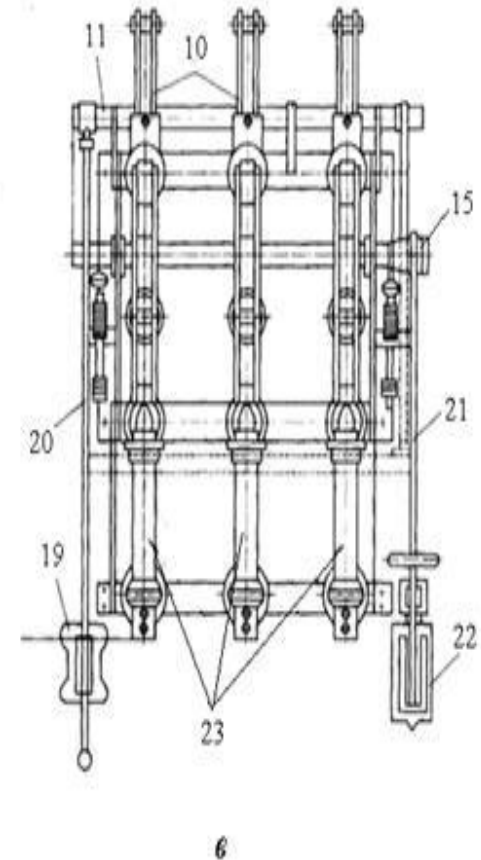
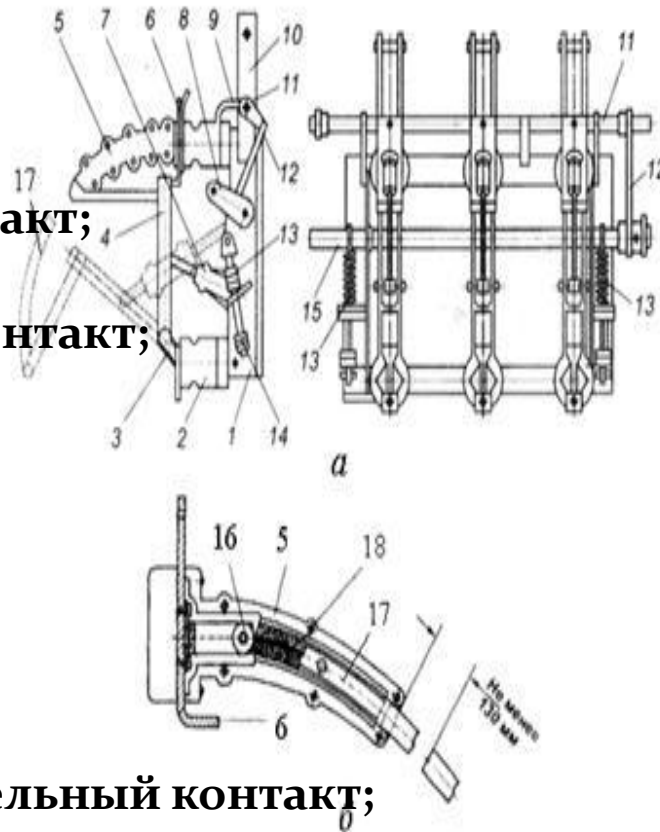
Выключатели нагрузки

- В отдельную группу выделяются:
- **Выключатели нагрузки (ВН)**, предназначенные для отключения токов нормального режима.
- **Выключатели** 6-10 кВ выполняются стационарными и на выкатных тележках.
- **ВН** – это коммутационный аппарат, предназначенный для включения и отключения рабочих токов в нормальном режиме вплоть до номинального значения.
- В эксплуатации находятся **выключатели нагрузки** с номинальным током до 630 А, на напряжение 6 – 10 кВ.
- **ВН** снабжаются автогазовой дугогасительной камерой.
- **ВН** созданы на базе разъединителя врубного типа.

**в – выключатель нагрузки
с предохранителями:**

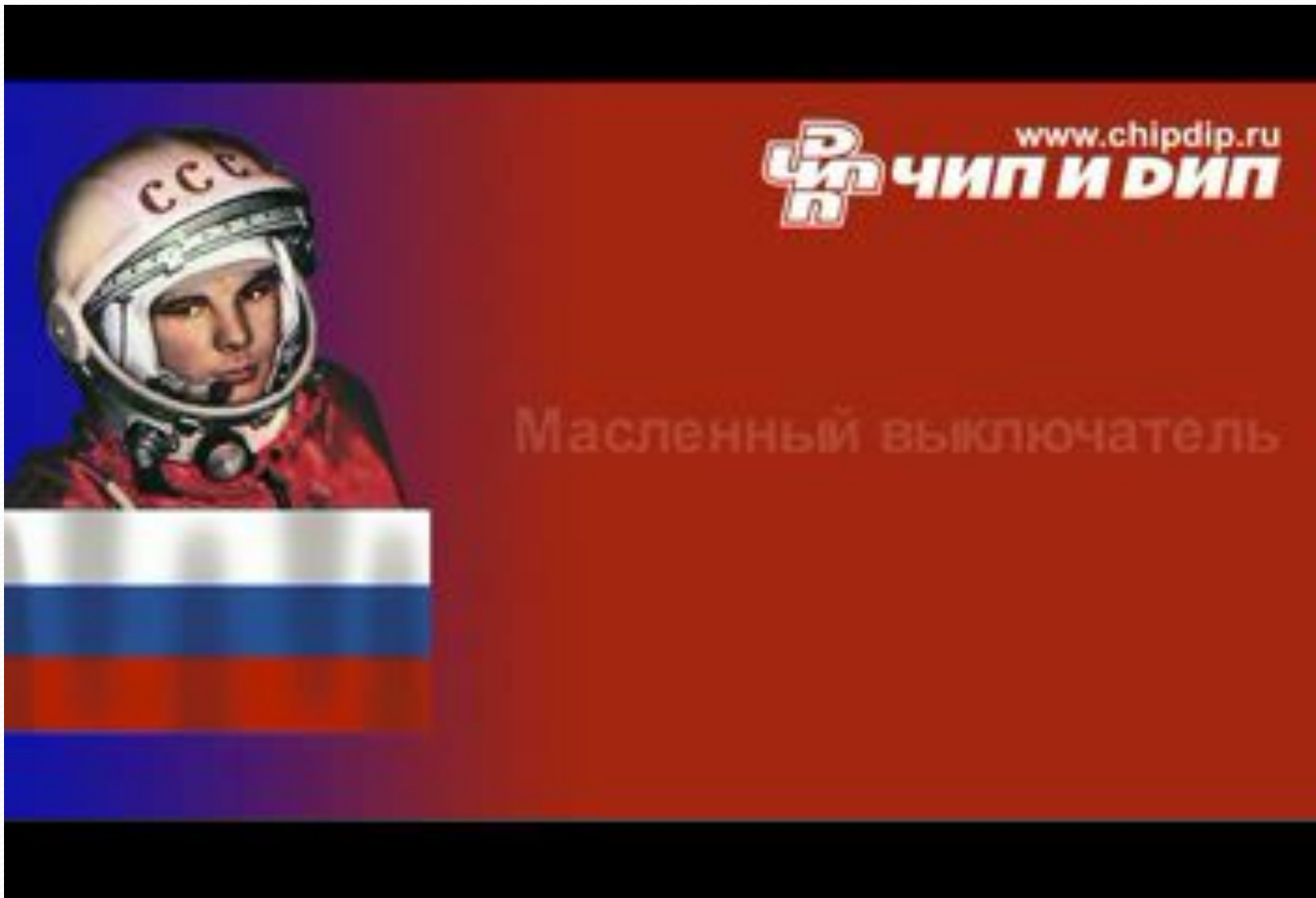
а – общий вид

- 1 – рама;
- 2 – изолятор;
- 3 – контактная стойка;
- 4 – главный подвижный контакт;
- 5 – дугогасительная камера;
- 6 – главный неподвижный контакт;
- 7 – изоляционная тяга;
- 8, 12 – рычаг;
- 9 – гибкая связь;
- 10 – заземляющий нож;
- 11, 15 – вал;
- 13 – пружина;
- 14 – амортизирующая шайба;
- 16 – неподвижный дугогасительный контакт;
- 17 – подвижный дугогасительный контакт;
- 18 – газогенерирующая вставка;
- 19, 22 – приводы заземляющих ножей и выключателя нагрузки;
- 20, 21 – тяги приводов заземляющих ножей и выключателя нагрузки;
- 23 – предохранители



б – дугогасительная камера

Масляные выключатели



СССР

www.chipdip.ru
ЧИП И ДИП

Масленный выключатель

The advertisement features a cosmonaut in a white helmet with 'СССР' (USSR) on the forehead, set against a blue and purple background. Below the cosmonaut is a stylized Russian flag. The company logo 'ЧИП И ДИП' and website 'www.chipdip.ru' are in the top right. The text 'Масленный выключатель' (Oil circuit breaker) is centered in the lower half.

Масляные выключатели

Гашение дуги в масляных выключателях

осуществляется путем интенсивного ее охлаждения в потоке газопаровой смеси, которая образуется в результате разложения и испарения масла под действием электрической дуги.

В составе газопаровой смеси, возникающей в результате разложения масла под действием дуги, находится **до 70% водорода (H_2)**, обладающего по сравнению с воздухом **в 8 раз более высокой теплопроводностью**, но меньшей предельной электрической прочностью. Поток газопаровой смеси в зоне горения дуги обладает высокой температурой от **800 до 2500 К**. При этом давление может достигать до **10 МПа**

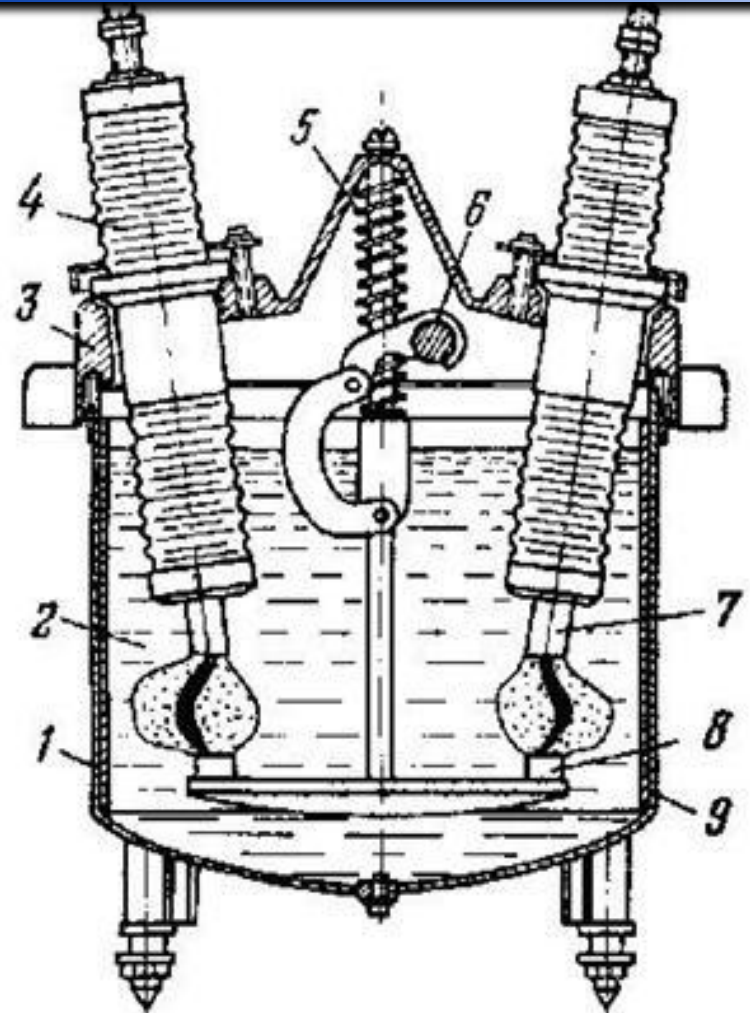
- В зависимости от назначения масла можно выделить две основные группы масляных выключателей:
- **баковые** (многообъемные) масляные выключатели, в которых масло используется для гашения и изоляции токоведущих частей от заземленного бака;
- **маломасляные** (малообъемные) масляные выключатели, в которых масло используется только для гашения дуги и изоляции между разомкнутыми контактами одного полюса.

Дугогасительные камеры в масляных выключателях по принципу действия можно разделить на три группы:

- с **автодутьем**, когда высокое давление и большая скорость движения газа в зоне дуги создаются за счет выделяющейся в дуге энергии;
- с **принудительным масляным дутьем**, когда масло в зону гашения дуги подается с помощью специальных устройств;
- с **магнитным гашением в масле**, когда дуга под действием магнитного поля перемещается в узкие щели и каналы.

масляный баковый выключатель

- 1 – бак выключателя;
- 2 – трансформаторное масло;
- 3 – крышка;
- 4 – изолятор;
- 5 – отключающая пружина;
- 6 – вал;
- 7 – неподвижный главный контакт;
- 8 – подвижный контакт;
- 9 – внутрибаковая изоляция



Гашение дуги в масле позволяет создавать серии выключателей на разные напряжения с использованием унифицированных узлов.

Элегазовые выключатели



Элегазовые выключатели

Гашение дуги в элегазовых выключателях

осуществляется в среде элегаза – шестифтористой серы SF_6 .

Элегаз обладает высокими дугогасящими свойствами – низкой теплоемкостью в канале столба дуги и повышенной теплопроводностью горячих газов, окружающих столб дуги (2000 К). Это характеризует элегаз как среду с высокими теплопроводящими свойствами.

К недостаткам элегаза следует отнести его низкую температуру сжижения ($-64^{\circ}C$) при $0,1$ МПа, которая с повышением давления тоже повышается.

Элегазовые выключатели

Чистый элегаз не горюч, инертен, устойчив к нагреву до **800°C**.

Под влиянием электрической дуги происходит **разложение элегаза** с образованием химически активных соединений, **которые могут вызвать разрушение изоляционных и конструкционных материалов**.

Кроме активных газов во время горения дуги в результате реакции с парами материалов дугогасительных контактов образуются **металлические фториды** в виде тонкого слоя порошка. Этот порошок обладает низкой электропроводностью, поэтому не снижает электрическую прочность изоляции аппарата.

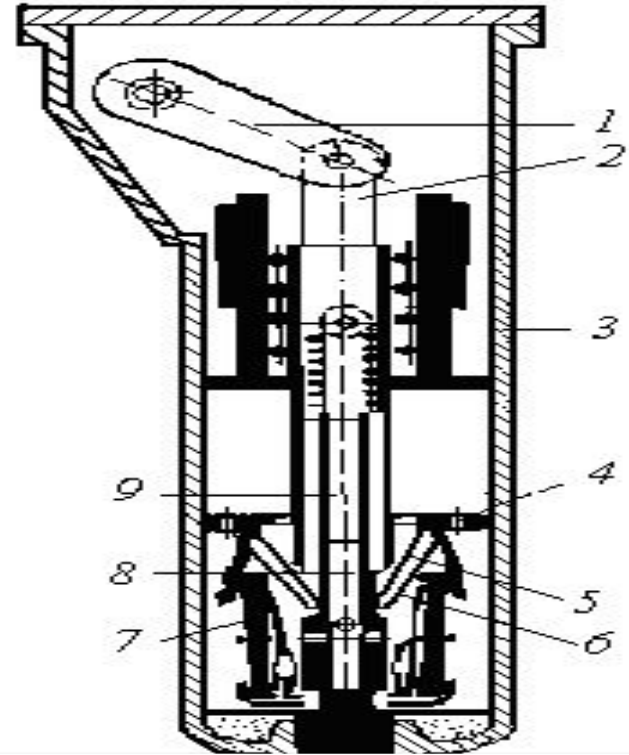
По способу гашения дуги в элегазе различают следующие дугогасительные камеры:

- камера продольного дутья, в которую поступает предварительно сжатый газ из резервуара с относительно высоким давлением элегаза;
- камера с автокомпрессионным дутьем в элегазе, создаваемом посредством встроенного компрессионного устройства;
- камера с электромагнитным дутьем, в которой гашение дуги обеспечивается в результате ее перемещения под воздействием радиального магнитного поля, создаваемого отключаемым

Элегазовый выключатель

Элегазовый автокомпрессионный выключатель:

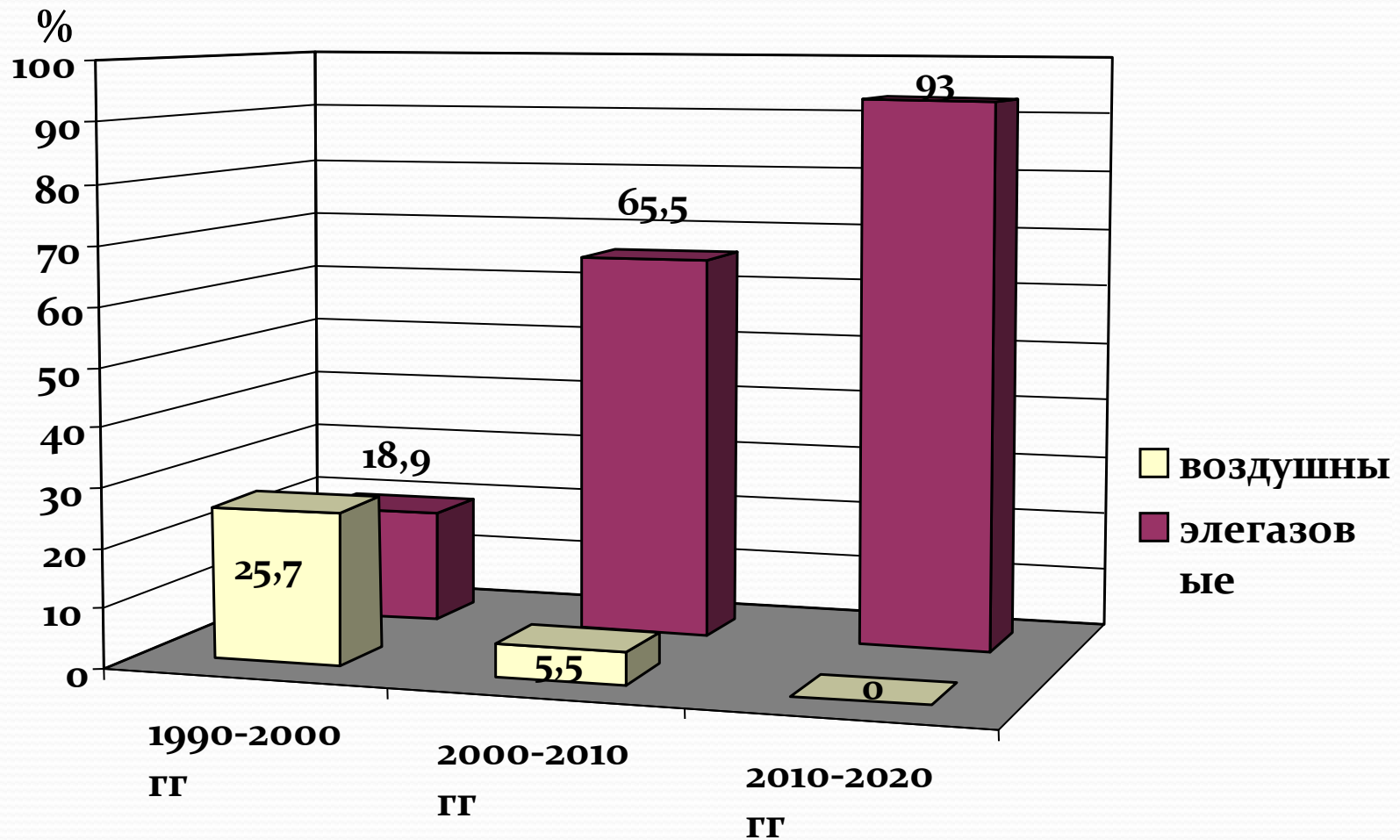
- 1, 2 – рычаги;
- 3 – корпус;
- 4 – поршень;
- 5 – подвижный контакт;
- 6 – неподвижный контакт;
- 7 – дугогасительная камера;
- 8, 9 – дугогасительные контакты



Элегазовые выключатели обеспечивают пожаро- и взрывобезопасность, быстродействие. Они обладают высокой отключающей способностью и высокой износостойкостью. Они допускают установку для наружной (КРУН) и внутренней (КРУ) эксплуатации.

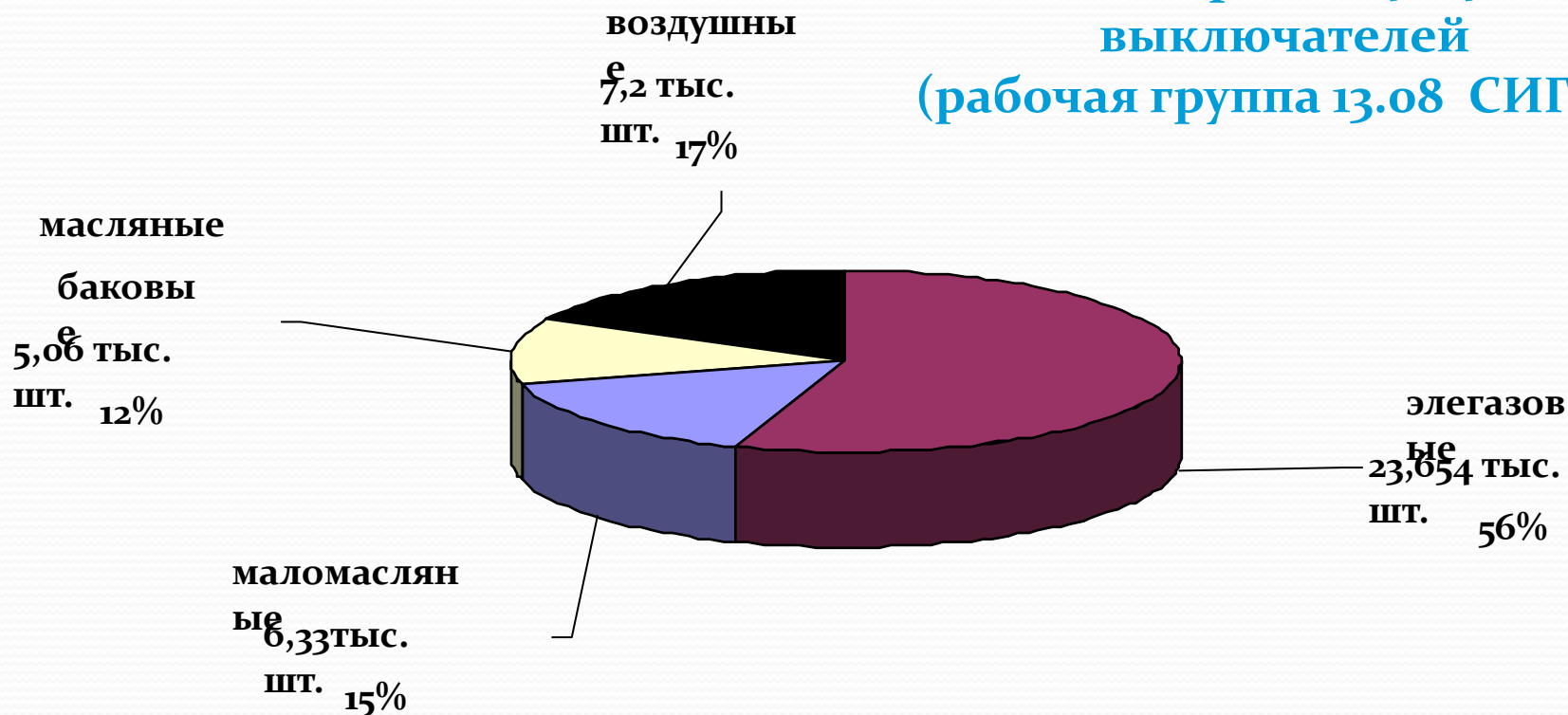
В зарубежных сетях доля элегазовых выключателей составляет **56%** от общего количества установленных выключателей. При этом, среди выключателей, установленных за последние 10 лет, доля элегазовых выключателей составляет – **100%**.

Доля элегазовых и воздушных выключателей от общего количества



В зарубежных сетях доля элегазовых выключателей составляет **56%** от общего количества установленных выключателей.

Выборка из 42240 выключателей
(рабочая группа 13.08 СИГРЕ)



Среди выключателей, установленных за последние 10 лет, доля элегазовых выключателей составляет – **100%**.

Вакуумные выключатели



Вакуумные выключатели

В вакуумных выключателях гашение электрической дуги осуществляется в вакууме.

Выключатели снабжаются камерами с глубоким ($10^4 - 10^6$ Па) вакуумом.

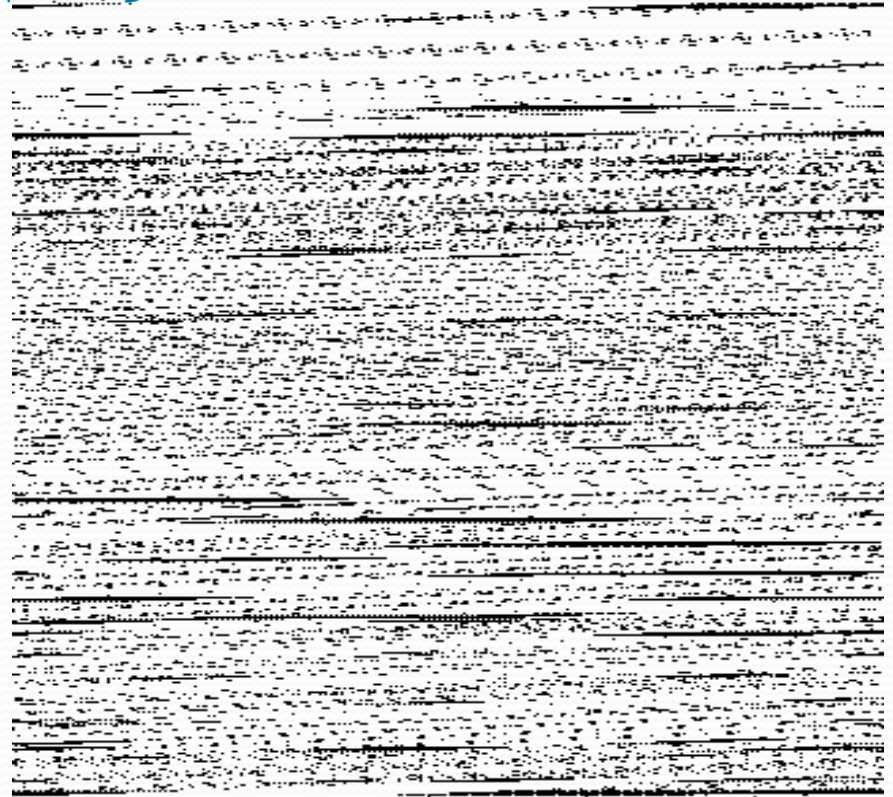
Использование вакуума в дугогасительных устройствах обусловлено тем, что **электрическая прочность вакуумного межконтактного промежутка** во много раз больше, чем воздушного промежутка при атмосферном давлении. Это позволяет иметь расстояние между контактами при напряжениях до **35 кВ не более 10 мм**.

Вакуумные выключатели находят применение при напряжениях **10–110 кВ**.

Вакуумный выключатель

Вакуумная дугогасительная камера ВДК-10-31:

- 1, 2 – составные части корпуса;
- 3, 9, 10, 14 – экран;
- 4, 15 – фланец;
- 5 – сильфон;
- 6 – уплотнение;
- 7 – медный стержень;
- 8 – крышка;
- 11 – подвижный контакт;
- 12 – неподвижный контакт;
- 13 – токоввод



Применение вакуумных выключателей постоянно расширяется. Этому способствует простота конструкции, высокая надежность и коммутационная износостойкость, пожаро- и взрывобезопасность.

Электромагнитные выключатели

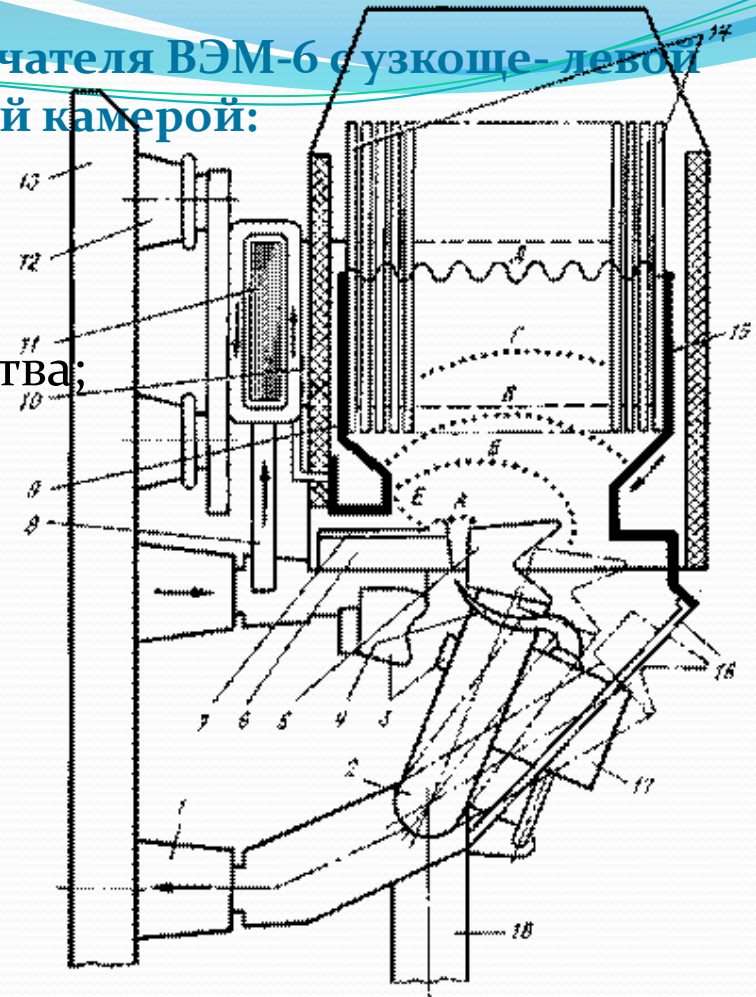
Гашение электрической дуги в электромагнитных выключателях

осуществляется в узкощелевых камерах при воздействии на нее электромагнитного поля.

Принцип действия электромагнитного выключателя заключается в том, что при **воздействии магнитного поля на дугу она удлиняется и загоняется в дугогасительную камеру с узкой щелью**, где она соприкасается со стенками камеры и интенсивно охлаждается.

Полюс электромагнитного выключателя ВЭМ-6 с узкощелевой дугогасительной камерой:

- 1 – опорный изолятор;
- 2 – подвижный контакт;
- 3 – неподвижный контакт;
- 4 – трубка автопневматического устройства;
- 5, 6 – дугогасительные контакты;
- 7 – изоляционный промежуток;
- 8, 16 – токоведущая связь;
- 9, 15 – дугогасительный рог;
- 10 – катушка магнитного дутья;
- 11 – магнитный полюс;
- 12 – изолятор;
- 13 – рама;
- 14 – дугогасительная камера;
- 17 – автопневматическое устройство;
- 18 – изоляционная тяга



Электромагнитные выключатели обеспечивают взрыво- и пожаробезопасность. Обладают высокой износостойкостью, высокой отключающей способностью. Выключатели допускают частые включения и отключения, что позволяет применять их в качестве высоковольтных контакторов.

К недостаткам электромагнитных выключателей можно отнести ограниченный предел номинального напряжения (до 20кВ) и ограниченную пригодность для наружной установки.

Основные причины повреждаемости отечественных выключателей:

◆ недостатки конструкции, несоответствие климатическим условиям эксплуатации;

◆ дефекты, обусловленные низким качеством материалов;

◆ дефекты изготовления;

◆ нарушения нормативных и директивных документов по ремонту и эксплуатации;

◆ установка в цепях шунтирующих реакторов и конденсаторных батарей, для коммутации которых выключатели не предназначены;

◆ установка в цепях, где токи КЗ и восстанавливающиеся напряжения превышают нормированные параметры выключателя.

Проблемы снижения надежности выключателей

- 1. Блокировка цепей управления элегазовых баковых выключателей при отрицательных температурах окружающего воздуха по причинам:**
 - несовершенства конструкции, недостаточной мощности и низкой надежности обогревающих устройств баков,**
 - недостатки системы контроля давления (плотности) элегаза.**
- 2. Утечки сжатого воздуха из воздушных выключателей с исключением возможности нормального оперирования.**

Мероприятия по предотвращению отказов выключателей

Элегазовых:

- учет влияния ветра при низких температурах,
- увеличение мощности подогревателей,
- установка дополнительной теплоизоляции баков,
- дополнительный обогрев импульсных газовых трубок.

Воздушных:

- применение высококачественных уплотняющих резино-технических изделий,
- внесение необходимых изменений в конструкцию оперативных клапанов для снижения утечек при низкой температуре.