



Курс: «Электрические аппараты»

Лекция №6

Основы горения дуги и ее гашение

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

y.sarsenbayev@satbayev.university

Алматы 2025

Содержание

1. Введение
2. Основы теории горения и гашения электрической дуги
3. Способы гашения электрической дуги

Введение

Коммутация контактных силовых аппаратов может сопровождаться возникновением электрической дуги.

Промежуток при этом между контактами становится проводящим и прохождение тока в цепи не прекращается несмотря на разрыв контактов.

Электрический разряд приводит к износу контактов аппарата и может быть либо тлеющим разрядом, либо электрической дугой (дуговым разрядом).

Тлеющий разряд возникает при токах менее 0,1 А при напряжении на контактах 250-300 В. Такой разряд происходит на контактах маломощных реле. В более мощных аппаратах тлеющий разряд является переходной фазой к дуговому разряду

Основы теории горения и гашения электрической дуги

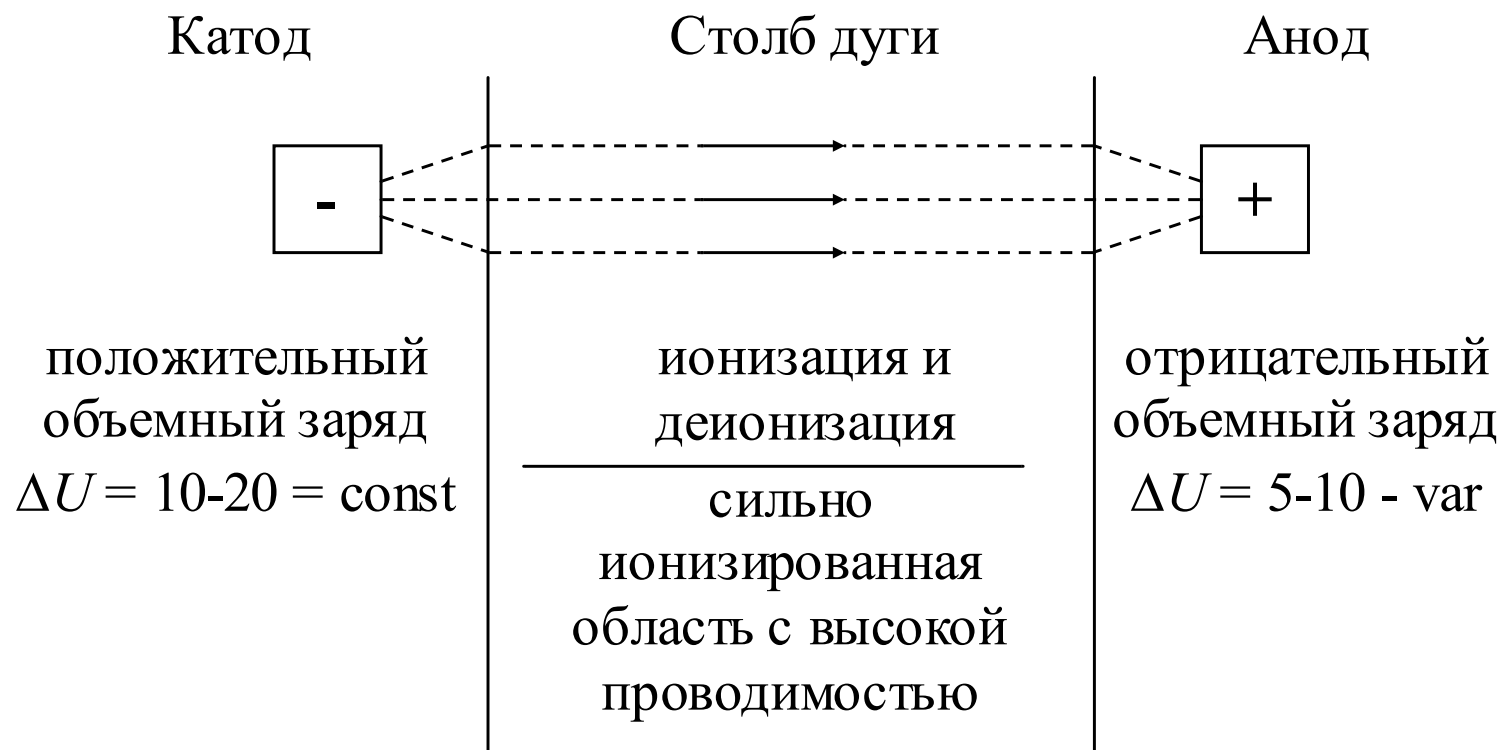
- Процесс появления в дуговых промежутках электрических зарядов, положительных ионов и отрицательных электронов называется **ионизацией**.
- Известны четыре основных пути появления электрических зарядов:
 - - **ударная ионизация** – возникает при весьма значительных напряжениях;
 - - **термическая ионизация** – процесс появления зарядов при температурах выше 5000°С;
 - - **термоэлектронная ионизация** – процесс испускания электронов катодом до температуры, при которой начинается термоионное излучение. Катод при этом разогревается.
 - - **автоэлектронная эмиссия** – процесс вырывания электронов с поверхности катода силами электрического поля.
- **Обратный процесс ионизации**, т.е. процесс уменьшения количества заряженных частиц в дуговом промежутке называется **деионизацией**.
- **Деионизация дуги происходит двумя путями:**
 - - **путем воссоединения (рекомбинации)** положительных ионов с электронами;
 - - **путем перемещения (диффузии)** заряженных частиц из области горения дуги в окружающее пространство.

Основы теории горения и гашения электрической дуги

- **Рекомбинация зарядов** происходит в основном при непосредственном столкновении электронов с положительными ионами. Процесс рекомбинации значительно усиливается, если в области горения дуги находится твердый диэлектрик.
- **Диффузия** происходит вследствие *неравномерности распределения зарядов* по сечению дуги, а также *за счет разности температур дуги* и окружающей среды. С повышением разности температур диффузия зарядов увеличивается.
- Процессы ионизации и деионизации в электрической дуге протекают параллельно друг другу.
- К числу мер, облегчающих гашения дуги относится диссоциация (разложение) нейтральных молекул газа на нейтральные атомы. Диссоциация молекул газов происходит под действием высокой температуры дуги и сопровождается поглощением тепловой энергии. Температура дуги понижается и процесс образования зараженных частиц затрудняется.

Основы теории горения и гашения

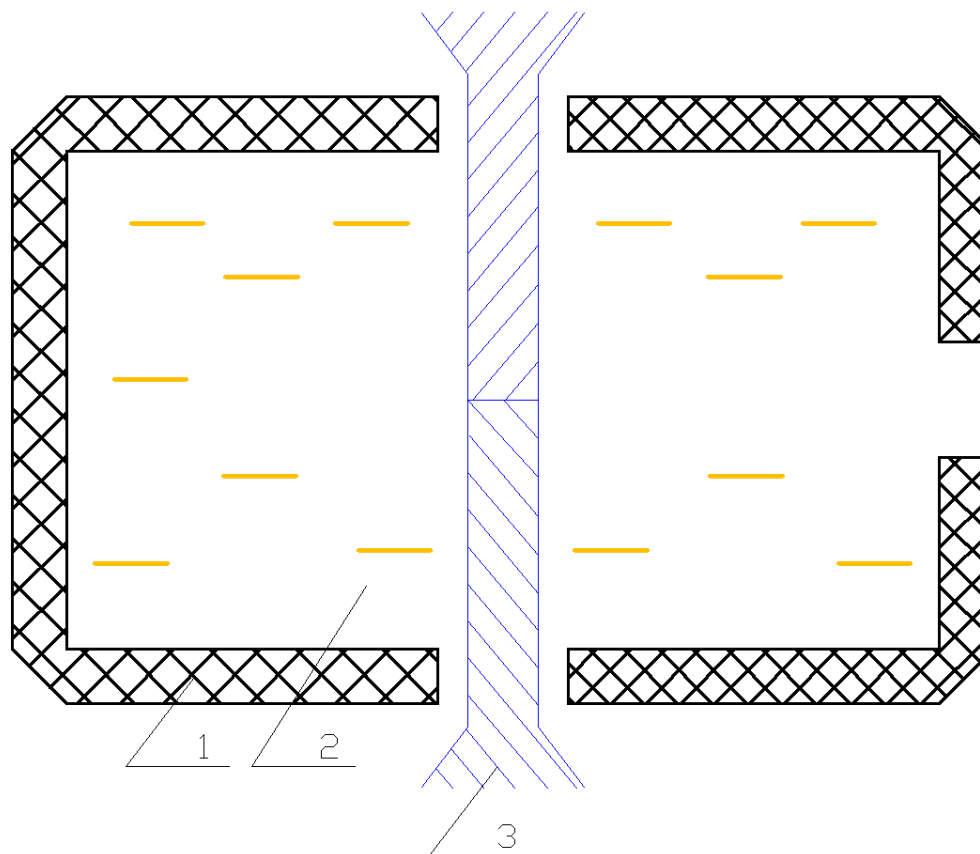
электрической дуги



Способы гашения дуги

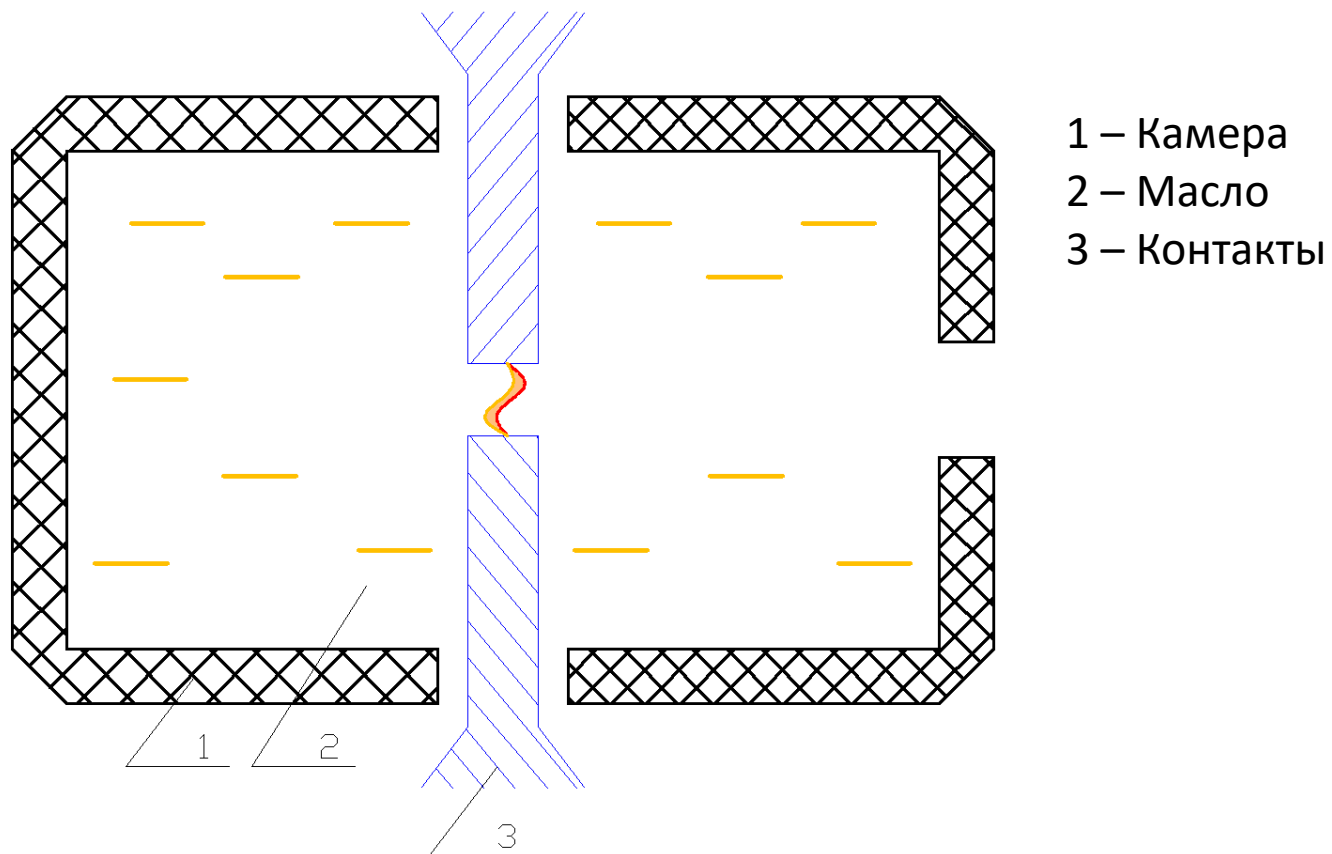
- в масле
- сжатым воздухом
- электродинамическое дутье
- в вакууме
- в элегазе (SF_6)

Гашение дуги в масле

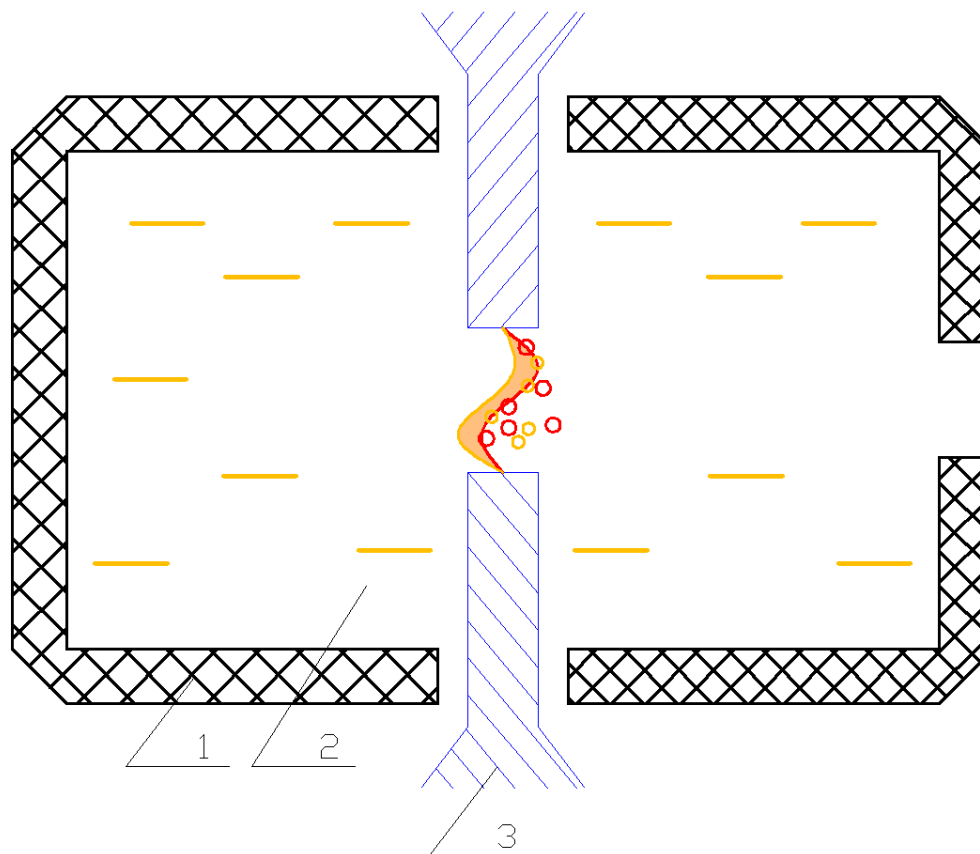


- 1 – Камера
- 2 – Масло
- 3 – Контакты

Гашение дуги в масле

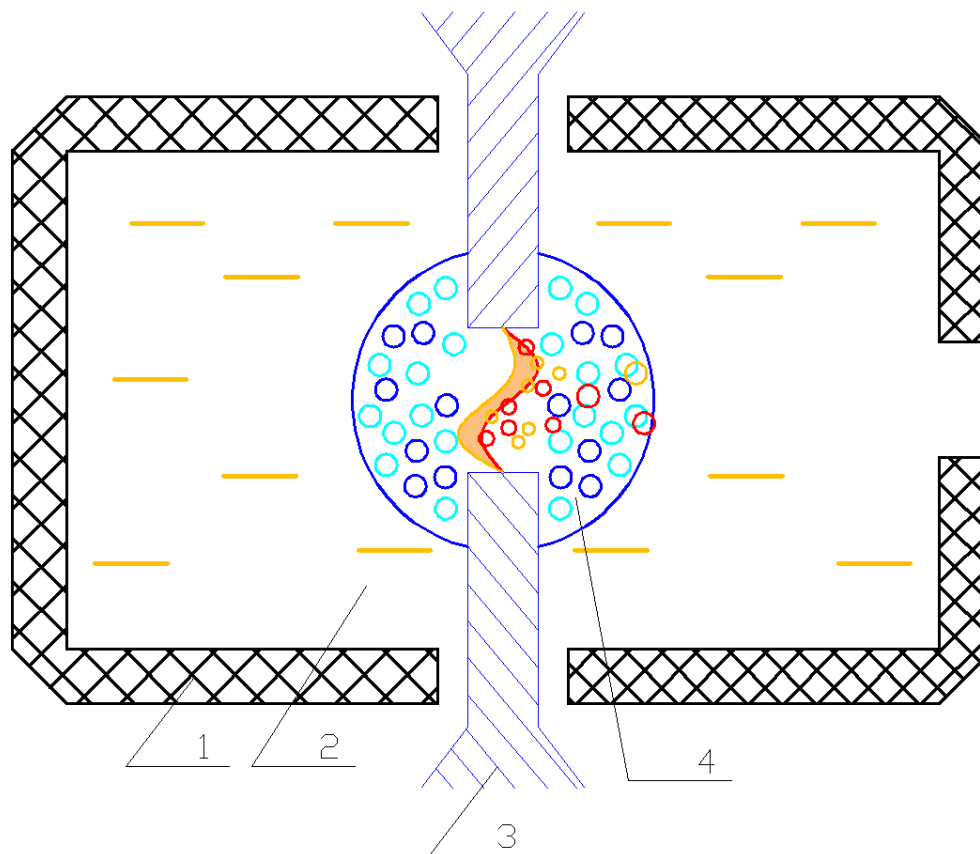


Гашение дуги в масле



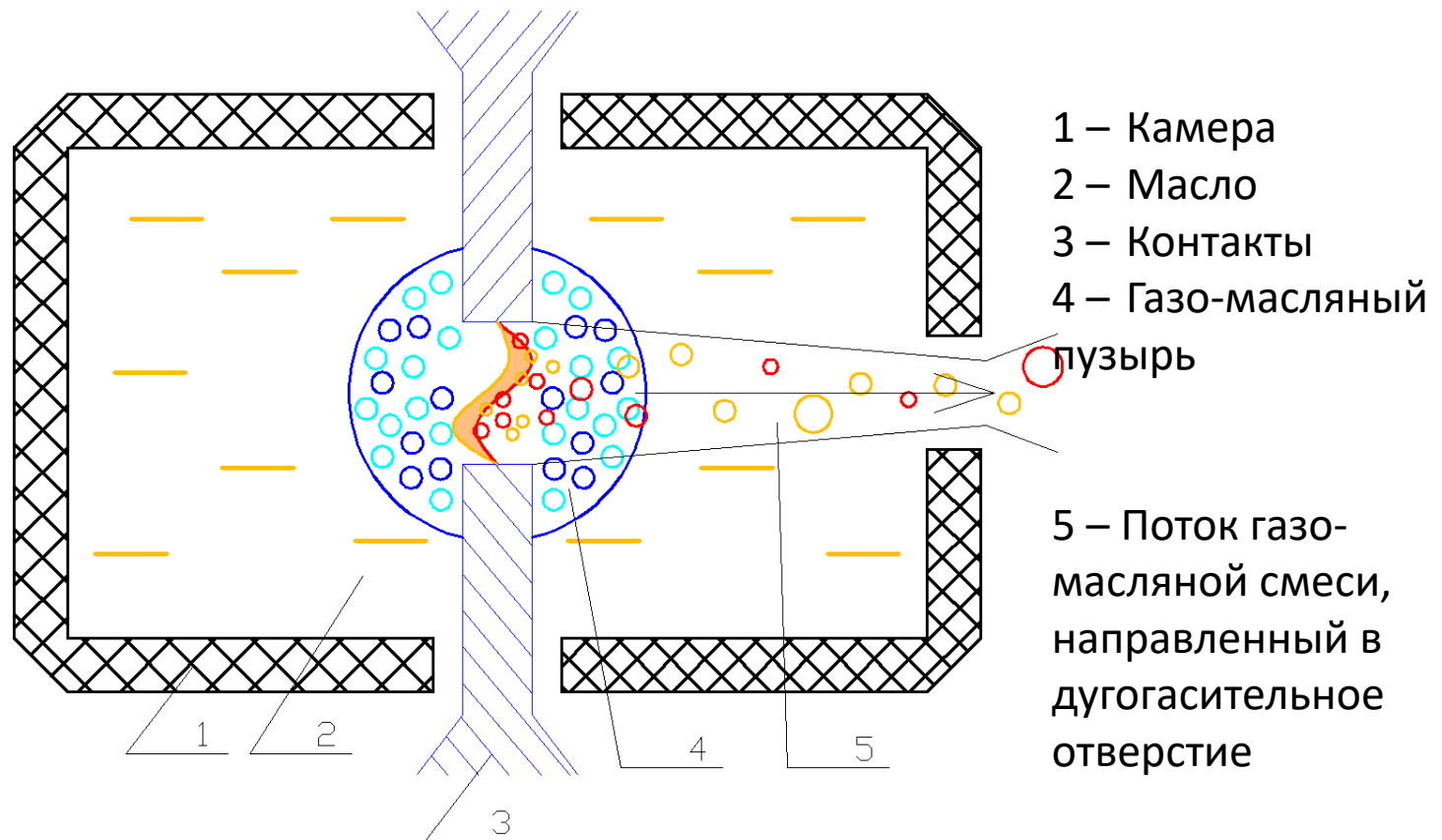
- 1 – Камера
- 2 – Масло
- 3 – Контакты

Гашение дуги в масле



- 1 – Камера
- 2 – Масло
- 3 – Контакты
- 4 – Газо-масляный пузырь

Гашение дуги в масле



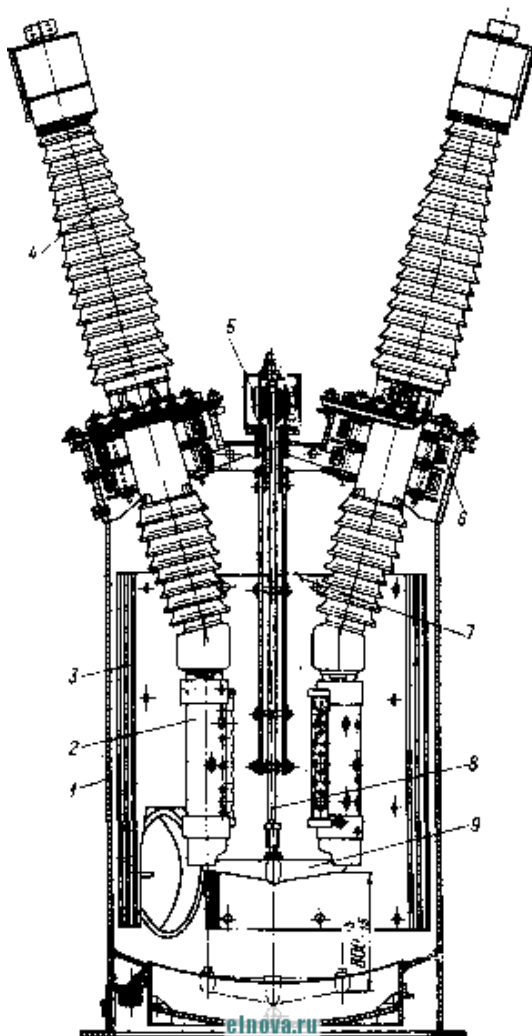
Гашение дуги в масле

- Достоинства
 - Ремонтопригодность
- Недостатки
 - Взрыво- пажароопасность
 - Плохо гасят маленькие токи
 - Большие габариты (для выключателя 220 кВ диаметр бака около 2,5 м, высота около 4,5 м)
 - Низкая надежность

Гашение дуги в масле

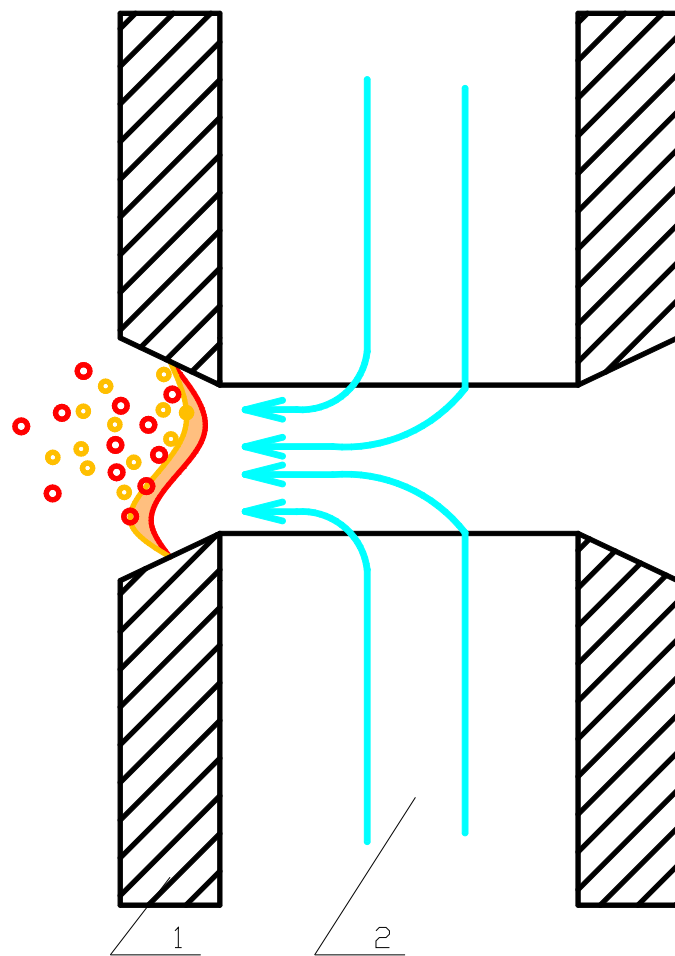
- Масляные выключатели
 - 6, 10, 35, 110, 220, 330, 500 кВ
 - Масса масла до 20 – 40 тонн
- Маломасляные
 - 6, 10, 35, 110, 220 кВ
 - Масса масла 20 кг на один полюс выключателя 110 кВ

Масляные баковые выключатели



- 1 - Бак
- 2 - Дугогасительная камера с неподвижными контактами;
- 3 - Изоляция бака
- 4 - Ввод
- 5 - Приводной механизм
- 6 - Трансформатор тока
- 7 - Направляющее устройство
- 8 - Изоляционная штанга
- 9 - Траверса с подвижными контактами

Гашение дуги сжатым воздухом



- 1 – Контакты
- 2 – Воздуховоды

Гашение дуги сжатым воздухом

- Достоинства
 - Сила тока не влияет на эффективность гашения
 - Взрыво- пажаробезопасность
- Недостатки
 - Большие габариты
 - Необходимость в компрессорной установке и хозяйства для ее обслуживания
 - Шумность
 - Взрывоопасность (в случае дефекта)

Гашение дуги сжатым воздухом

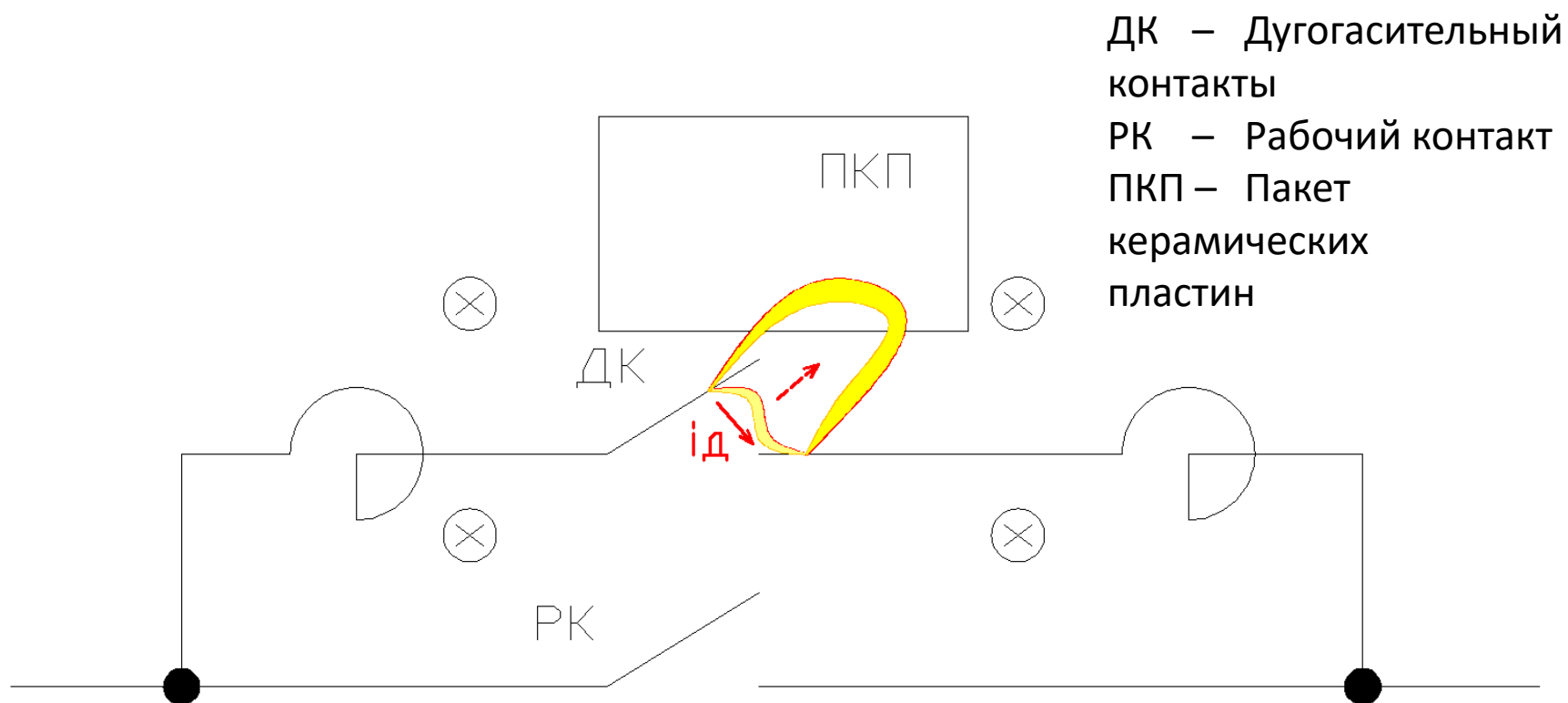
- Масляные выключатели
 - 6, 10, 35, 110, 220, 330, 500 кВ
 - Масса масла до 20 – 40 тонн
- Маломасляные
 - 6, 10, 35, 110, 220 кВ
 - Масса масла 20 кг на один полюс выключателя 110 кВ

Воздушные выключатели

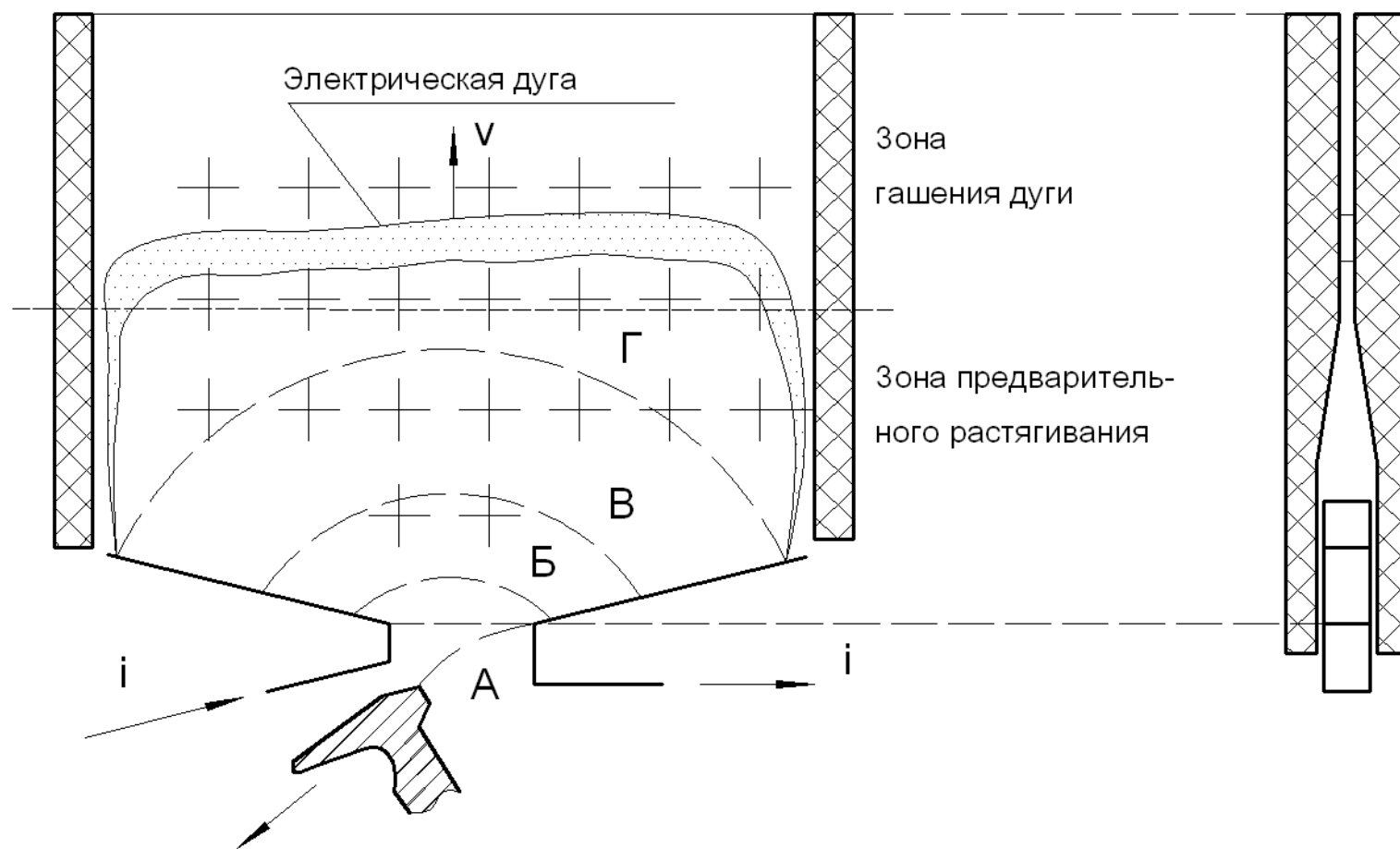
- До 500 кВ



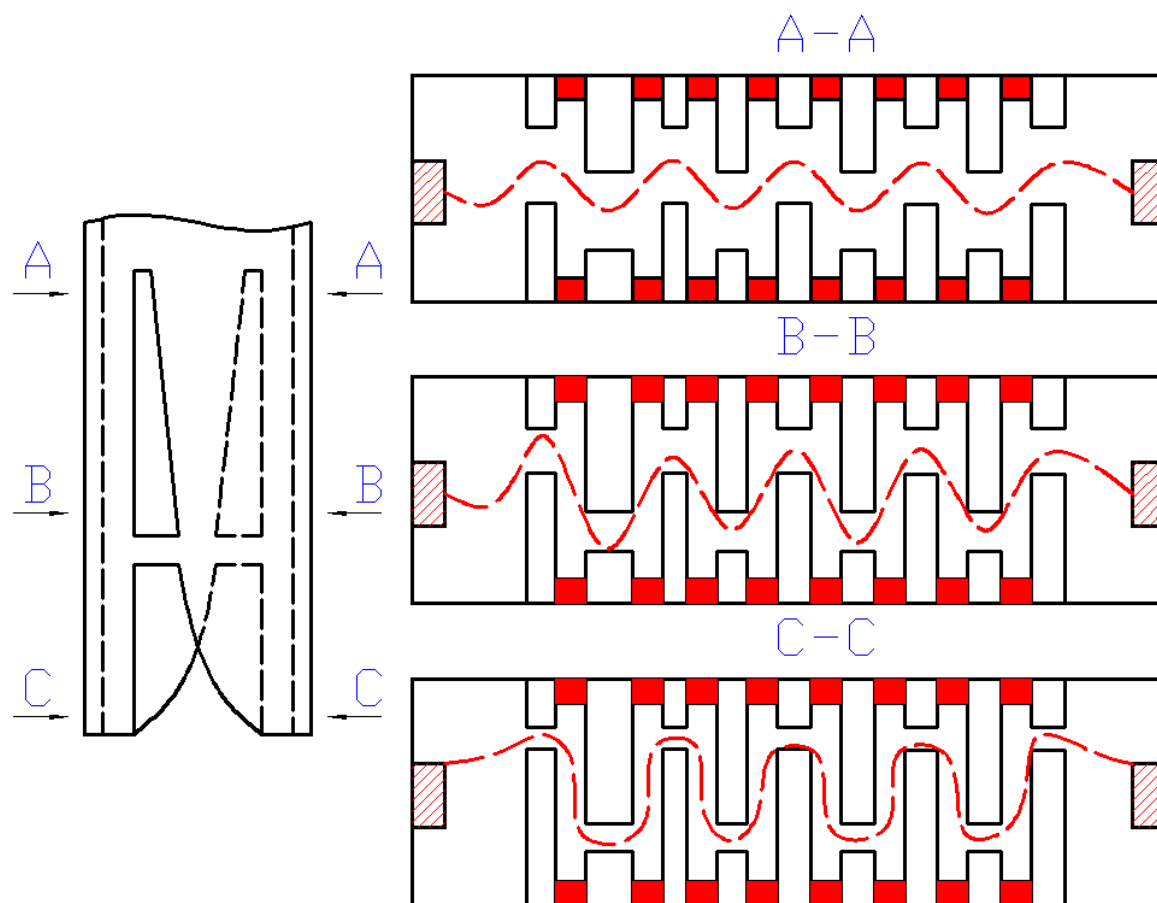
Электродинамическое дутье



Электродинамическое дутье



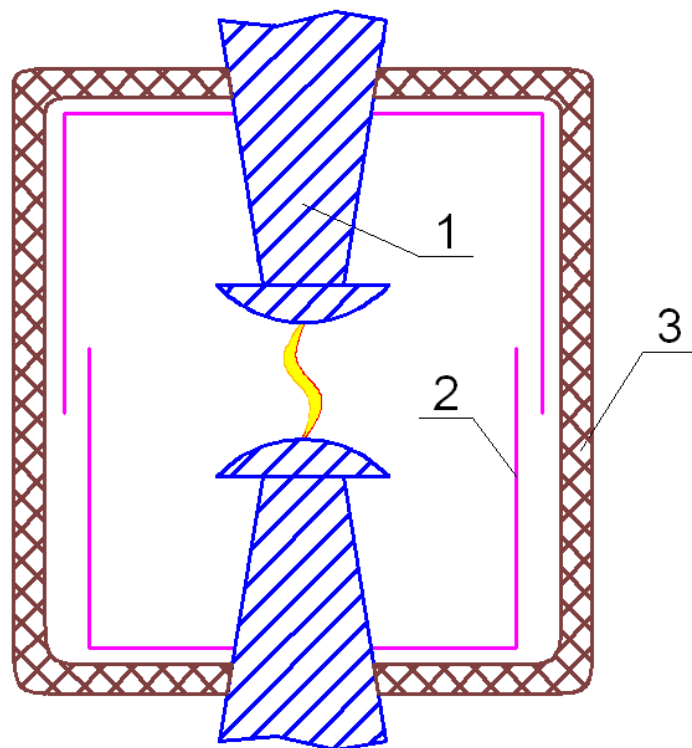
Электродинамическое дутье



Электродинамическое дутье

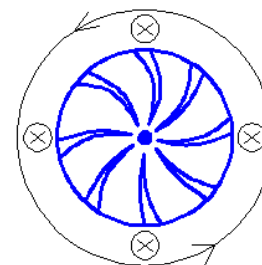
- Достоинства
 - Взрыво- и пожаробезопасность
 - Отсутствие специальной дугогасящей среды
 - Незначительное обгорание контактов
 - Выключатели надежно работали в цепях с частыми операциями (в электропечных установках, у эл.двигателей с частым пусками и т.п.), допускается до 10 000 операций без ревизии.
- Недостатки
 - Большие габариты
 - До 10-15 кВ

Гашение дуги в вакууме



а) Общий вид

- 1 – Контакты
- 2 – Экраны
- 3 – Корпус



б) контакты-
вид сверху

Гашение дуги в вакууме

- Достоинства
 - Высокая диэлектрическая прочность.
 - Высокая надежность, гарантируется до 20 000 циклов включения/отключения и безремонтный промежуток – 30 лет.
 - Компактность.
- Недостатки
 - Неремонтопригоден .
 - Коммутационные перенапряжения.
 - Процесс гашения сопровождается рентгеновским излучением (до 35 кВ в допустимом диапазоне).
- До 35 (110) кВ.

Вакуумные выключатели

- До 35 (110) кВ



Гашение дуги в элегазе

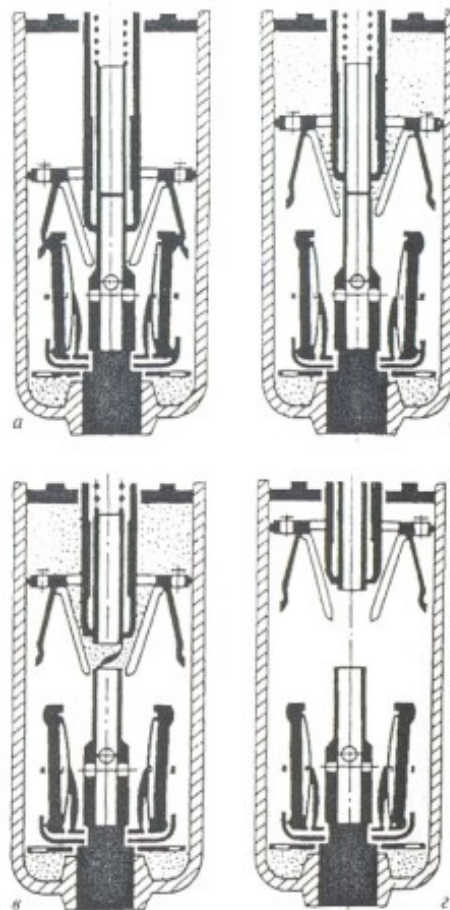
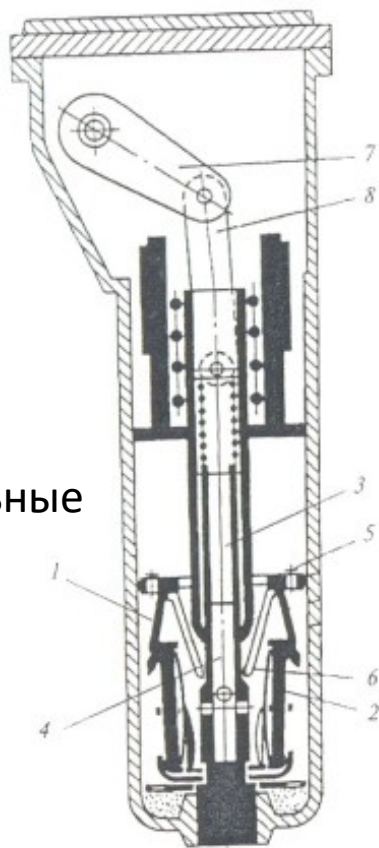
- Свойства SF₆:
 - SF₆ элегаз, относится к «электроотрицательным» газам, получившим такое название из-за способности их молекул захватывать свободные электроны, превращаясь в тяжелые и малоподвижные отрицательно заряженные ионы.
 - Элегаз при нормальной температуре (20 °C) и давлении 0,1 МПа представляет собой газ без цвета и запаха.
 - Плотность его почти в 5 раз выше плотности воздуха, скорость звука в нем при температуре 30 °C 138,5 м/с (330 м/с в воздухе).
 - Элегаз обладает низкой теплоемкостью в канале столба дуги и повышенной теплопроводностью горячих газов, окружающих столб дуги (2000 K)
 - Чистый элегаз не горюч, инертен, нагревостоек до 800 °C.
 - Дугогасительная способность элегаза в 4-4,5 раза выше, чем воздуха при сопоставимых условиях.

Гашение дуги в элегазе

- с системой продольного дутья, в которую предварительно сжатый газ поступает из резервуара с относительно высоким давлением элегаза (ДУ с двумя ступенями давления);
- автокомпрессионные с дутьем в элегазе, создаваемым посредством встроенного компрессионного устройства (ДУ с одной ступенью давления);
- с электромагнитным дутьем, в котором гашение дуги обеспечивается в результате ее перемещения с высокой скоростью в неподвижном элегазе по кольцевым электродам под воздействием радиального магнитного поля, создаваемого отключаемым током (ДУ с электромагнитным дутьем);
- с системой продольного дутья, в котором повышение давления в элегазе происходит при разогреве дугой, вращающейся в специальной камере под воздействием магнитного поля

Гашение дуги в элегазе

1,2 – Контакты
3,4 – Дугогасительные
 контакты
5 – Подвижный
поршень
7,8 – Приводные
рычаги



а – нормальное
включенное состояние

б – начало процесса
отключения

в – размыкание
контактов 3,4
(двустороннее
симметричное дутье)

г - вентиляция
межконтактного
промежутка,
обеспечивающая
необходимую
электрическую
прочность