

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДУГА И ДУГОГАШЕНИЕ

Возникновение электрической дуги.

В процессе размыкания контактов контактное нажатие уменьшается, переходное сопротивление увеличивается, температура достигает температуры плавления материала контактов. В результате возникает жидкометаллический мостик, который при расхождении контактов взрывается. На поверхности контактов остаются нагретые площадки.

Для того, чтобы межконтактный промежуток стал проводящим необходимо создать в нем определенную концентрацию заряженных частиц. Процесс образования заряженных частиц называется процессом ионизации. Существуют четыре процесса ионизации.

Термоэлектронная эмиссия - явление испускания электронов из накаливаемой поверхности (отрицательный электрод служит очагом излучения электронов).

Автоэлектронная эмиссия - явление испускания электронов из катода под воздействием сильного электрического поля (напряженность электрического поля в межконтактном промежутке 10 млн В/см, что достаточно для автоэлектронной эмиссии).

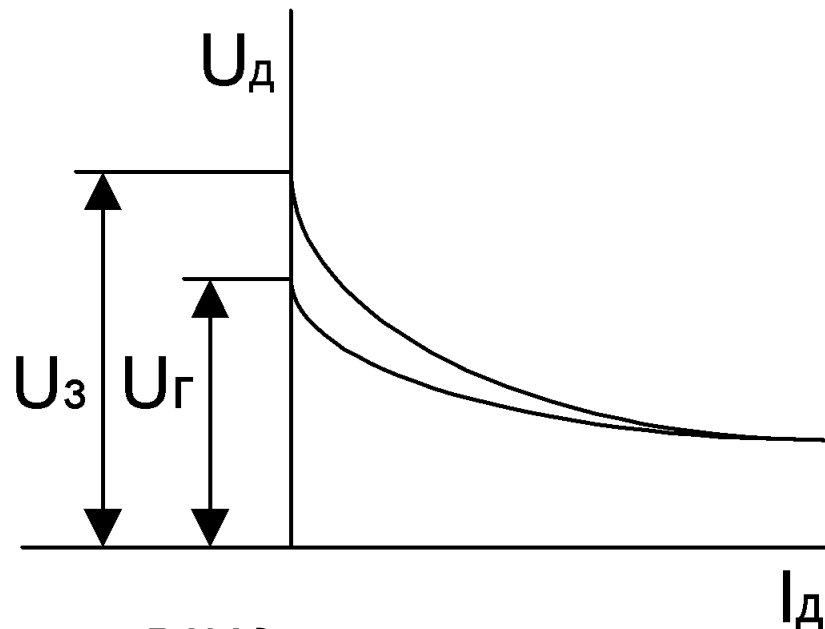
Ударная ионизация - процесс выбивания электрона из частиц воздуха при их соударении с движущимися электронами.

Термическая ионизация - процесс ионизации межконтактного промежутка под воздействием высокой температуры, которая возникает при горении дуги.

Одновременно с процессами ионизации в межконтактном промежутке происходят процессы деионизации - процесс образования нейтральной частицы из положительно и отрицательно заряженных частиц. Может быть двух видов - рекомбинация и диффузия.

Вольтамперные характеристики (ВАХ) дуги постоянного тока.

Электрическая дуга между контактами загорается при некотором напряжении зажигания U_3 . Оно зависит от расстояния между контактами, от температуры и давления среды, окружающей дугу, от температуры и материала контактов и др. По мере увеличения тока дуги напряжение на ней U_D уменьшается. Это обусловлено интенсивностью процессов ионизации



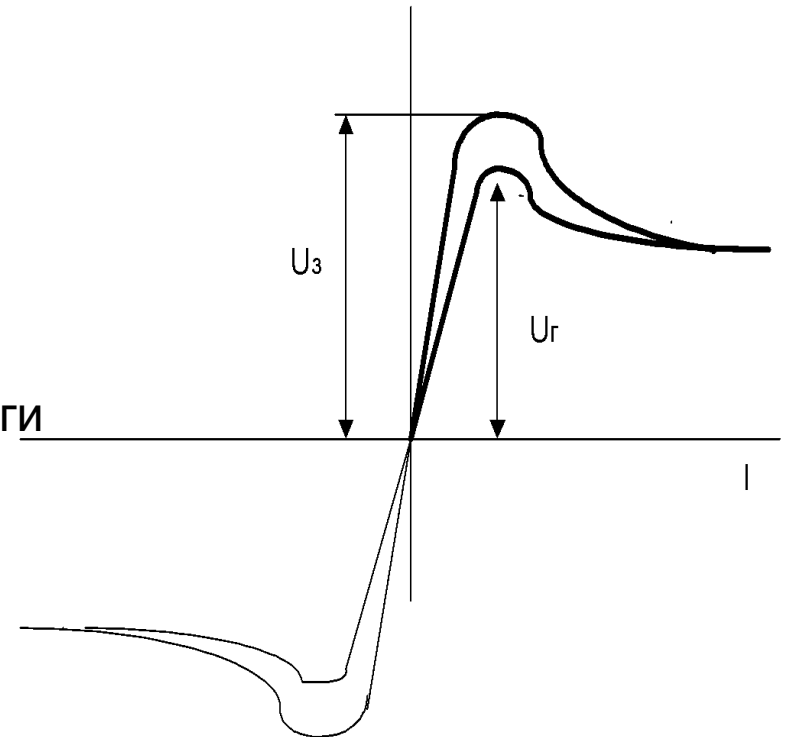
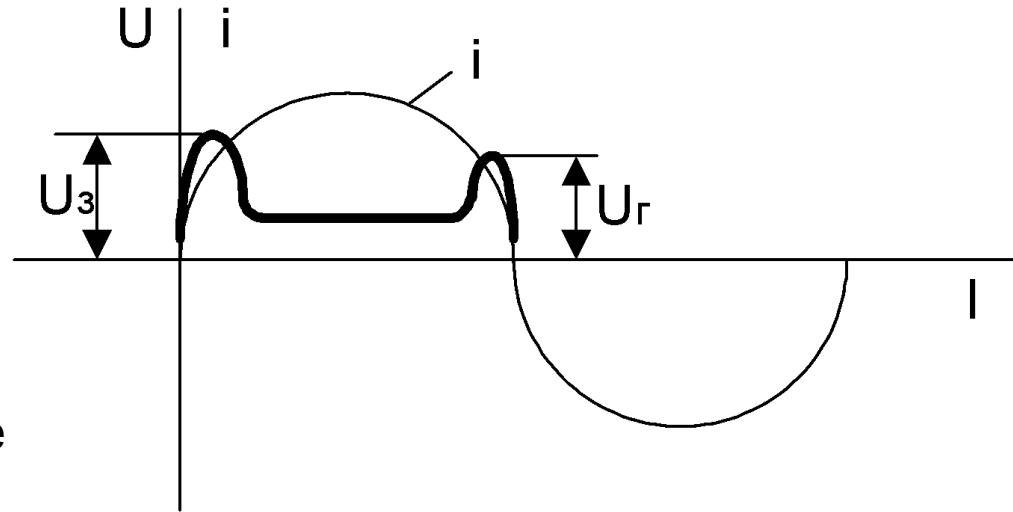
ВАХ дуги постоянного тока.

Напряжение на дуге при уменьшении тока до нуля называется напряжением гашения U_2 . Это напряжение всегда меньше напряжения зажигания U_3 . Это объясняется большим нагревом и инерционностью тепловых процессов. Чем большей теплопроводностью и теплоемкостью обладает материал контактов и сама дуга, тем меньше будет разница между U_3 и U_2 .

ВАХ переменного

тока

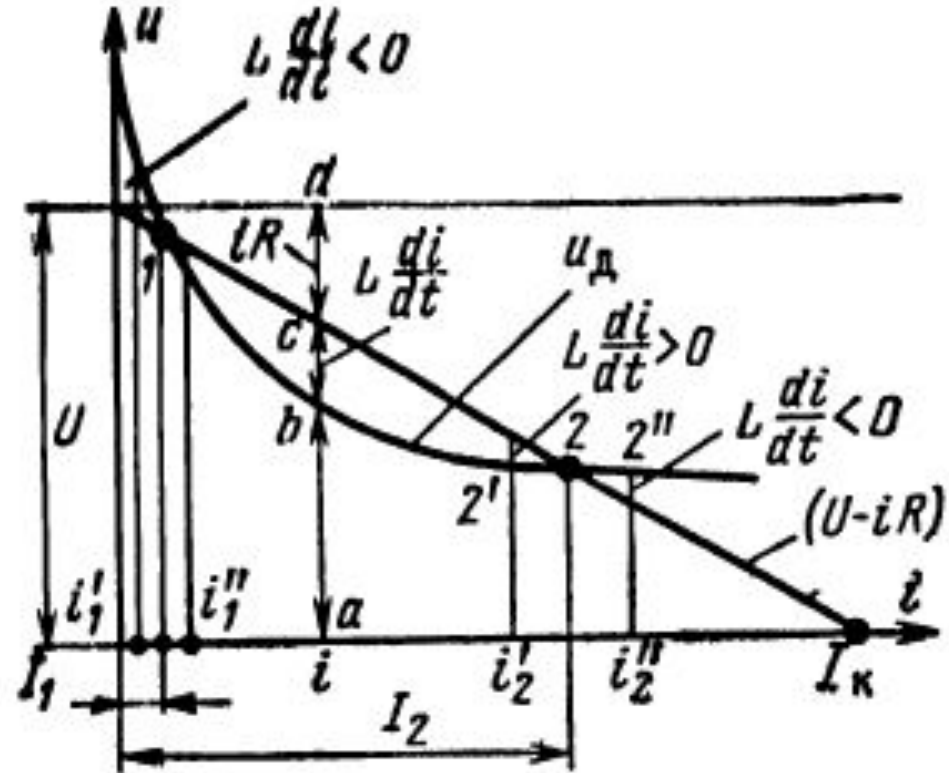
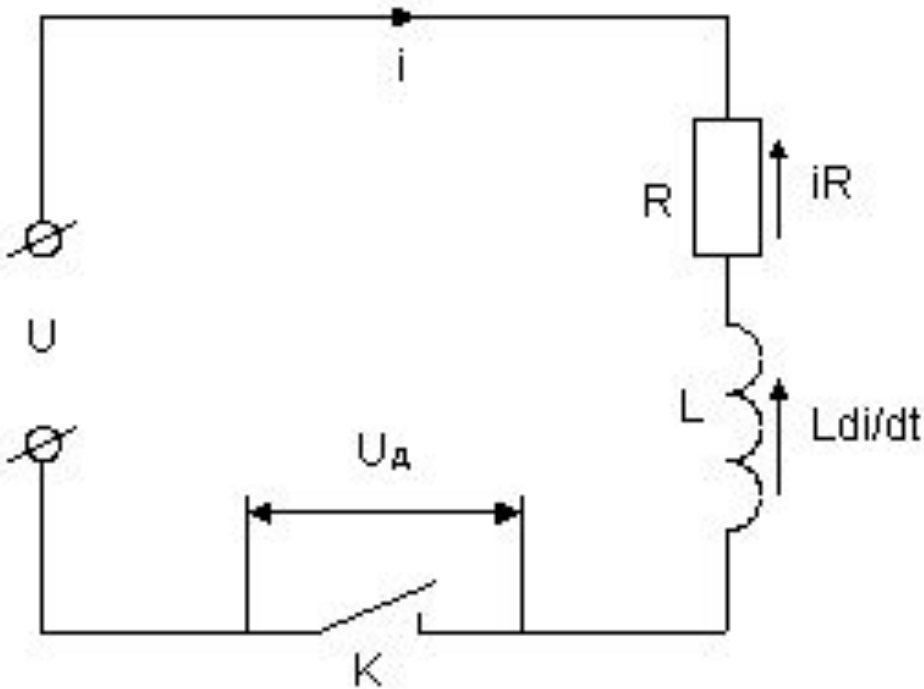
По мере нарастания тока напряжение на межконтактном промежутке возрастает и при U_3 дуга загорается. После этого, несмотря на увеличение тока дуги, напряжение уменьшается и на протяжении большей части полупериода остается практически постоянным. В области близкой к переходу тока через нулевое значение напряжение на дуге вновь увеличивается и к моменту гашения дуги оно достигает напряжения гашения U_e .



Вольтамперная характеристика дуги переменного тока

Условия гашения дуги постоянного тока.

Рассмотрим процесс гашения электрической дуги при отключении цепи постоянного тока.



Прямая, параллельная оси абсцисс, соответствует напряжению источника U , а прямая, проведенная под углом к оси абсцисс, соответствует падению напряжения на сопротивлении R . Отрезки, заключенные между статической ВАХ дуги $U_d = f(i)$ (U_d - напряжение на дуге) и прямой $(U - iR)$, соответствуют $L di/dt$.

При замкнутых контактах $U_d = 0$.

Уравнение отключаемой цепи имеет вид

$$U = iR + U_{\partial} + Ldi/dt \quad (3)$$

При устойчивом горении дуги, когда ток не изменяется $Ldi/dt = 0$

$$U = iR + U_{\partial} \quad (4)$$

В точках 1 и 2 $Ldi/dt = 0$ возможен стационарный режим горения. Если это равенство не будет удовлетворяться, то при условии $U > (iR + U_{\partial})$ появляется положительная эдс самоиндукции ($+Ldi/dt$) и ток будет увеличиваться. Если $U < (iR + U_{\partial})$, то возникает отрицательная эдс самоиндукции ($-Ldi/dt$) и ток будет уменьшаться.

Для тока i_2' $Ldi/dt > 0$ и процесс будет продолжаться до тех пор пока Ldi/dt не станет равным нулю мы. В этом случае мы не попадем в точку 2. Если по каким либо причинам ток станет равным i_2'' , то $Ldi/dt < 0$ и ток будет уменьшаться пока мы снова не попадем в точку 2. Следовательно точка 2 является точкой устойчивого равновесия. Анализируя аналогичным образом изменение тока в точке 1 приходим к выводу, что точка 1 является точкой неустойчивого горения дуги, так как при уменьшении тока отрицательная эдс самоиндукции ($-Ldi/dt$) будет уменьшать ток до нуля и дуга погаснет.

Таким образом, электрическая дуга постоянного тока погаснет, если будет ликвидирована точка устойчивого горения (точка 2), т.е. Ldi/dt должно быть всегда отрицательным. Из анализа (3) следует, что выражение

$$U_{\partial} > (U - iR) \text{ - условие гашения дуги постоянного тока.}$$

т.е. **ВАХ дуги должна лежать выше прямой $U - iR$ и не пересекаться с ней.**

Достигнуть этого можно:

- увеличением сопротивления R ;
- повышением падения напряжения на дуге.

В первом случае увеличивается угол наклона прямой $iR = f(i)$. Во втором случае ВАХ $U_{\partial} = f(i)$ поднимается выше.

Способы гашения электрической дуги.

Требования к дугогасительным устройствам :

- 1) время гашения дуги должно быть минимальным;
- 2) энергия, выделяемая дугой должна быть минимальной;
- 3) при гашении дуги не должно возникать опасных перенапряжений.

Гашение дуги может быть достигнуто увеличением скорости деионизации дугового промежутка, уменьшением скорости восстановления напряжения, либо совместным использованием обоих этих факторов.

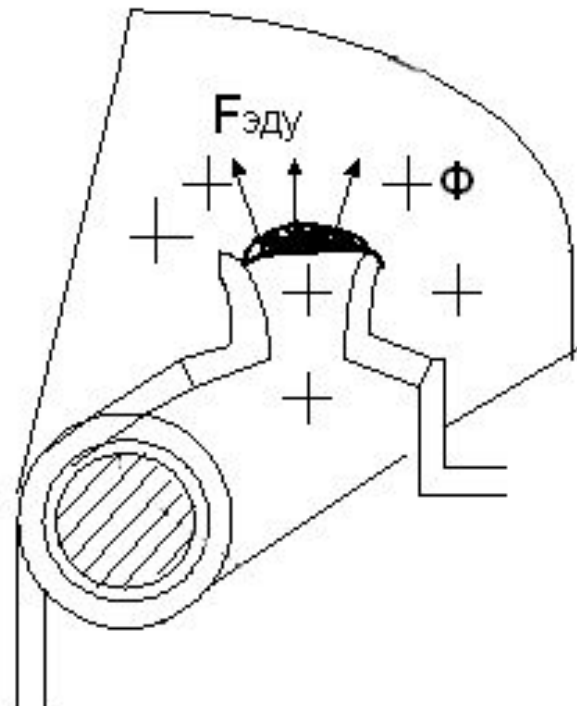
Растягивание электрической дуги приводит к повышению падения напряжения на дуговом промежутке за счет деионизации, происходящей в стволе дуги.

Однако небольшой градиент напряжения (примерно 15 В/см) приводит к увеличению габаритов отключающего аппарата, поэтому используется в низковольтных слаботочных аппаратах

Магнитное дутье. Распространение получила последовательная дугогасительная катушка.

Основными достоинствами этого способа возбуждения магнитного поля гашения является надежность и независимость направления силы, действующей на дугу, от направления тока.

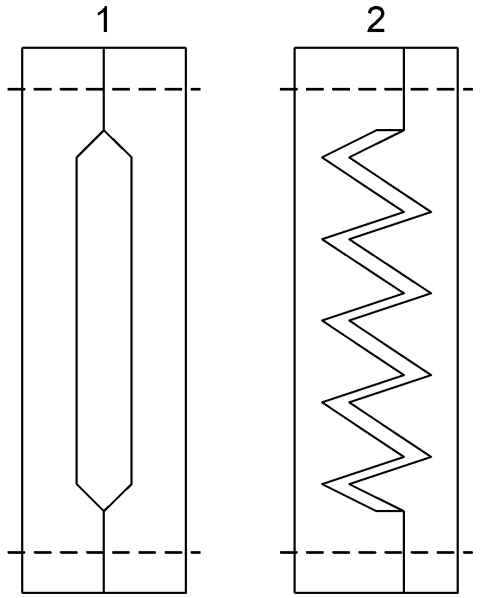
Изменение направления тока в цепи вызывает и изменение направления поля, создаваемого катушкой. Направление силы в таком случае, действующей на дугу, остается неизменной.



Гашение дуги в узких щелях.

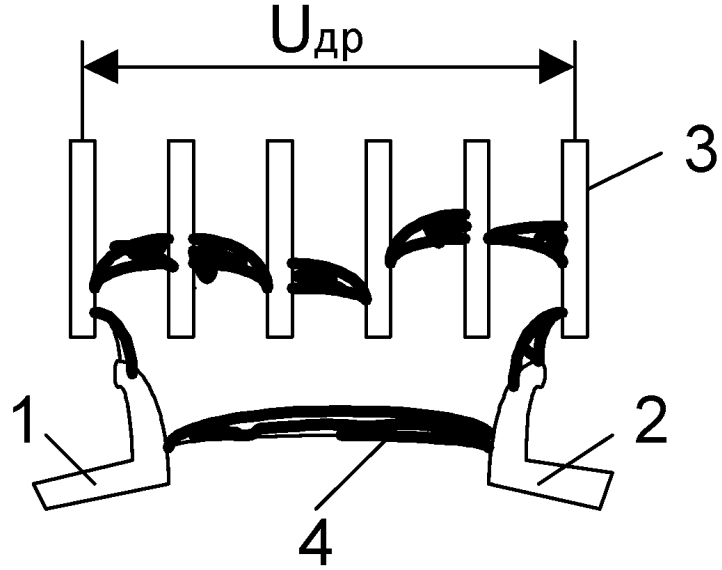
Дугогасительные устройства, использующие этот принцип гашения дуги, представляют собой узкую щель, образованную двумя стенками из дугостойкого изоляционного материала.

В щель дуга затягивается электродинамическими силами, увеличенными с помощью катушек магнитного дутья



Гашение дуги в дугогасительной решетке.

Над контактами 1 и 2 расположены неподвижные и изолированные друг от друга стальные пластины 3, образующие дугогасительную решетку. Дуга 5, возникающая при размыкании контактов, под действием электродинамических сил втягивается в дугогасительную решетку и разбивается на ряд коротких дуг. У каждой пластины решетки возникает околоэлектродное падение напряжения. В результате за счет суммы околоэлектродных падений напряжения увеличивается общее напряжение дуги и происходит ее гашение.



Устройства для бездуговой коммутации. Принцип бездуговой коммутации состоит в шунтировании главных контактов тиристорами в моменты вибрации контактов или их размыкания.