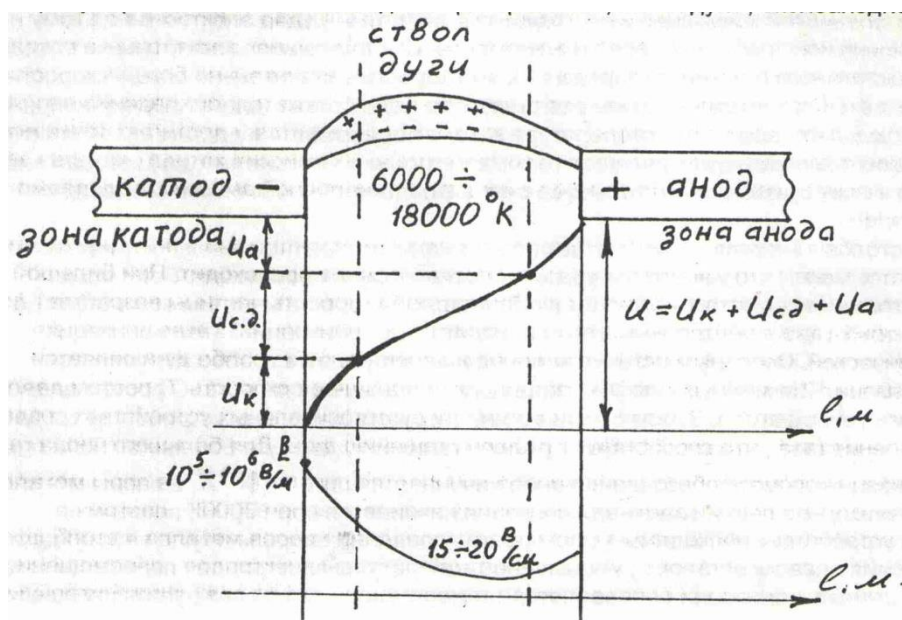


## Электрическая дуга и ее характеристики.

При размыкании электроконтактов в цепи ВН возникает электроразряд в виде электродуги. В электродуге различают: околокатодное пространство, ствол дуги, околоанодное пространство.



Все напряжение распределяется между этими областями и  $u = u_k + u_{c.d.} + u_n$ .

Катодное падение напряжения в дуге постоянного тока 10-20В, а длина этого участка  $10^{-4} \div 10^{-5}$  см. Таким образом возле катода наблюдается высокая напряженность электрического поля ( $10^5 \div 10^6$  В/см). При таких высоких напряженностях полей происходит ударная ионизация. Суть ее заключается в том, что электроны, вырванные из катода силами электрического поля (автоэлектронная эмиссия) или за счет нагрева катода (термоэлектронная эмиссия) разгоняются в электрическом поле и при ударе с нейтральным атомом передают ему свою кинетическую энергию. Если этой энергии будет достаточно, чтобы оторвать один электрон с оболочки нейтрального атома, то происходит ионизация. Образовавшиеся свободные электроны и ионы образуют плазму ствола дуги. По своим электрическим параметрам проводимость плазмы приближается к проводимости металла. В стволе дуги протекает

большой ток и создается высокая температура. Плотность тока может достигать  $10000 \text{ A/cm}^2$ , а температура  $6000 \div 18000 \text{ K}$ . Высокие температуры в створе дуги приводят к интенсивной термоионизации, которая поддерживает большую проводимость плазмы. Термоионизация - процесс образования ионов за счет соударения молекул и атомов, обладающих большой кинетической энергией при высоких скоростях их движения, поэтому чем больше ток в дуге, тем меньше ее сопротивление и следовательно требуется меньшее напряжение для поддержания горения дуги. Дугу с большим током погасить сложнее.

При переменном токе напряжение источника питания меняется по синусоиде. Также меняется ток в цепи, причем в общем случае ток отстает на  $90^\circ$ , поэтому напряжение на дуге, горящей между контактами излучателя непостоянно. При малых токах напряжение возрастает до величины напряжения зажигания, загорается электродуга и затем по мере роста тока в дуге и термической ионизации напряжение падает. В конце полупериода, когда ток приближается к нулю, дуга гаснет при напряжении гашения. В следующий полупериод явление повторяется, если не принять меры по деионизации промежутка. Таким образом условия для гашения дуги в цепях переменного тока являются более предпочтительными, чем в цепях постоянного тока.

#### Краткая характеристика электрической дуги.

1. Околоскатодная область - занимает небольшое пространство длиной не более  $10^{-6} \text{ м}$ . Возле катода возникает положительный объемный заряд, создаваемый положительными ионами. Между этим положительным объемным зарядом и катодом создается электрическое поле ( $10^5 \div 10^6 \text{ B/cm}$ ) в котором двигаются электроны, вышедшие из катода и создают электрический ток. Электрическое поле воздействует на электроны увеличивая их скорость. При соударении такого электрона с нейтральной частицей может произойти ионизация, но для этого электрон должен обладать определенной энергией. Разгоняющее напряжение  $U_i$ , которое должен пройти электрон для приобретения энергии, необходимой для ионизации, называют потенциалом

ионизации.  $U_i$ , различен для различных газов (  $U_{\text{He}}=25\text{В}$  ,  $U_{\text{H}}=13\text{В}$  ,  $U_{\text{паров.металла}}=7\text{В}$  ). Ввиду малой напряженности околокатодной области электроны могут не успеть набрать достаточной скорости для ударной ионизации и чаще всего после удара атом переходит в возбужденное состояние, а для ионизации возбужденного атома требуется меньшая энергия. В результате необходимый потенциал ионизации уменьшается и такая ионизация называется ступенчатой. При ступенчатой ионизации необходим многократный удар электронов по атому и на каждый положительный ион требуется десятки электронов. Образующиеся электроны не создают возле катода отрицательного объемного заряда, т.к. их скорость значительно больше скорости положительных ионов. Положительные ионы разгоняются в поле прикатодного падения напряжения и бомбардируют катод. Благодаря этому температура катода поднимается и достигает точки испарения металла. При высоких температурах возникает термоэлектронная эмиссия катода , которая зависит от температуры. Дуга может существовать только за счет автоэлектронной эмиссии создаваемой электрическим полем.

2. Область дугового столба - энергия, приобретаемая заряженными частицами в электрическом поле дугового столба столь мала, что ионизации ударом практически не происходит. При большой температуре, которая имеет место в области дугового столба скорость частицы возрастает до значений при которых удар в нейтральный атом приводит к его ионизации. Такая ионизация называется термической. Основным источником ионов и электронов в столбе дуги является термическая ионизация. Чем меньше масса частицы, тем больше ее скорость. С ростом давления степень ионизации уменьшается. В связи с этим во многих дугогасительных устройствах создается повышенное давление газа, что способствует лучшему гашению дуги. Для большего числа газа из-за ступенчатой ионизации процесс образования ионов начинается при  $t = 10^3\text{K}$ , а пары металлов ионизируются значительно легче и заметная ионизация начинается при  $3000\text{K}$ , поэтому в дугогасительных устройствах необходимы меры против попадания паров металла в столб дуги (уменьшение сечения

плавких вставок, уменьшение температуры электродов, перемещение дуги по электродам). Т.к. степень ионизации определяется температурой, то во всех дугогасительных устройствах стремятся отводить тепло от дуги воздухом или газом (воздушные и элегазовые выключатели) или отдачей тепла к стенкам дугогасительной камеры.

3. Энергетический баланс дуги. Процессы ионизации и деионизации зависят от температуры дугового промежутка, а температура зависит от количества тепла, выделяемого в дуге и отводимого от дуги. Охлаждение дуги происходит за счет теплопроводности, излучения, конвекции. Для открытой электродуги, горящей в воздухе излучением охлаждается (15-30)% выделяемой в дуге энергии. Для дуги, горящей в закрытом устройстве эта доля составляет (5-7)%. Отвод тепла за счет теплопроводности в значительной мере зависит от типа газа и его температуры. Так водород, обладающий более высокой теплопроводностью (в 17 раз выше воздуха) при прочих равных условиях имеет лучшие свойства гашения дуги. Ток отключаемый в водороде в 7,5 раз больше, чем ток в воздухе при том же давлении. При горении дуги в трансформаторном масле оно разлагается с выделением водорода, что способствует эффективному горению дуги. В некоторых аппаратах под действием магнитного поля дуга перемещается с большой скоростью относительно воздуха, что приводит к ее охлаждению за счет конвекции. Конвекция и теплопроводность являются основными видами теплоотдачи при гашении электродуги.
4. Околоанодная область - высокая температура анода и околоанодная область не оказывают существенное влияние на возникновение и условия существования дугового разряда. Роль анода сводится к приему электронного потока из дугового столба. Для дуги большого тока околоанодное падение напряжения столь мало, что им можно пренебречь. Вблизи анода создается отрицательный объемный заряд. Околоанодное падение напряжения зависит от температуры анода, материала анода и значения тока.