

оказывается больше, что в свою очередь вызывает еще большее нагревание газа. В парах ртути при давлении в 1 атмосферу температура газа в отштурованном положительном столбе равна  $5000\text{--}6000^\circ\text{K}$ , а при давлении  $200\text{--}300$  атмосфер она достигает  $8000\text{--}10\,000^\circ$ .

### § 48. Дуговой разряд

Электрическая дуга образуется при большой плотности разрядного тока и при катодном падении потенциала всего в два-три десятка вольт. В обычных условиях дуговой разряд поддерживается эмиссией электронов с поверхности накаливаемого ударами ионов катода (это было установлено в 1905 г. акад. В. Ф. Миткевичем). Наряду с термоэлектронной эмиссией электропроводность дуги вследствие высокой температуры поддерживается *термической ионизацией*. Во мно-

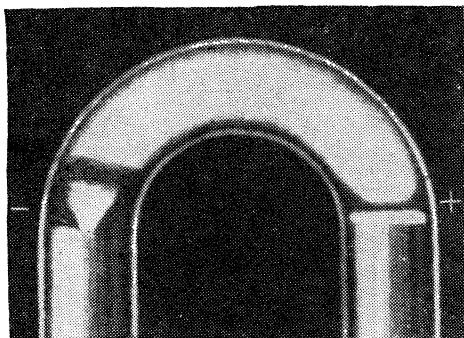


Рис. 169. Дуговой разряд при пониженном давлении.

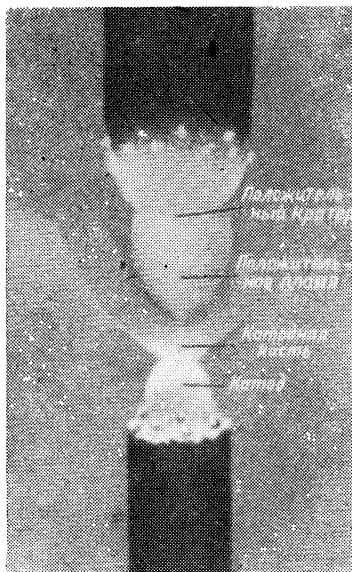


Рис. 170. Дуга при нормальном давлении.

гих других отношениях дуговой разряд имеет много общего с тлеющим разрядом, в особенности если дуга зажжена при относительно низком давлении (и, как свойственно дуге, при большой плотности тока). Вид дуги при низком давлении показан на рис. 169. При больших давлениях положительный столб дуги имеет вид более или менее тонкого ярко светящегося шнура. На рис. 170 показаны характерный вид дуги и зоны разряда при нормальном давлении.

В случае дуги разряд на катоде сосредоточен в небольшом светлом *катодном пятне*. При атмосферном давлении плотность разрядного тока у катодного пятна для угольного катода равна  $470\text{ а/см}^2$ ,

для железного катода  $7200 \text{ а/см}^2$ , для дуги с ртутными электродами  $4000 \text{ а/см}^2$ . По мере горения дуги угольный катод заостряется, а на аноде, наоборот, образуется углубление — *положительный кратер дуги*. В зоне положительного свечения температура газа для дуги при атмосферном давлении достигает  $6000^\circ \text{ К}$ . Для дуги при давлении в десятки и сотни атмосфер температура газа в отшнурованном положительного кратера и катодного пятна существенно ниже. Так, при атмосферном давлении температура накаленной поверхности анода для угольного и вольфрамового анода равна примерно  $4200^\circ \text{ К}$ , а температура катодного пятна  $2000\text{—}3000^\circ$ . То обстоятельство, что катод имеет меньшую температуру, чем анод, объясняется, во-первых, тем, что анод бомбардируется преимущественно электронами, катод — ионами, которые имеют меньший свободный пробег и соответственно меньшую энергию, и, во-вторых, тем, что часть энергии, доставляемой при разряде катоду, расходуется на термоэлектронную эмиссию.

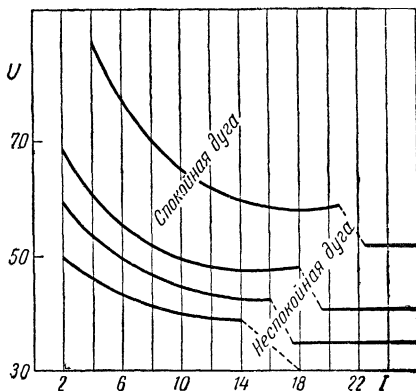


Рис. 171. Вольт-амперная характеристика дуги при различных расстояниях между электродами.

При увеличении величины тока электропроводность дуги сильно возрастает, так как усиливаются термоэлектронная эмиссия и термоионизация. Сопротивление между углями дуги убывает при увеличении тока приблизительно по закону  $R = \frac{a}{I} + \frac{b}{I^2}$ . Для дуги между металлическими электродами показатель степени во втором члене отличен от 2 и неодинаков для разных металлов.

Влияние пространственных зарядов в дуге проявляется в возникновении существенной (порядка  $10 \text{ в}$ ) обратной электродвижущей силы  $U_{об}$ , которая должна быть преодолена напряжением  $U$ , приложенным к электродам:

$$U = U_{об} + IR.$$

В итоге при увеличении тока разность потенциалов на электродах уменьшается; так, для дуги между углями

$$U = (a + U_{об}) + \frac{b}{I}.$$

Получается характерная для дуги *падающая вольт-амперная характеристика* (рис. 171). При увеличении тока до некоторой

критической величины разность потенциалов на электродах резко падает, примерно на 10 в, и горение дуги делается неспокойным (дуга начинает шипеть). Чем больше расстояние между электродами, тем больше должно быть напряжение, поданное на электроды дуги, и тем выше расположена вольт-амперная характеристика.

Если вследствие случайного охлаждения газоразрядного промежутка величина тока в дуге падает, то, как ясно из сказанного выше, напряжение на электродах должно быть увеличено, иначе дуга гаснет (сближением электродов можно, конечно, поддерживать горение дуги, пока катод не остыл). Чтобы обеспечить устойчивое горение дуги, во внешнюю цепь последовательно с дугой вводят сопротивление реостата («успокоительное» сопротивление). При случайном уменьшении тока в дуге падение напряжения на успокоительном сопротивлении тоже уменьшается, а стало быть, при неизменности подведенного напряжения соответственно увеличивается та часть его, которая приходится на долю дуги.

Электрическая дуга имеет разнообразное применение. О применении ее для электросварки сказано в § 27. При использовании дуги для освещения угли изготовляют с каналом, высверленным по оси и набитым в виде фитиля солями металлов, пар которых повышает светоотдачу пламени дуги (*фитильные угли*). Подобные, так называемые *пламенные дуги* потребляют около 0,2 вт на свечу вместо 1 вт, как обыкновенные дуги с чистыми углями. При использовании дуг в *прожекторах* применяют ток в сотни амперов; получаемый при этом свет дуги в сотни тысяч свечей концентрируется прожектором до миллиардов свечей.

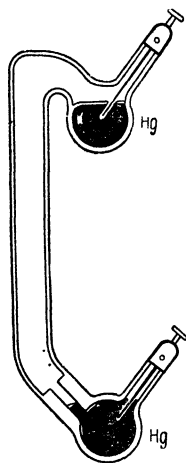


Рис. 172. Ртутная дуговая лампа.

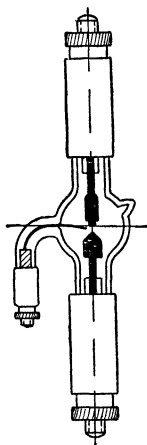


Рис. 173. Лампа СВД.

Широкое распространение имеют *ртутные дуговые лампы* с ртутными же электродами в кварцевых баллонах—«искусственное горное солнце» (рис. 172). Для зажигания такой лампы ее наклоняют; струйка ртути соединяет электроды, и при повороте лампы к вертикальному положению в месте разрыва струйки образуется дуга.

В настоящее время дуговой разряд широко применяется в *лампах «сверхвысокого» давления* (лампы СВД). Эти лампы представляют собой толстостенные шарообразные кварцевые колбы со впаянными в них вольфрамовыми электродами (рис. 173). Зажигание лампы производится от источника высокого напряжения при помощи третьего электрода. Дуговой разряд осуществляется в парах ртути при давлении около 100 атмосфер или же лампы наполняют инертным газом (неоном, аргоном, криптоном, ксеноном) при давлении порядка 20 атмосфер.

В химических производствах широкое применение имеют *дуговые электрические печи*, в которых нагревание дуговым разрядом сочетается с нагреванием током проводимости. Эти печи служат для плавления реагирующих веществ

и в то же время для осуществления реакции при высокой температуре. Так получают, например, миллионы тонн карбида кальция  $\text{CaC}_2$  из извести и кокса. (При воздействии воды на карбид кальция образуется ацетилен, который используется для автогенной сварки, для синтеза органических соединений, для переработки в цианид кальция  $\text{CaCN}_2$ , служащий удобрением, и т. д.) В химической промышленности дугу используют также для осуществления ряда реакций; например, был разработан и применен способ получения окиси азота из воздуха (по уравнению  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}$ ) с последующим окислением до  $\text{NO}_2$  в целях производства азотной кислоты. Имеется способ обработки бензина в газовом разряде для повышения его горючих свойств. В газовой смеси водорода и азота разряд (в особенности тлеющий) приводит к образованию аммиака  $\text{NH}_3$ . Тихий разряд применяют для выработки озона из кислорода и т. д.

В электротехнике дуговой разряд используют в приборах, служащих для выпрямления тока, например в ртутных выпрямителях.

### § 49. Искровой разряд. Молния

Электрическая искра имеет вид тонкой, прихотливо изогнутой и ярко светящейся полоски, которая обычно сильно разветвлена (рис. 174). Этот светящийся канал искры никогда, однако, не бывает хоть сколько-нибудь похож на те остроугольные зигзаги, посредством которых принято условно изображать молнию. Полоска искры



Рис. 174. Характерный вид искры.

с огромной быстротой прорезывает разрядный промежуток, гаснет и вновь возникает. Фотографирование искры посредством камеры с быстро движущимся объективом (камеры Бейса) или с быстро движущейся пленкой показывает, что по одному и тому же каналу искры, который иногда деформируется, пробегает несколько разрядов. Для исследования отдельных стадий развития искры применяют фотозатворы, управляемые высокочастотным током и основанные на применении явления Керра (§ 95). Одно из первых исследований строения искры было выполнено проф. Д. А. Рожанским в 1911 г. Д. А. Рожанский производил фотографирование искры, отклоняя искру действием магнитного поля.

Пробой газа, завершающийся искровым разрядом, происходит при определенной напряженности поля, которая должна быть тем больше, чем больше плотность газа и чем меньше его начальная ионизация.

Ниже приведены числовые данные, характеризующие величину искрового промежутка в комнатном воздухе. Напряженность электрического поля близ электродов сильно зависит от кривизны