

## § 118. Искровой разряд

1. *Искровой разряд* характеризуется прерывистой формой даже при пользовании источниками постоянного тока. Он возникает в газе обычно при давлениях порядка атмосферного. В естественных природных условиях искровой разряд наблюдается в виде *молнии*. По внешнему виду искровой разряд представляет собой пучок ярких зигзагообразных разветвляющихся тонких полосок, мгновенно пронизывающих разрядный промежуток, быстро гаснущих и постоянно сменяющих друг друга (рис. 286). Эти полоски называются *искровыми каналами*. Они начинаются как от положительного, так и от отрицательного электродов, а также от любой точки между ними. Каналы, развивающиеся от положительного электрода, имеют четкие нитевидные очертания, а развивающиеся от отрицательного, — диффузные края и более мелкое ветвление.



Рис. 286.

Так как искровой разряд возникает при больших давлениях газа, то потенциал зажигания очень высок. (Для сухого воздуха, например, при давлении 1 атм и расстоянии между электродами 10 мм пробивное напряжение  $\approx 30$  кВ.) Однако после того, как разрядный промежуток «пробит» искровым каналом, сопротивление этого промежутка становится очень малым, через канал проходит кратковременный импульс тока большой силы, в течение которого на разрядный промежуток приходится лишь незначительное напряжение. Если мощность источника не очень велика, то после такого импульса тока разряд прекращается. Напряжение между электродами начинает повышаться до прежнего значения, и пробой газа повторяется с образованием нового искрового канала. Время  $t$  нарастания напряжения тем больше, чем больше емкость  $C$  между электродами. Поэтому включение конденсатора параллельно разрядному промежутку увеличивает время между двумя последовательными искрами, а сами искры становятся более мощными. Через канал искры проходит большой электрический заряд, и поэтому увеличивается амплитуда и длительность импульса тока. При большой емкости  $C$  канал искры ярко светится и имеет вид широких полос. То же самое происходит при увеличении мощности источника тока. Тогда говорят о *конденсированном искровом разряде*, или *конденсированной искре*. Максимальная сила тока в импульсе при

искровом разряде меняется в широких пределах в зависимости от параметров цепи разряда и условий в разрядном промежутке, достигая нескольких сотен килоампер. При дальнейшем увеличении мощности источника искровой разряд переходит в *дуговой разряд*.

В результате прохождения импульса тока через канал искры в канале выделяется большое количество энергии (порядка 0,1—1 Дж на каждый сантиметр длины канала). С выделением энергии связано скачкообразное увеличение давления в окружающем газе — образование цилиндрической ударной волны, температура на фронте которой  $\sim 10^4$  К. Происходит быстрое расширение канала искры, со скоростью порядка тепловой скорости атомов газа. По мере продвижения ударной волны температура на ее фронте начинает падать, а сам фронт отходит от границы канала. Возникновением ударных волн объясняются звуковые эффекты, сопровождающие искровой разряд: характерное потрескивание в слабых разрядах и мощные раскаты *грома* в случае молнии.

В момент существования канала, особенно при высоких давлениях, наблюдается наиболее яркое свечение искрового разряда. Яркость свечения неоднородна по сечению канала и имеет максимум в его центре.

2. Остановимся теперь на механизме искрового разряда. В начале казалось, что искровой разряд обусловлен теми же основными процессами, что и тлеющий разряд. Согласно теории Таунсенда такими процессами являются объемная ионизация газа электронами и положительными ионами, а также вторичная эмиссия электронов с катода, обусловленная бомбардировкой его положительными ионами и фотонами, образующимися во время разряда. Однако такое предположение не согласуется с опытами. Если бы оно было верным, то время развития искрового разряда, например, было бы порядка времени, которое требуется ионам для прохождения расстояния между анодом и катодом. Это время, как нетрудно оценить, порядка  $10^{-4}$ — $10^{-5}$  секунд. Между тем осциллографические исследования показали, что фактическое время развития искрового разряда порядка  $10^{-7}$  секунд и меньше.

В настоящее время общепринятой считается так называемая *стримерная теория искрового пробоя*, подтвержденная прямыми опытами. Качественно она объясняет основные особенности искрового разряда, хотя в количественном отношении и не может считаться завершенной. Если вблизи катода зародилась электронная лавина, то на ее пути происходит ионизация и возбуждение молекул и атомов газа. Существенно, что световые кванты, испускаемые возбужденными атомами и молекулами, распространяясь к аноду со скоростью света, сами производят ионизацию газа и дают начало новым электронным лавинам. Таким путем во всем объеме газа появляются слабо светящиеся скопления ионизованного газа, на-

зываемые *стримерами*. В процессе своего развития отдельные электронные лавины догоняют друг друга и, сливаясь вместе, образуют хорошо проводящий мостик из стримеров. По этому мостику в последующий момент времени и устремляется мощный поток электронов, образующий канал искрового разряда. Поскольку проводящий мостик образуется в результате слияния практически одновременно возникающих стримеров, время его образования много меньше времени, которое требуется отдельной электронной лавине для прохождения расстояния от катода к аноду. Наряду с *отрицательными стримерами*, т. е. стримерами, распространяющимися от катода к аноду, существуют также *положительные стримеры*, которые распространяются в противоположном направлении.

### § 119. Коронный разряд

1. *Коронный разряд* возникает при сравнительно высоких давлениях газа (порядка атмосферного) в сильно неоднородном электрическом поле. Такое поле можно получить между двумя электродами, поверхность одного из которых обладает большой кривизной (тонкая проволока, острие). Наличие второго электрода не обязательно, его роль могут играть окружающие заземленные электроды. Когда электрическое поле вблизи электрода с большей кривизной достигает примерно  $3 \cdot 10^4$  В/м, вокруг этого электрода возникает свечение, имеющее вид оболочки или *короны*, откуда и произошло название разряда. Если корона возникает вокруг отрицательного электрода, то она называется *отрицательной*. В противоположном случае корона называется *положительной*. Механизм возникновения разряда в этих двух случаях разный.

В случае отрицательной короны положительные ионы, образуемые электронными лавинами, ускоряются в сильно неоднородном электрическом поле вблизи катода. Попадая на катод, они выбивают из него электроны (вторичная электронная эмиссия). Выбитые электроны, отталкиваясь от катода, на своем пути порождают новые электронные лавины. Так как электрическое поле убывает при удалении от проволоки, то на некотором расстоянии электронные лавины обрываются, электроны попадают в «темную» область и там прилипают к нейтральным молекулам газа. Образовавшиеся отрицательные ионы и являются основными носителями тока в «темной» области. Пространственный отрицательный заряд этих ионов вблизи анода ограничивает общий разрядный ток. В случае чистых электроположительных газов отрицательные ионы не образуются, а носителями тока в «темной» области являются *сами электроны*. В «темной» области разряд носит *несамостоятельный характер*.

В положительной короне, когда катодом служит электрод с большим радиусом кривизны, электрическое поле у катода слабое.