

## КОРОННЫЕ СТРИМЕРЫ: ФЕНОМЕН ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РАЗРЯДОВ

Миргород Кирилл Сергеевич [mirgorod.00@list.ru](mailto:mirgorod.00@list.ru)

### **Аннотация:**

Данная статья посвящена изучению коронных стримеров – уникальных электрических явлений, возникающих при высоковольтных разрядах. В работе рассматриваются особенности формирования, структуры и физических характеристик коронных стримеров, а также их роль в процессах электрических разрядов. Представлены практические примеры проявления коронных стримеров в повседневной жизни, такие как эффект трения и «огни святого Эльма». Заключительная часть работы подчеркивает важность изучения коронных стримеров для обеспечения электробезопасности и разработки эффективных методов защиты от электрических разрядов. Подробный анализ исследований в данной области способствует расширению наших знаний о высоковольтных разрядах и может привести к новым открытиям в области электродинамики.

**Ключевые слова:** стример, коронный стример, молния, компоненты молний, искровой разряд, электрическое поле, параметры импульса напряжения.

Электрические разряды исследовались на протяжении многих лет как одно из ключевых явлений в области электродинамики. Особый интерес вызывают высоковольтные разряды, при которых наблюдаются сложные электрические явления, включая коронные стримеры. При подаче высокого напряжения на электроды возникают нити электрического разряда, которые формируют коронные стримеры - тонкие нити холодной плазмы, играющие важную роль в процессах разрядов.

Коронные стримеры представляют собой уникальное явление, которое еще не полностью изучено и понято в научном сообществе. Их формирование, структура и физические характеристики представляют интерес для исследователей, стремящихся расширить знания о поведении электрических разрядов при высоких напряжениях.

Когда высокое напряжение подается очень быстро, при импульсе напряжения возникает коронный разряд следующего типа. Вместо свечения короны из электрода на долю миллисекунды выходит тонкая нить, которая затем исчезает [1]. Эта нить представляет собой искру, известную как коронный стример. Две особенности множественных коронных стримеров заключаются в том, что они имеют общий стержень на высоковольтном электроде и они не являются непрерывными ни в пространстве, ни во времени [1]. Длина коронного стримера обычно намного превышает длину конуса коронного свечения. Его длина может достигать нескольких метров, но он все равно состоит из холодной плазмы с низкой проводимостью и пропускает небольшой ток, который измеряется в микроамперах [2]. «При длинных искрах в высоковольтной лаборатории, в зависимости от напряжения, стримеры могут пересекать большую или меньшую часть

зазора или достигать противоположного электрода, но они никогда не вызывают пробоя зазора из-за низкой проводимости» (Базелян и Райзер, 1998 г.).

Чем выше амплитуда высоковольтного импульса, тем больше количество коронных разрядов, прикрепленных к наконечнику электрода [2]. Количество стримеров увеличивается настолько (на сотни и тысячи), что они создают плотно упакованную область короны в форме веера перед электродом. Как и в случае коронного свечения, область коронного потока содержит объемный заряд той же полярности, что и исходный электрод [1].

Пример области короны показан на рисунке 1.1, а также на рисунке 1.2 в момент времени  $t_1$ .

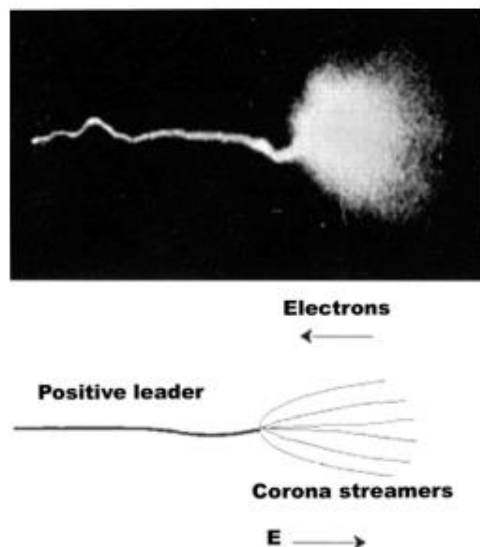


Рисунок 1.1 – Область стримеров короны (справа) и положительного лидера (слева), исходящих от заостренного электрода в камере

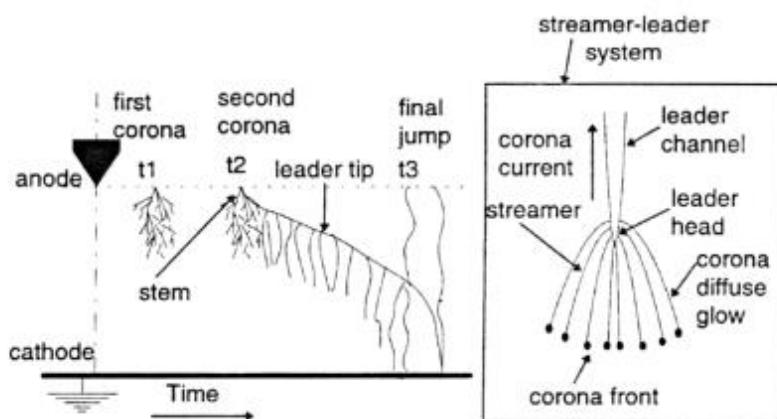


Рисунок 1.2 – Образование положительного выступа на заостренном электроде.  $t_1$  = появление первых коронок;  $t_2$  = появление вторых коронок, формирование стержня и начало образования выступа;  $t_3$  = прикрепление к катоду и окончательный переход к аноду.

Экспериментально установлено, что степень развития коронного стримера, т.е. его длина, определяется критическим значением электрического поля перед ним,  $E_{cr}$ , которое представляет собой наименьшее электрическое поле,

необходимое для поддержания распространения стримера. Значения  $E_{ст}$  составляют  $\approx 450-500 \text{ кВ}\cdot\text{м}^{-1}$  для положительных и  $\approx 750-1000 \text{ кВ}\cdot\text{м}^{-1}$  для отрицательных коронных излучений [3].

Помимо научного интереса, коронные стримеры могут проявляться в различных ситуациях повседневной жизни, являясь следствием высоковольтных электрических явлений. Один из таких примеров – эффект трения между ковровым полом и обувью на кожаной подошве. В зимнее время в отапливаемом помещении при ходьбе по ковру возникает трение, которое заряжает тело электричеством до десятков киловольт [3]. При касании металлической дверной ручки рука может испытать искру, вызванную коронным стримером, который пробивает разрядный зазор между пальцами и ручкой.

Еще одним примером коронного стримера в природе являются «огни святого Эльма» – явление, возникающее на острых предметах, на высоких кораблях во время грозы. Эти искры, подобные коронным стримерам, обусловлены электрическими разрядами в атмосфере и имеют свою уникальную природу [3]. Понимание процессов образования и проявления коронных стримеров не только в лабораторных условиях, но и в повседневной жизни, имеет значимость для безопасности и электробезопасности. Кроме того, изучение этих явлений может способствовать развитию новых методов защиты от электрических разрядов и улучшению качества электротехнических систем [3].

### Список используемой литературы

1. Грачев А. С. Использование активного короноприемника для гашения коронного разряда / А. С. Грачев // Символ науки: международный научный журнал. 2024. Т. 1. № 3-1. С. 35-37.
2. Базелян Э. М., Александров Н. Л. Электрическое поле в положительном стримере в длинных воздушных промежутках // Физика плазмы, 2022. №7(48). С. 639-647.
3. Тарасенко В. Ф., Белоплотов Д. В., Сорокин Д. А., Бакшт Е. Х. Режимы генерации пучков убегающих электронов при формировании в воздухе и азоте диффузных разрядов // Успехи прикладной физики. 2021. Т. 9. № 3. С. 202-215.
4. Тарасенко В. Ф., Кузнецов В. С., Бакшт Е. Х. Формирование стримеров шаровой и цилиндрической формы при коронном разряде в воздухе атмосферного давления / В. Ф. Тарасенко, В. С. Кузнецов, Е. Х. Бакшт [и др.] // Оптика атмосферы и океана. 2020. Т. 33. № 11(382). С. 897-904.
5. Кузнецов, В. С. Об импульсных режимах светящейся области короны / В. С. Кузнецов, В. Ф. Тарасенко, Э. А. Соснин // Известия вузов. Физика. 2019. Т. 62. № 5(737). С. 149-154.

### Информация об авторах

Миргород К. С. – студент группы 8Э-21, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

### Ссылка для цитирования

Миргород, К. С. Коронные стримеры: феномен высоковольтных разрядов // Энерджинет. 2024. № 1. URL: <http://nopak.ru/241-314> (дата обращения: 03.05.2024).

