

РЕГИСТРАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАВИН В ИНДУЦИРОВАННЫХ ВИХРЕВЫХ ПОЛЯХ

Е.А. З о б о в, А.Н. С и д о р о в

При электрическом пробое газов в резконеоднородных полях конфигурация этих полей остается, как правило, неизвестной. Вместе с тем некоторые факты позволяют предполагать, что распределение поля по длине разрядного промежутка имеет существенное значение. Так, в скользящей искре ее пробойные характеристики в воздухе при атмосферном давлении в случае открытой искры и в диэлектрической камере различны. Для открытой искры длиной 200 см, развивающейся по диэлектрической пленке толщиной 0,1 см, изолирующей стержень диаметром 1,5 см, пробойное напряжение составляет 105 кВ. В диэлектрической камере из оргстекла с внутренним диаметром 130 мм в тех же условиях пробойное напряжение составляет 140 кВ. Влияние стенок диэлектрической камеры из стеклотекстолита заметно также и при ее внутреннем диаметре 45 см.

В данной работе предпринята попытка зарегистрировать процессы, происходящие в скользящей искре над поверхностью диэлектрика. Исследование проводилось методом автордиографии на фотопленке РТ-5, которая располагалась перпендикулярно поверхности диэлектрика по линии управления скользящей искрой [1]. Теоретическое начальное распределение линий напряженности электрического поля показано на рис. 1. Предполагалось, что возникающий искровой канал переносит картину распределения электрического поля через всю длину разрядного промежутка. На рис. 2 представлено изображение полученных на фотопленке электронных лавин, развивающихся в возникающих при пробое скользящей искрой электрических полях. Видна также стримерная корона, которая развивается позже в области, первоначально занятой электронными лавинами. Полученный результат может быть интерпретирован следующим образом.

Развитие электронных лавин в начальном поле (рис. 1) создает вокруг каждой лавины изменяющееся магнитное поле, которое возбуждает электрическое поле с замкнутыми силовыми линиями — индуцированное вихревое поле. В нем также развиваются электронные лавины, т.е. индукционный ток, который имеет такое направление, что его магнитное поле препятствует изменению того магнитного поля, которое вызвало появление индукционного тока (закон электромагнитной индукции).

Поэтому направление тока электронной лавины, развивающейся в вихревом поле, будет противоположным току начальной лавины на стадии нарастания тока и совпадать при спаде тока. При формировании следующих лавин ток в предыдущих перераспределяется, и формируются системы лавин, развивающиеся как в начальном поле, так и в вихревом. Следует иметь в виду, что изображение лавин на рис. 2 является некоторой конечной стадией процесса формирования

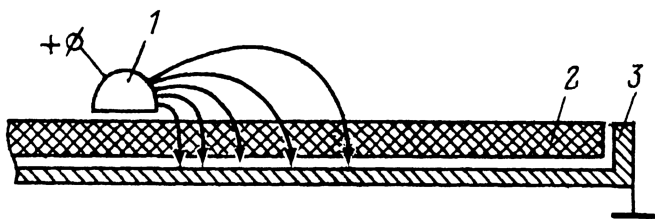


Рис. 1. Теоретическое распределение электрического поля в скользящей искре: 1 - высоковольтный электрод, 2 - диэлектрический материал, 3 - заземленный электрод.

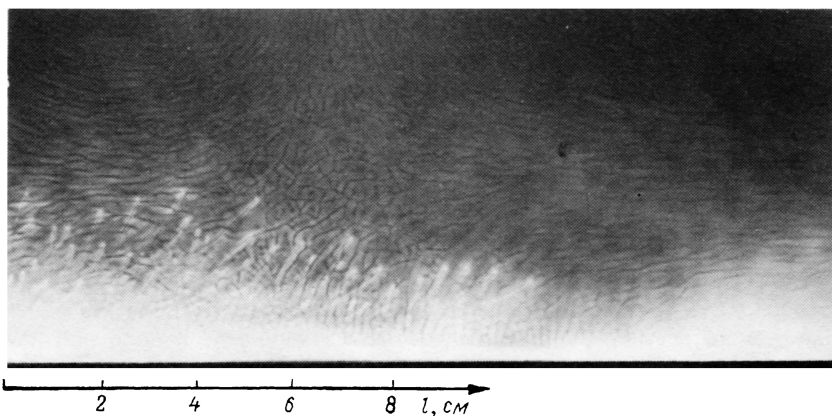


Рис. 2. Изображение электронных лавин над поверхностью диэлектрика.

систем электронных лавин, результатом их более длительного воздействия на фотопленку. Промежуточные стадии формирования систем электронных лавин могут быть зарегистрированы либо в импульсах малой длительности, либо на фронте пробоя, но методика регистрации для этого пока недостаточно отработана.

Регистрация вихревых полей свидетельствует о том, что проводимость среды к моменту развития лавин в вихревом поле уже достаточно высока, т.е. существует процесс, предшествующий образованию лавин. Таким процессом может быть распространение высокоскоростных пробойных волн [2], которые наблюдаются в самых различных условиях [3]. В длинном разрядном промежутке необходимые для распространения пробойных волн перенапряжения могут возникать при крутизне нарастания напряжения $1 \cdot 10^{12}$ В/с (условия эксперимента рис. 2) на части промежутка, в котором и раз-

вивается система лавин в вихревом поле. В открытой скользящей искре в названных выше условиях это длина более 70 см. В незавершенной скользящей искре вихревые поля можно наблюдать в более коротких промежутках при крутизне нарастания напряжения не менее $1 \cdot 10^{11}$ В/с. По-видимому, вихревые поля образуются также в момент перехода к сильноточной стадии разряда, однако их фоторегистрация в этом случае представляет большие технические трудности.

Регистрация лавин в вихревых полях подтверждает предложенную в [4] модель коллективного развития стримеров. Из рис. 2 видно, что стримеры развиваются в пределах одной вихревой системы. При росте напряжения стримеры развиваются и в следующей вихревой системе, а также происходит увеличение длины стримеров в предыдущей.

Таким образом, в физической модели искрового разряда в длинных промежутках [5] кроме основных структурных элементов (лавины, стримера, лидера) необходим учет также высокоскоростных пробойных волн и вихревых полей, при этом понятие лавинно-стримерного и стримерно-лидерного переходов имеет несколько условный характер [6].

Роль вихревого поля в процессе пробоя можно рассматривать с точки зрения запаса энергии в разрядном промежутке, т.к. при спаде тока в лавинах, развивающихся в начальном электрическом поле, вихревое поле стремится поддерживать в них ток, что способствует разогреву возникающего искрового канала. Однако более существенным может быть то, что возможна прямая передача энергии от одной вихревой системы к последующей, т.к. магнитные поля в зоне перекрытия вихревых систем складываются.

Разницу в пробойных напряжениях открытой и находящейся в диэлектрической камере скользящей искры можно объяснить тем, что диэлектрические стенки камеры препятствуют образованию вихревых полей, что и приводит к росту пробойного напряжения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Андреев С.И., Зобов Е.А., Сидоров А.Н. // ПМТФ. 1976. № 3. С. 12-20.
- [2] Абрамов А.Г., Асиновский Э.И., Василяк Л.М. // Физика плазмы. 1988. Т. 14. С. 977-986.
- [3] Асиновский Э.И., Василяк Л.М., Марковец В.В. // ТВТ. 1983. № 2. С. 371-381.
- [4] Базелян Э.М., Горюнов А.Ю. // Электричество. 1986. № 11. С. 27-33.
- [5] Базелян Э.М., Ражанский И.М. Искровой разряд в воздухе. Новосибирск: Наука, 1988, с. 163.
- [6] Базелян Э.М. // Электричество. 1987. № 5. С. 20-26.

Поступило в Редакцию
6 апреля 1989 г.