

УДК 537.523.9; 537.525.99

DOI: 10.17223/00213411/62/11/40

А.Г. САДЫКОВА<sup>1</sup>, Н.М. ЗУБАРЕВ<sup>1,2</sup>, Г.А. МЕСЯЦ<sup>1,2</sup>, Е.А. ОСИПЕНКО<sup>3</sup>, К.А. ШАРЫПОВ<sup>1</sup>,  
В.Г. ШПАК<sup>1</sup>, С.А. ШУНАЙЛОВ<sup>1</sup>, М.И. ЯЛАНДИН<sup>1,2</sup>

**ПРОБОЙ ВОЗДУХА В ПОЛЕ БЕГУЩЕЙ ТЕМ-ВОЛНЫ,  
АССИСТИРОВАННЫЙ УБЕГАЮЩИМИ ЭЛЕКТРОНАМИ \***

Методом динамической рефлектометрии исследовался импульсный пробой воздушной коаксиальной линии бегущей волной напряжения с амплитудой порядка минус 100 кВ. Экспозиция радиального электрического поля ТЕМ-волны составляла ~ 1 нс. Усилитель поля, выполненный в виде выступающей дисковой вставки в центральный электрод линии, создавал условия для пространственной привязки пробоя. Полученные данные сравнивались с режимом искусственного короткого замыкания радиального промежутка линии в области расположения усилителя. С увеличением амплитуды напряжения и искажения поля усилителем выполнялись критерии убегания электронов. В этом случае формировался поток быстрых частиц, инициирующий пробой с повышенной скоростью коллапса напряжения, увеличенным разрядным током и пониженным сопротивлением.

**Ключевые слова:** убегающие электроны, предыонизация, критическое поле, пробой, ТЕМ-волна, рефлектометр.

**Введение**

Исследования субнаносекундных пробоев газов при высоких перенапряжениях обычно проводятся в электродных промежутках в виде разрыва центрального проводника (рис. 1, а) [1] или зазора  $d$  на конце коаксиальной передающей линии (ПЛ). Последний вариант (рис. 1, б) характерен для исследований убегающих электронов (УЭ), регистрируемых за анодом из сетки или фольги (см. [2–4] и цит. там литературу). В экспериментах с УЭ важно знать напряженность электрического поля на катоде  $E(t)$  (далее – поле), поэтому следует учитывать, что субнаносекундный фронт падающего импульса напряжения  $U_{in}$  затягивается при его доставке к зазору  $d$ . На рис. 1, в представлен расчёт отражения  $U_r$  при отсутствии пробоя. Искажение фронта  $U_r$  связано с зарядкой емкости катод – анод и возвращением импульса обратно в ПЛ. Таким образом, параметры фронта  $U_{in}$  в однородной ПЛ можно использовать только как исходные данные для численного расчёта зарядки, определяющей предпробойное распределение поля в зазоре  $d$  [3, 5–7]. С развитием ионизации газа нагрузка ПЛ становится динамической, и анализировать её по отражению  $U_r$  с пикосекундным разрешением весьма сложно даже в случае, когда датчик напряжения  $D$  в ПЛ регистрирует  $U_r$ , дискриминированное с  $U_{in}$  (рис. 1, в). Это связано, в том числе, и с неопределённостью геометрии проводящей области газа в зазоре  $d$ .

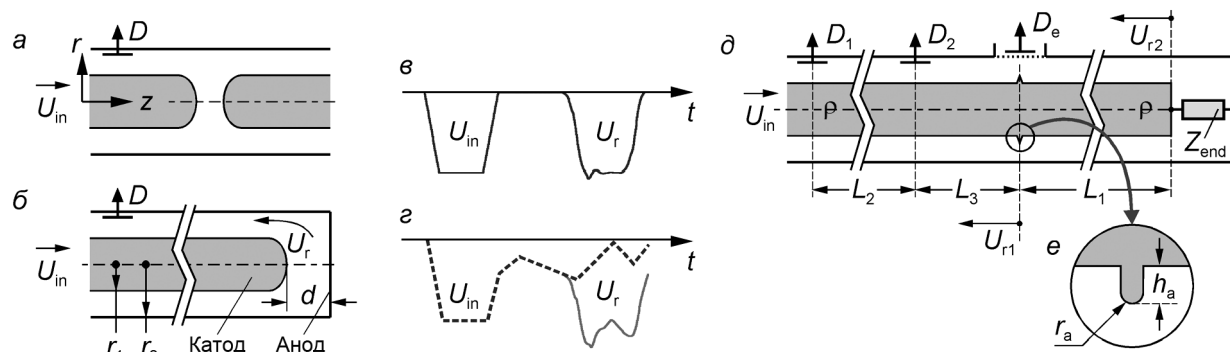


Рис. 1. Конфигурации коаксиальных электродных систем (а, б). Идеальный случай дискриминации по времени падающего и отраженного импульса в режиме холостого хода (в). Искажение отражения при наложении на фоновый сигнал после падающего импульса (з). Расчёт, код КАРАТ [8]. Конфигурации коаксиальной системы для исследования пробоя в радиальном электрическом поле бегущей волны (д). Геометрия усилителя поля (е);  $D_1$ ,  $D_2$  – датчики напряжения;  $D_e$  – коллекторный датчик электронного тока

\* Работа частично поддержана программой Президиума РАН № 10 и грантом РФФИ № 17-08-00608.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>