

УДК 533.9.082.76; 533.95

DOI: 10.17223/00213411/62/7/5

*А.В. ШНАЙДЕР, С.А. ПОПОВ, Е.Л. ДУБРОВСКАЯ, А.В. БАТРАКОВ*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КАТОДНОГО СЛОЯ ПОСЛЕ ПЕРЕХОДА ТОКА ДУГИ ЧЕРЕЗ НОЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУМЕРНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕНГМЮРОВСКИХ ЗОНДОВ \***

Предложена двумерная система миниатюрных зондов Ленгмюра, работающих в режиме электронного тока насыщения. С ее помощью исследовано пространственное распределение концентрации плазмы вблизи разрядного промежутка и динамика расширения слоя катод – плазма при переходе сильноточного вакуумно-дугового разряда через ноль тока. Предложенная методика и полученные данные актуальны для исследования процессов выключения тока в вакуумных сетевых выключателях.

**Ключевые слова:** вакуумный выключатель, зонд Ленгмюра, катодный слой, сильноточная вакуумная дуга.

### **Введение**

Успешное отключение аварийных токов высокой амплитуды вакуумным сетевым выключателем напрямую связано с присутствием последуговой плазмы [1]. Непосредственно с момента перехода тока через ноль на разрядном промежутке начинает нарастать напряжение обратной полярности – переходное восстанавливающееся напряжение (ПВН). При этом все напряжение оказывается сосредоточено в слое между катодом и плазмой. Очевидно, что плотность последуговой плазмы, ее пространственное распределение, а также динамика расширения слоя играют ключевую роль в успешном отключении. В настоящее время достигнут определенный прогресс как в измерении параметров плазмы и расширяющегося слоя катод – плазма с помощью ленгмюровских зондов [2–4], так и в численном моделировании динамики слоя [5, 6].

Для экспериментального исследования распределения концентрации плазмы и динамики расширения катодного слоя нами было предложено использовать пространственную структуру из нескольких ленгмюровских зондов, работающих в режиме регистрации электронного тока насыщения [2]. Однако эта структура была одномерной, она представляла собой набор зондов, расположенных вдоль вертикальной линии. Поэтому для восстановления двумерной картины приходилось передвигать линейку зондов в горизонтальном направлении. При этом из-за значительного разброса плотности плазмы и скорости расширения слоя от импульса к импульсу необходимо было усреднение измерений по большому количеству импульсов в каждом положении линейки зондов.

Настоящая работа является логическим развитием методики, предложенной в [2]. Основная идея заключается в восстановлении двумерного распределения концентрации последуговой плазмы и двумерной динамики расширяющегося катодного слоя за один импульс с использованием двумерного набора миниатюрных ленгмюровских зондов.

### **Методика эксперимента**

Эксперименты проводились на экспериментальном стенде, выполненном согласно синтетической схемы по Вейлю – Добке [7], имитирующей переходные коммутационные процессы при отключении аварийных токов короткого замыкания в реальных сетях. Данная схема генерирует один полупериод тока промышленной частоты (50 Гц) амплитудой до 15 кА. В процессе перехода тока через ноль формируется импульс ПВН амплитудой до 41.5 кВ с наперед заданной скоростью нарастания напряжения. В настоящей работе амплитуда тока составляла 8, 10 и 12 кА, амплитуда ПВН – 25 кВ, скорость нарастания ПВН – 1 кВ/мкс. Схема содержит калиброванные датчики для измерения тока дуги и напряжения на промежутке.

Эксперименты проводились при остаточном давлении в камере  $\sim 10^{-5}$  Па, поддерживаемым магниторазрядным вакуумным насосом. Дуговой промежуток формировался двумя идентичными

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-79-20049).

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>