

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

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО АКСИАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СИЛЬНОТОЧНУЮ ДУГУ ВАКУУМНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ *

Исследовано влияние относительно короткого внешнего аксиального магнитного поля на характеристики вакуумного дугового разряда в вакуумном выключателе. Импульсное магнитное поле создавалось внешними катушками. Форма импульса магнитного поля – один гармонический полупериод длительностью 1.5, 2.8 или 4.5 мс. Индукция магнитного поля регулировалась независимо от тока основного разряда. Использование генератора задержек позволяло включать магнитное поле в различные моменты времени относительно протекания основного тока разряда через промежуток. Предполагается, что использование импульсного магнитного поля позволит контролировать режим горения сильноточной вакуумной дуги, т.е. реализовать обратный режим с переходом от анодного пятна к диффузной форме горения разряда.

Ключевые слова: аксиальное магнитное поле, вакуумный выключатель, сильноточная вакуумная дуга.

Введение

На сегодняшний день вакуумные выключатели широко применяются в среднем классе напряжений [1]. Почти все выключатели имеют механизм формирования собственного магнитного поля за счет протекания тока разряда по контактам специальной формы. Такие контакты формируют либо аксиальное магнитное поле, либо радиальное магнитное поле в разрядном промежутке [2]. Использование контактов с поперечным магнитным полем заставляет дуговой канал вращаться по поверхности электродов, не привязываясь к определенному месту, что снижает тепловую нагрузку на электроды [2, 3]. Однако большее предпочтение отдается контактам, генерирующим аксиальное магнитное поле, поскольку они обладают лучшей отключающей способностью [4].

При отключении токов вакуумным сетевым выключателем в межэлектродном промежутке формируется дуговой разряд. При относительно слабых токах (до 6 кА) дуга функционирует в диффузном режиме [5]. При этом эмиссионную роль и роль источника плазмы в разрядном промежутке играют катодные пятна, равномерно распределенные по поверхности катода, а анод выполняет лишь пассивную роль коллектора заряженных частиц. С увеличением тока под действием собственного азимутального магнитного поля канал разряда контрагируется. При этом анод существенно разогревается, на нем формируется анодное пятно. Как правило, анодное пятно является мощным источником паровой фазы и плазмы. Плавление электродов сопровождается их более интенсивным износом, а наличие плотных паров в промежутке в процессе нарастания напряжения негативно сказывается на отключающей способности вакуумного выключателя.

Все эти недостатки присущи, прежде всего, контактам торцевого типа, которые наиболее просты в изготовлении, но не генерируют магнитных полей (кроме азимутального). Поэтому их используют в вакуумных сетевых выключателях, предназначенных для отключения относительно слабых ударных токов (до 5–6 кА) [6].

В настоящее время наиболее перспективными с точки зрения отключения сильных токов являются электроды, генерирующие аксиальное магнитное поле (АМП). Такие электроды содержат под контактной площадкой короткую катушку, генерирующую АМП при протекании тока самого разряда. Наличие АМП в разрядном промежутке препятствует контрагированию канала разряда и формированию анодного пятна и способствует стабилизации сильноточной вакуумной дуги в диффузном режиме [7]. В результате уменьшается эрозия контактов [8], повышается уровень отключаемых токов и улучшается отключающая способность [9].

Как уже отмечалось, в электродах с АМП поле генерируется протекающим через электрод током, т.е. синхронно с током разряда. Поэтому удельная индукция АМП, выраженная в мТл/кА (обычно до 7–8 мТл/кА), остается практически постоянной на протяжении всего разряда и может быть изменена только путем внесения изменений в конструкцию самих электродов. В этой связи большой интерес представляют лабораторные исследования с возможностью плавного регулирования индукции АМП и несинхронным магнитным полем относительно основного тока разряда.

* 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>