Изучение процесса обрыва тока вакуумной дуги в магнитном поле

Ульянов К.Н.

Всероссийский электротехнический институт им. В.И.Ленина, г. Москва, Россия, kulyanov@vei.ru

Разработка выключателя постоянного тока является актуальной научной и технической задачей. Такие выключатели находят широкое применение для коммутации цепей постоянного тока, например, в электротранспорте (железнодорожном, метро). При разведении контакта выключателя между ними возникает дуговой разряд в воздухе, для обрыва которого используются различные способы. Однако во всех случаях дуга в воздухе – это пожароопасная открытая дуга, выделяющая вредные окислы в окружающую среду.

В ВЭИ было предложено [1] использовать в выключателях постоянного тока вакуумный контактор, в котором гашение дуги в замкнутом вакуумном объеме осуществляется с помощью внешнего двухмерного (Br, Bz) аксиально-симметричного магнитного поля. Был выполнен большой объем экспериментальных исследований [2 – 4] особенности формирования плазмы вакуумной дуги, изучена динамика конфигурации катодных пятен в процессе протекания и обрыва постоянного тока для электродов в форме цилиндров с плоской поверхностью и для кольцевых электродов. Показано что для цилиндрических электродов при увеличении индукции магнитного поля число катодных пятен уменьшается, а область их расположения смещается к центру, где значения Br меньше. Этот факт затрудняет обрыв тока. В системе с кольцевыми электродами смещение пятен к центру исключено, поэтому для обрыва тока требуется меньшее значение индукции магнитного поля, чем в системе со сплошными электродами. Показано, что вероятность обрыва тока увеличивается с ростом значения индукции магнитного поля. В зависимости от значений индукции измерены вероятности обрыва постоянного тока в диапазоне токов 100 – 1000 А.

Предложена математическая модель обрыва тока вакуумной дуги, основанная на действии силы Ампера на движение быстрых катодных ионов в плазме вакуумной дуги, которая отличается от модели гашения поперечным магнитным полем. Сила Ампера, выталкивающая плазму дуги из разрядного промежутка в радиальном направлении, определяется действием аксиального магнитного поля Bz на азимутальный компонент тока Jθ. В этом случае траектории ионов становятся трехмерными, поскольку на ионы действует как азимутальная, так и радиальная компоненты силы Ампера. Предложен критерий обрыва тока. Результаты расчетов согласуются с экспериментом.

Литература

1. Алферов Д.Ф., Иванов В.П., Евсин Д.В., Сидоров В.А. //ТВТ. 2008. Т.46, С.495
2. Прозоров Е.Ф., Ульянов К.Н., Федоров В.А., Лондер Я.И. //ТВТ. 2011. Т.49, С.649
3. Прозоров Е.Ф., Ульянов К.Н., Федоров В.А. //ТВТ. 2013. Т.51, С.176
4. Прозоров Е.Ф., Ульянов К.Н., Федоров В.А. //ТВТ. 2014. Т.52, С.198