

ЭЛЕКТРОННЫЕ И ИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕ КАНАЛА ИСКРОВОГО РАЗРЯДА ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИЛЬНОТОЧНЫХ ВОЗДУШНЫХ КОММУТАТОРОВ

Баранов М.И.

НИПКИ «Молния» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Приведены результаты теоретических исследований электрофизических процессов, протекающих в плазменном канале искрового разряда, возникающего между металлическими электродами высоковольтного воздушного высоковольтного коммутатора (СК) атмосферного давления, входящего в состав высоковольтной электрофизической установки (ВЭФУ) с мощным емкостным накопителем энергии (ЕНЭ). Показано, что в подобных плазменных каналах искры между катодом и анодом воздушного СК существуют два противоположно направленных вдоль рассматриваемого проводящего канала вида электрического тока: один из них – электронный, обусловленный свободными электронами, возникающими в канале искры из-за явления автоэлектронной и термоэлектронной эмиссий на металлических электродах коммутатора и ударной ионизации в воздушном промежутке коммутатора, а другой – ионный, обусловленный возникающими в канале искры положительно заряженными ионами как от результатов ударной ионизации атомов и молекул воздуха, так от результатов испарения металла анода в зоне привязки на его поверхности канала искры и последующей термоионизации его атомов из-за высокой канальной электронной температуры. Выполнено дальнейшее развитие теоретических основ процесса переноса ионов металла анода на катод воздушного СК, влияющего на электрическую эрозию электродов высоковольтного воздушного коммутатора ВЭФУ с ЕНЭ. Получены новые расчетные соотношения: для максимальной напряженности электрического поля E_{cm} (В/м) в плазменном канале воздушной искры СК, имеющей вид $E_{cm}=110,41 \cdot I_m^{1/3} (\gamma_c t_m)^{-1}$, где I_m , t_m – амплитуда разрядного тока в цепи ВЭФУ с ЕНЭ и время, ей соответствующее, а γ_c – удельная электропроводность низкотемпературной плазмы канала искрового разряда; для наибольшего ускорения a_{im} (м/с²) в канале искры покинувшего эрозионный кратер на аноде и ионизированного атома его металла в виде $a_{im}=110,41 \cdot k_{va} e_0 I_m^{1/3} (\gamma_c t_m m_{ia})^{-1}$, где k_{va} – валентность металла электрода-анода с атомной массой m_{ia} его ионов, ускоряемых продольным электрическим полем с напряженностью E_{cm} в канале искры, а $e_0=1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл – модуль электрического заряда электрона; для максимальной скорости перемещения v_{im} (м/с) в плазменном искровом канале ионов металла анода к электроду-катоде в виде $v_{im}=110,41 \cdot k_{va} e_0 I_m^{1/3} (\gamma_c m_{ia})^{-1}$; для осаждаемой на электроде-катоде исследуемого СК массы M_{ea} (кг) ионов металла анода в следующем виде $M_{ea}=3k_{va} e_0 n_{ia} I_m t_m t_0 (\gamma_c)^{-1}$, где n_{ia} – усредненная плотность ионов металла электрода-анода в плазменном канале искрового разряда, возникающего в рассматриваемом воздушном коммутаторе, а t_0 – длительность протекания импульсного затухающего синусоидального или апериодического тока в высоковольтной разрядной цепи ВЭФУ с ЕНЭ. Установлено, что в инженерных расчетах для γ_c можно использовать значение, равное 1625 (Ом·м)⁻¹.