Abstract

Sh. A. Bahtaev, A. Zh. Tojgozhinova, A. K. Kodzhabergenova

(Almaty university of power engineering & telecommunications, Almaty, Kazakhstan,
Kazakh national technical university after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan)

PHYSICS EDUCATION AND PROCESSES OZONE LOSSES IN THE NEGATIVE CORONA

Keywords: corona discharge, electron avalanches, corona layer, negative corona.

For ozone formation most favorable conditions are created in the negative corona flowing in the air, oxygen and their mixtures with other gases. The electrons have a higher ionization energy in the area, while the gas molecules in the outer crown region are in a state of thermal energy.

By using these elementary processes of formation and loss of electrons and ions can be made of equations of continuity for all the charged and neutral atoms and molecules of oxygen in terms of a negative corona in atmospheric air.

A mechanism of formation and decomposition of ozone in the gas phase, covering the basic physical and chemical processes in the corona discharge. In view of the sticking coefficient of electrons and negative ions mobilities installed energy of free electrons in the corona layer and outside the ionization zone. Compiled by the system of equations of continuity for all the charged and neutral atoms and molecules of oxygen and ozone in the conditions of a negative corona in atmospheric air.

УДК 331.41/43

Ш. А. БАХТАЕВ, А. Ж. ТОЙГОЖИНОВА, А. К. КОДЖАБЕРГЕНОВА

(Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан,
Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан)

ФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ И ПОТЕРИ ОЗОНА В ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ КОРОНЕ

Аннотация. Рассмотрены физико-химические процессы в зоне ионизации униполярной короны, что связано с наиболее благоприятным условием образования озона в отрицательной короне, протекающей в атмосферном воздухе, кислороде и их смесях с другими газами. Детальный анализ этих процессов и учет их позволят поднять производительность и удельный выход озона в малогабаритных озонаторах на коронном разряде.

Ключевые слова: коронный разряд, электронные лавины, коронирующий слой, отрицательная корона.

Тірек сөздер: тәжді разряд, электрондық ағындар, тәжді разрядтың пайда болу ортасы, солполюстік тәжді разряд.

Keywords: corona discharge, electron avalanches, corona layer, negative corona.

Как известно [1-3], основные ионизационные процессы в коронном разряде протекают в области повышенной напряженности поля (в коронирующем слое), которая лежит вблизи поверхности электрода с малым радиусом кривизны (провод, острие и т.д.). При некотором напряжении между электродами начинают возникать отдельные электронные лавины или группы лавин. С повышением напряжения и достижением начальной напряженности поля короны (E_0) эти лавины вызывают появление достаточного числа свободных электронов, дающих начало новым лавинам. Ток разряда резко возрастает, устанавливается режим самостоятельного разряда. Для расчета параметров отдельных лавин, а также для установления критерия самостоятельности разряда обычно используются ионизационные коэффициенты Таунсенда α и γ.

Для образования озона наиболее благоприятные условия создаются в отрицательной короне, протекающей в атмосферном воздухе, кислороде и их смесях с другими газами. При этом электроны имеют высокие энергии в ионизационной области, тогда как молекулы газа во внешней области короны находятся в состоянии тепловой энергии. В связи с пространственно-временной дискретностью электронных лавин в чехле короны механизм образования озона в отрицательной короне можно условно разделить на три стадии:

1) Возникновение, развитие и окончание электронной лавины в области коронирующего слоя ($\sim 0{,}3\sqrt{r_0}$, см); время существования лавины – 50–100 нс. В этой стадии происходят: появление, размножение и, частично, исчезновение электронов, диссоциация, ионизация и возбуждение молекул кислорода.

2) Процессы прилипания электронов и появление отрицательных ионов кислорода; реакции атомов и возбужденных молекул кислорода с другими молекулами; образование озона и его релаксация в основное состояние. Процессы протекают в коронирующем слое; время второй стадии ~ 5–10 мкс.

3) «Расплывание» нейтральных молекул озона в окружающее пространство за счет диффузии или уход из-за продувки газа; окончание медленных реакций; «рассасывание» отрицательных ионов кислорода и озона во внешнюю область разряда. Время стадии ~1–10 мс.

В первой стадии происходят реакции диссоциации молекул кислорода:

$$O^- + O_2 \rightarrow O_3 + e \tag{1}$$

$$O^- + 2O_2 \rightarrow O_3^- + O_2 \tag{2}$$

Атом кислорода в результате тройного столкновения образует озон

(3)

где М – любая частица, например, молекула кислорода, озона, молекула примеси, атом кислорода и т.д.

Тройное столкновение обязательно, поскольку необходимо отвести избыток энергии. Тройное столкновение может быть представлено как два двойных:

$$O_3^- + O \rightarrow O_2^- + O_2 \tag{4}$$

где – молекула озона в возбужденном состоянии.

Основной реакцией разложения озона полагают следующую:

$$O_3 + O \rightarrow O_2 + O_2. \tag{5}$$

Продукты реакции O_2 колебательно возбуждены, которые релаксируют до основного состояния и особой роли не играют.

Ряд авторов вводят еще реакцию разложения озона синглетным кислородом

$$O_3 + O_2 \rightarrow 2O_2 + O, \tag{6}$$

которые, в дополнение к (1-2), являются также реакциями образования *O*.

Описанный механизм образования и разложения озона в газовой фазе (1-6), охватывает основные физико-химические процессы в коронном разряде. Между тем в отрицательной короне эти процессы дополняются реакциями образования и потерь озона с участием отрицательных ионов кислорода O^-, O_2^-, O_3^-. Приведем основные из них и константы скорости реакций *K*.

Образование озона

$$O^- + O_2 \rightarrow O_3 + e, \qquad 3 \cdot 10^{-10} \tag{7}$$

$$O^- + 2O_2 \rightarrow O_3^- + O_2, \qquad 1 \cdot 10^{-30} \tag{8}$$

$$O + O_2^- \rightarrow O_3 + e. \qquad 3{,}3 \cdot 10^{-10} \tag{9}$$

Разложение озона

$$O_3 + O^- \rightarrow O_2^- + O_2, \qquad 1{,}1 \cdot 10^{-11} \tag{10}$$

$$\rightarrow 2O_2 + e, \; 3{,}2 \cdot 10^{-10} \tag{11}$$

$$O_3^- + O \rightarrow O_2^- + O_2, \qquad 9 \cdot 10^{-15} \tag{12}$$

где константы скорости реакций *K* заимствованы из работ авторов [4, 5]. Единица измерений *K* для реакций второго порядка см^3/молек·с, а для третьего – см^6/молек·с. Константы приведены для температуры 300*K*.

Образование отрицательных ионов кислорода и озона в коронирующем слое идет эффективно из-за положительного сродства с электронами *O* (1,46*эВ*) и O_2 (0,44*эВ*), и это, в большей степени