

УДК:537.868

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОЛЬЗЯЩЕГО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ РАЗРЯДА АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Д.Л.Чернолуцкий, В.В.Колган, В.Я.Черняк, О.А.Недыбалюк, В.В.Юхименко,
В.А.Шаповал, Е.В.Соломенко, М.О.Якимов

Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко,
Факультет радиофизики, электроники и компьютерных систем,
03187 Киев, просп. академика Глушкова, 4г. E-mail: chernyak_v@ukr.net

Аннотация

В статье рассматривается возможность увеличения долговечности плазменного генератора на основе вращающегося скользящего разряда. Исследовано влияние геометрических и динамических параметров системы с вращающимся скользящим разрядом на характер разряда. Скольжение и вращение разряда вызвано поперечным к электрическому полю вихревым потоком воздуха.

Ключевые слова: разряд, давление, атмосфера, плазма, системы

скольжение и вращение разряда вызвано поперечным к электрическому полю вихревым потоком воздуха.

Введение

Перспективность использования плазмохимических систем в различных отраслях промышленности сегодня является очевидной. Однако основным сдерживающим фактором создания технологий является низкий ресурс работы традиционных генераторов плазмы атмосферного давления и выше даже при сравнительно невысоких мощностях (≥ 1 кВт) из-за существенной эрозии электродов.

Поиск решения проблемы увеличения ресурса плазменных источников с малой эрозией электродов является весьма актуальным. Возможными решениями может быть увеличение площади контакта токового канала газового разряда с поверхностью электродов и быстрое скольжение контакта по поверхности электрода под действием внешних сил. В перспективе, отвечающими поставленным выше требованиям, могут стать плазменные системы, управляемые газодинамическими потоками. При этом наибольший интерес сегодня представляют осесимметричные системы – вращающиеся скользящие дуги [1-6], которые очень мало исследованы.

Даная работа посвящена исследованию влияния на характер горения разряда геометрических и газодинамических параметров систем со скользящим вращающимся разрядом, в котором

Описание экспериментальной установки

Исследуемая осесимметричная разрядная система представлена на рис. 1. Здесь, фторопластовая камера (1) зажата двумя металлическими фланцами (2). Верхний фланец имеет отверстие диаметром 49 мм с внутренней резьбой, в которое вкручиваются различные вставки (3), являющиеся одним из электродов системы. Другим электродом служит шпилька диаметром 6 мм, она может двигаться вдоль оси симметрии системы по резьбовому соединению с фторопластом. На шпильку могут накручиваться различные насадки (4).

Разряд зажигался между центральным электродом и вставкой во фланце (далее периферийный электрод). Воздух, продуваемый сквозь межэлектродный промежуток, выносил плазму наружу.

Полярность на электродах системы всегда соблюдалась одинаковой: центральный электрод был под положительным «+» потенциалом, а верхний фланец был заземлен и соединен с отрицательным «-» выводом блока питания.

Воздух во фторопластовую камеру, подавался по касательной к ее стенке, с помощью направляющих каналов (5) и закручиваясь как показано на рис. 1., выходил через отверстие в периферийном электроде.

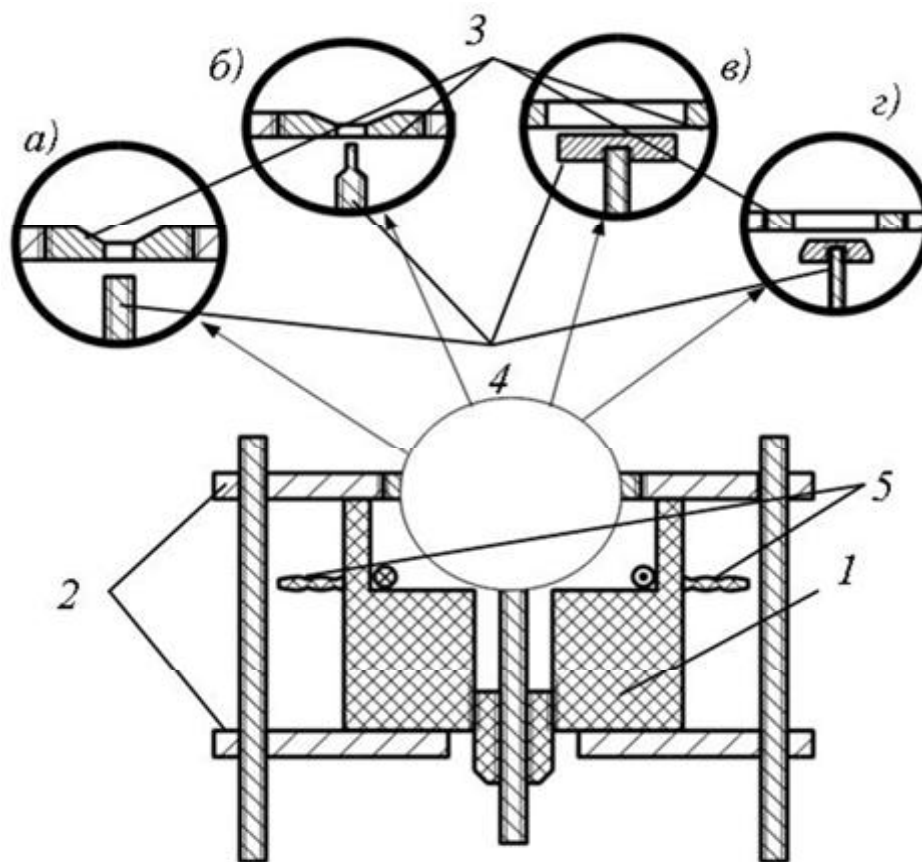


Рис. 1 – Схематический чертеж экспериментальной установки

Поток воздуха обеспечивался компрессором FIAS Cosmos и контролировался ротаметром фирмы Dwyer.

Источником напряжения служил блок питания БП-150 от магниторазрядных насосов НОРД.

Разнообразие геометрий вставок и насадок, их взаимное расположение друг относительно друга и различие подаваемых потоков воздуха, делало подобную систему весьма универсальной для генерации и исследования газоразрядной плазмы атмосферного давления. Было исследовано четыре геометрии электродов (см. рис. 1).

В первой (рис. 1. а)) – периферийным электродом была медная вставка, которая напоминала сопло, с диаметром малого сечения 4.8 мм, которое на высоте 3.8 мм от нижней поверхности вставки начинало расширяться до диаметра 16.4 мм, общая высота медной вставки 11 мм, центральным электродом служила металлическая шпилька диаметра 6 мм.

Во второй геометрии, рис. 1. б) – периферийный электрод остался прежним, а центральный электрод имел диаметр 2.8 мм.

В третьей геометрии, рис. 1. в) – периферийный электрод был из нержавеющей стали и имел цилиндрическое отверстие диаметром 25 мм, высота его была 10 мм; осевой электрод имел форму цилиндра диаметра 24 мм и высоты 10 мм, также выполнен из нержавеющей стали.

В четвертой геометрии, рис. 1. г) – периферийный электрод остался прежним, а центральный электрод был выполнен в виде усеченного конуса с нижним диаметром 24.3 мм, который на высоте 5 мм от нижней поверхности начинал плавно переходить в усеченный конус с верхним диаметром 22.7 мм, общая высота электрода 10 мм.

Результаты и их обсуждение

В работе исследовалось влияние на ВАХ газоразрядного источника плазмы, величины

потока воздуха продуваемого через разрядную область и взаимного расположения электродов системы друг относительно друга.

Некоторые графики ВАХ полученные в ходе измерений, для трех геометрий (рис.1. б); в); г)), представлены ниже.

В качестве изменяемых параметров при измерении ВАХ, были поток воздуха (G) через

систему и глубина погружения (l) центрального электрода в периферийный электрод (расстояние (l) отсчитывалось от верхней поверхности периферийного электрода до верхней поверхности центрального электрода).

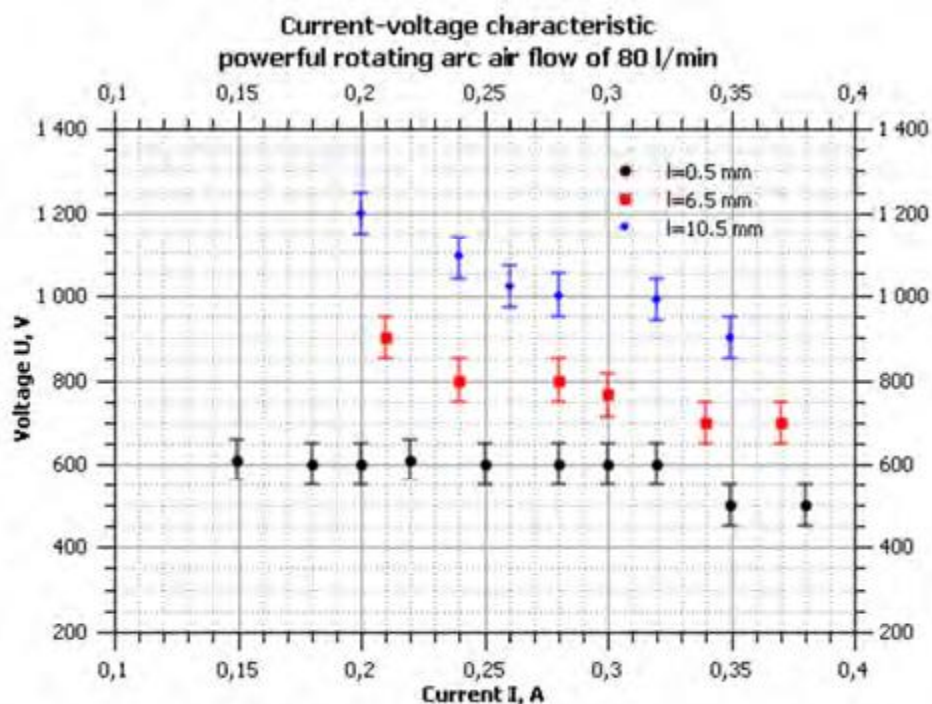


Рис. 2 – ВАХ разряда для геометрии рис.1. б)

Аналогичные графики были получены и для других потоков воздуха через систему (50 л/мин и 30 л/мин). Ниже представлены некоторые графики ВАХ, для геометрий изображенных на рис.1. б); в); г) (см. рис. 5-7), для различных потоков воздуха и одного взаимного расположения электродов.

Из представленных ВАХ видно, что изменение потока воздуха слабо влияет на внешний вид вольтамперной характеристики (см. рис. 5-7) в пределах исследованного диапазона потоков воздуха. Однако изменение глубины погружения центрального электрода в периферийный электрод (l), значительно влияет на величину подъема ВАХ, а так же на ее внешний вид (см. рис. 2-4). Так при расположении центрального электрода

заподлицо с верхней поверхностью вставки ($l = 0$ mm), кривая ВАХ имеет небольшой угол наклона, но при увеличении l , угол наклона увеличивается, а сама ВАХ поднимается относительно оси тока (см. графики ВАХ), что свидетельствует о возрастании мощности вкладываемой в разряд. Поскольку ВАХ в этом случае является ниспадающей можно предположить, что данный разряд есть дуговым.

В этой работе представлена выборка вольтамперных характеристик разряда только для последних трех геометрий рис. 1, это сделано потому, что эти геометрии подобны между собой тем, что в них центральный электрод погружался в канал периферийного электрода.

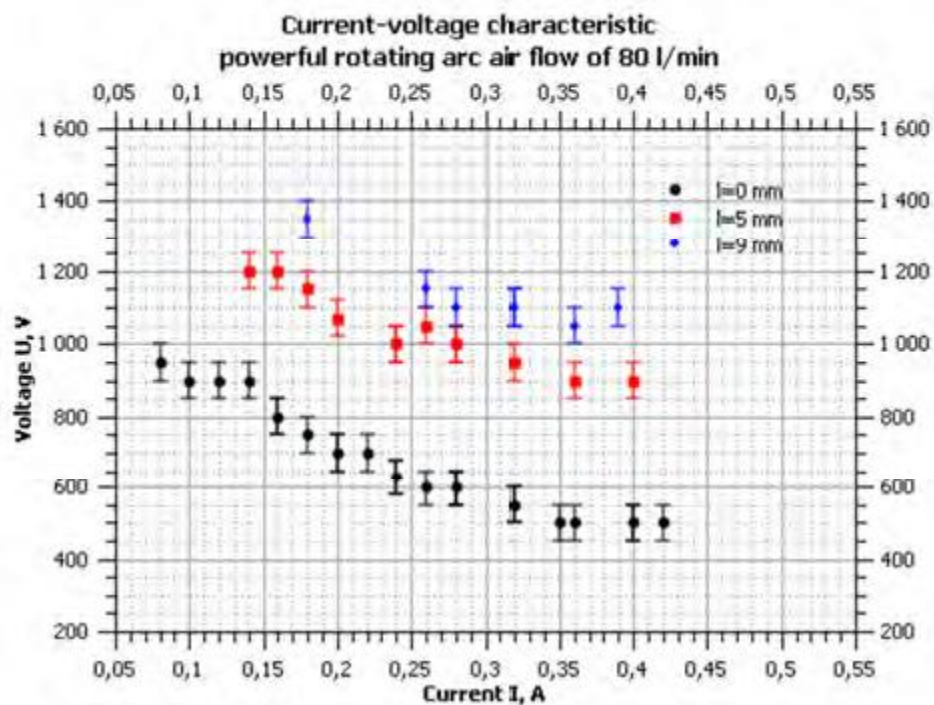


Рис. 3 – ВАХ разряда для геометрии рис.1. в)

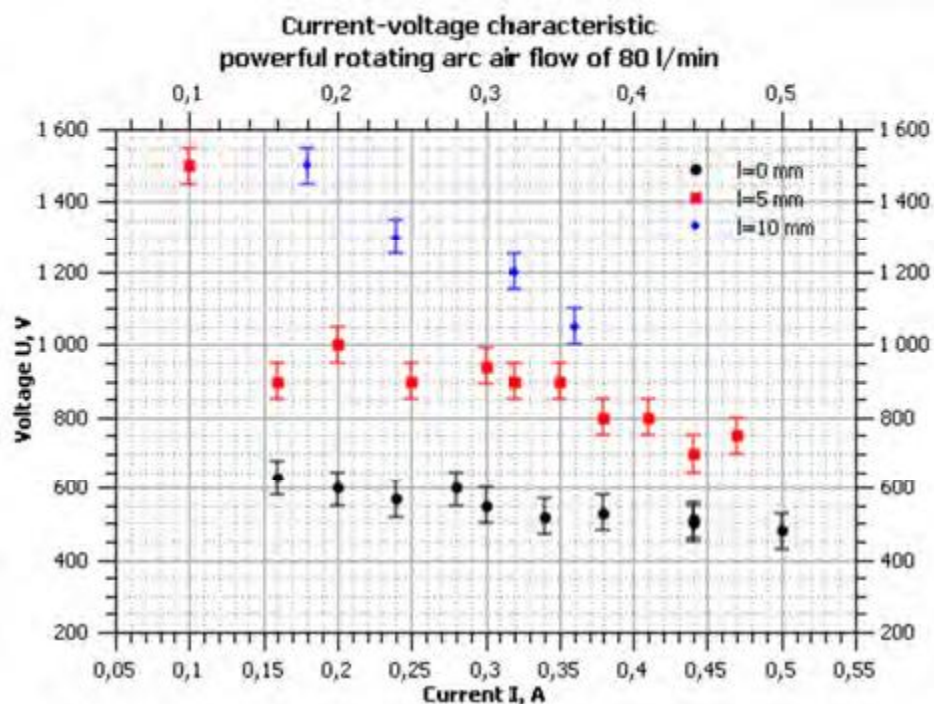


Рис. 4 – ВАХ разряда для геометрии рис.1. г)

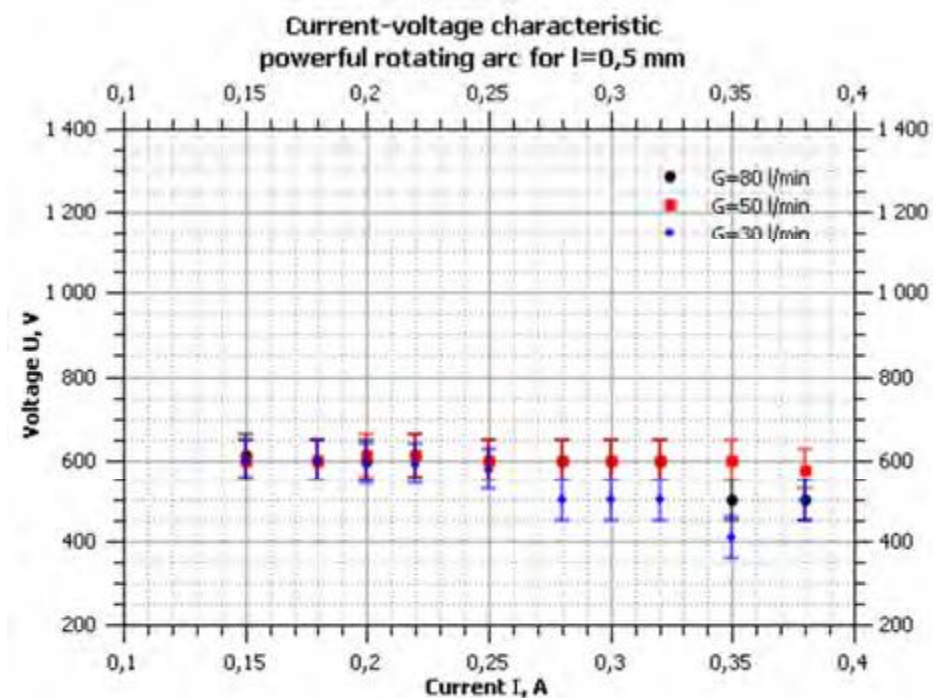


Рис. 5 – ВАХ разряда для геометрии рис.1. б)

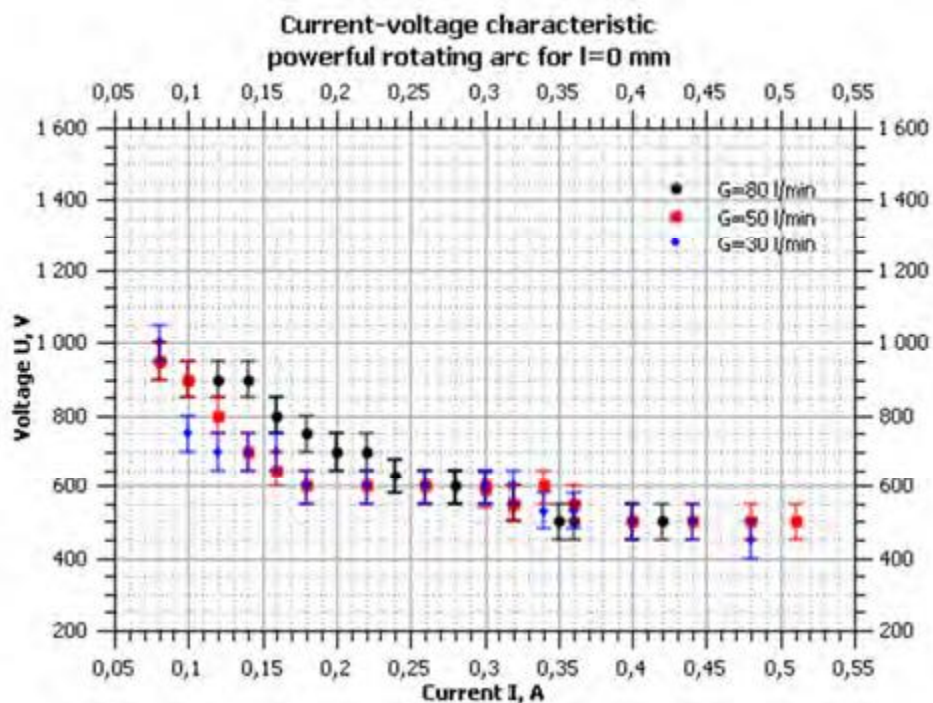


Рис. 6 – ВАХ разряда для геометрии рис.1. в)

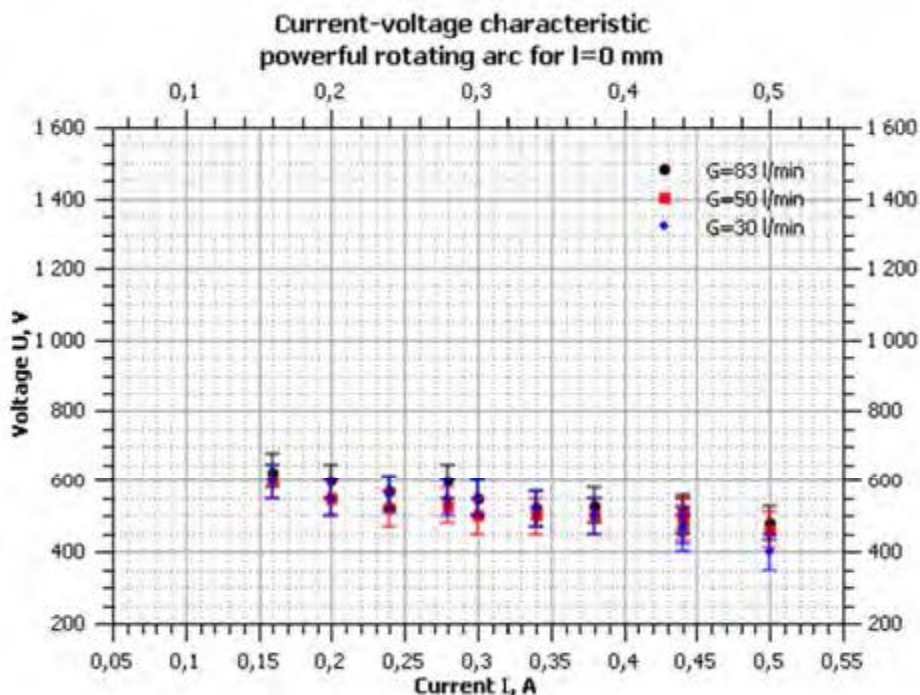


Рис. 7 – ВАХ разряда для геометрии рис.1. з)

Однако стоит указать, что для геометрии рис. 1. а), зависимости ВАХ были подобными ВАХ для геометрий рис. 1.б); в); з), с тем лишь отличием, что имели более крутой наклон. Однако ВАХ этого разряда также слабо зависела от потока воздуха в пределах погрешности, но поднималась относительно оси тока при увеличении межэлектродного расстояния.

В ходе наблюдения за разрядом было выявлено, что при конфигурации, когда верхняя поверхность центрального электрода находится заподлицо с верхней поверхностью вставки во фланце ($l = 0$ mm), поток воздуха таков, что разряд горит перпендикулярно поверхности фланца, как показано, например,

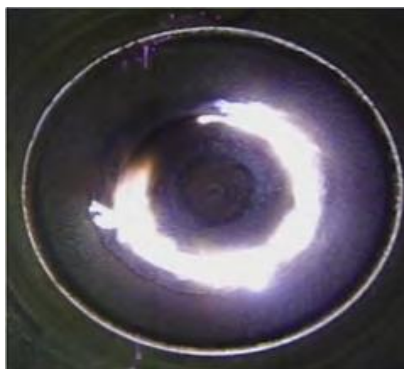
на рис. 8-9. С другой стороны увеличение глубины погружения ($l = 9$ mm) приводит к такому потоку воздуха через разряд, что он значительно вытягивается и расплывается по поверхности верхнего фланца (рис. 10-11).

Также геометрия самих электродов и поток продуваемого через разрядный промежуток воздуха в значительной степени влияла на внешний вид разряда (см. рис. 12-13). Для небольших потоков воздуха (<25 л/мин) разряд часто вытягивался в длинную яркосветящуюся дугу, практически со стационарной привязкой к электродам. Особенно четко это проявлялось при погружении центрального электрода в периферийный электрод (см. рис. 13.).



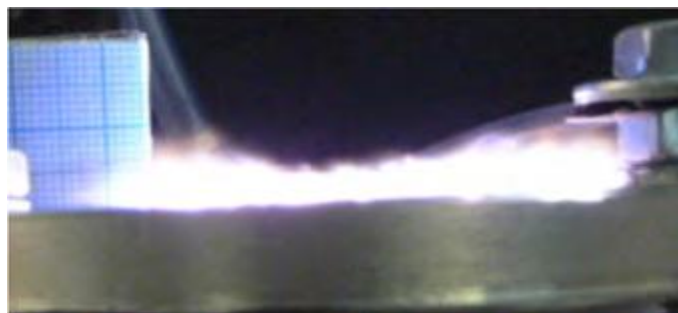
Вид сбоку. Поток воздуха 80 л/мин. Ток $I = 300$ mA, напряжение $U = 600$ V.
Глубина погружения центрального электрода $l = 0$ mm

Рис. 8 – Фото разряда для геометрии рис.1. в)



Вид сверху. Поток воздуха $G = 80$ л/мин. Ток $I = 300$ мА, напряжение $U = 600$ В.
Глубина погружения центрального электрода $l = 0$ мм

Рис. 9 – Фото разряда для геометрии рис.1. в)



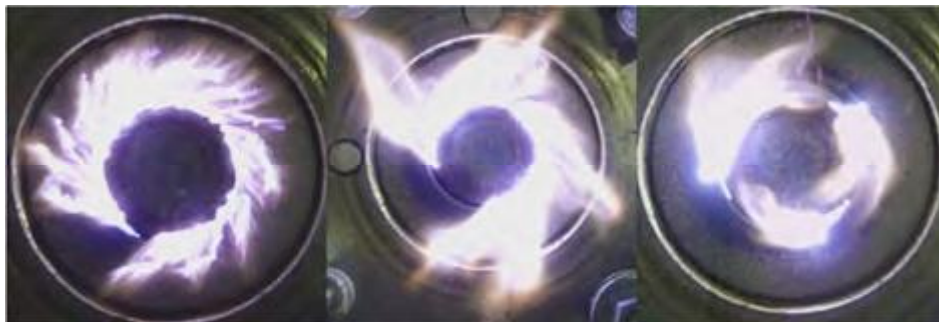
Вид сбоку. Поток воздуха $G = 80$ л/мин. Ток $I = 320$ мА, напряжение $U = 1100$ В.
Глубина погружения центрального электрода $l = 9$ мм

Рис. 10 – Фото разряда для геометрии рис.1. в)



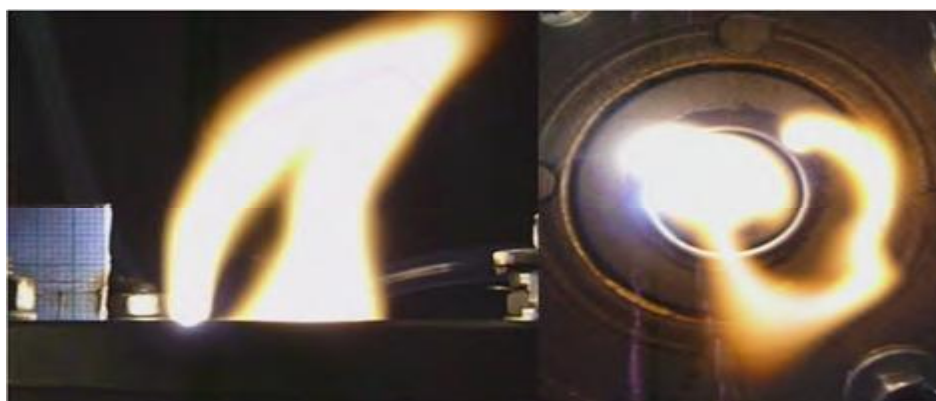
Вид сверху. Поток воздуха $G = 80$ л/мин. Ток $I = 320$ мА, напряжение $U = 1100$ В.
Глубина погружения центрального электрода $l = 9$ мм

Рис. 11 – Фото разряда для геометрии рис.1. в)



Вид сверху. Порядок следования слева направо. Поток воздуха: $G = 80$ л/мин, 50 л/мин, 30 л/мин соответственно. Ток $I = 440$ мА. Глубина погружения центрального электрода $l = 0$ мм

Рис. 12 – Фото разряда для геометрии рис.1. з)



Вид сбоку и сверху. Порядок следования справа налево.
Поток воздуха: $G = 20$ л/мин, $I = 470$ мА, глубина погружения центрального электрода $l = 5$ мм

Рис. 13 – Фото разряда для геометрии рис.1. з)

Заключение

Рассмотренный в данной работе вращающийся скользящий разряд может быть эффективно использован для генерации квазистационарных цилиндрических потоков плазмы атмосферного давления большого сечения ($\geq \pi \cdot 10 \text{ см}^2$). Так, например, при режиме работы исследуемого плазменного источника с радиальным выносом плазмы, диаметр заполняемой разрядом области достигал 60 мм, при высоте подъема разряда над поверхностью фланца до 10 мм. В режиме работы с осевым выносом плазмы при малых поперечных потоках воздуха высота разряда могла достигать 50 мм.

Литература

1. Kalra C.S, Gutsol A.F, Fridman A.A. Gliding arc discharges as a source of intermediate plasma for methane partial oxidation. // IEEE Trans Plasma Sci, 2005. 33(1).
2. Czernichowski A. Conversion of waste Glycerol into Synthesis Gas//19th Int. Symp. On Plasma Chem. (ISPC-19), Bochum, Germany, July 26-31 (2009)]
3. Cormier J.M, Rusu I. Syngas production via methane steam reforming with oxygen: plasma reactors versus chemical reactors. // J Phys D Appl Phys, 2001. 34: 2798–803.
4. Cormier J.M, Rusu I, Khacef A. On the use of a magnetic blow out glidar reactor for the syngas production by stem reforming. 16th International symposium on plasma chemistry, Taormina, 2003.
5. Chernyak V. // Proc. 3rd Czech-Russian Seminar on Electrophysical and Thermophysical Processes in Low-temperature Plasma, Brno, 1999, Nov. 16-19, P.94-99.
6. O.A. Nedybaliuk, V.Ya. Chernyak, E.V. Martysh, T.E. Lisitchenko. System with plasma injector of hydrocarbons with high viscosity //

Proc. of the VIII International Conference
“Electronics and Applied Physics”, October 24-

27, 2012, Kyiv, Ukraine, P. 148-149.

STUDY GLIDING ROTATING DISCHARGE AT ATMOSPHERIC PRESSURE

**D.L.Chernolutsky, V.V. Kolgan, V.Ya.Chernyak, O.A.Nedybaliuk, V.V.Iukhymenko,
V.A.Shapoval, E.V.Solomenko, M.O.Yakimov**

Kiev National University of Taras Shevchenko,
Faculty of Radio Physics, Electronics and Computer Systems, 03187 Kyiv,
ave. of Academician Glushkov, 4d. E-mail chernyak_v@ukr.net

Abstract

This paper considers the possibility of creating a long-life-time plasma generator based on a gliding rotating discharge. Influence of geometrical and dynamic parameters of systems with gliding rotating discharge on the nature of the discharge was investigated. Transverse to the electric field rotating airflow was provided the gliding and rotating discharge.

АТМОСФЕРАЛЫҚ ҚЫСЫМДА АЙНАЛАТЫН ТАЙҒАҚ РАЗРЯДТЫ ЗЕРТТЕУ

**Д.Л.Чернолуцкий, В.В.Колган, В.Я.Черняк, О.А.Недыбалюк, В.В.Юхименко,
В.А.Шаповал, Е.В.Соломенко, М.О.Якимов**

Киевтегі Тарас Шевченко атындағы ұлттық университеті,
радиофизика, электроника және компьютерлік жүйе факультет,
03187 Киев, академик Глушков даң., 4г. E-mail chernyak_v@ukr.net

Аннотация

Аталған мақалада тайғақ разряд негізінде плазмалық реактордың өміршеңдігінің ұзаққа созылуы жайлы жазылған. Айналмалы тайғақ разрядты жүйеде разряд сипатына әсер ететін геометриялық және динамикалық шамалардың әсері зерттелді. Разрядтың таюы мен айналуы электр өрісінде ауаның құйындатып соғуымен тайланысты.