

У ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОВНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 004.932; 537.523.9

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СВІТІННЯ РІДИННОФАЗНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ГАЗОРОЗРЯДНІЙ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Білинський Й.Й. д.т.н, професор

Павлюк О. А. аспірант

Микулка І.В. магістрант

Вінницький національний технічний університет

В статті пропонується ряд параметрів для аналізу свечення стримера, емпірично встановлена модель описання яркості стримера, пропонується математична модель довжини стримера, на основі якої розроблено комплексний критерій оцінки стану жидкофазного об'єкта.

This paper proposes a number of parameters for the streamer emission analysis, a model empirically established to describe the brightness of the streamer is proposed, the mathematical model of the length of the streamer is proposed. Liquid phase object complex criterion, based on this model is proposed.

Вступ. Газорозрядна візуалізація (ГРВ) виникає при внесенні рідиннофазного об'єкту (РФО) у змінне (з частотою понад 1 кГц) електромагнітне поле з високою напруженістю (близько 20-25 кВ/см). Через різницю потенціалів між РФО та електродом виникає газовий розряд, який і є джерелом світіння. Так як РФО є частиною електричного кола, то він впливає на світіння. Тому, аналізуючи зображення розряду, можна визначити стан РФО [1].

При аналізі ГРВ зазвичай досліджувалося все зображення, що ускладнювало аналіз РФО. В роботі запропоновано проводити дослідження окремих елементів зображення газорозрядної візуалізації – стримерів. Стримером вважається суперпозиція в часі окремих газових розрядів, що утворюють коронний розряд на півперіодах змінної напруги, тобто інтегральна картина світіння окремих розрядів, що чергуються [2].

Основна частина. Існуючі методи визначення параметрів РФО передбачають порівняння досліджуваного і зразкового РФО у різні моменти часу, що зменшує достовірність та ефективність досліджень, оскільки за час, що пройшов між зніманням об'єктів можуть змінитися параметри навколишнього середовища (температура, тиск, вологість), а також параметри прикладеної напруги (внаслідок перепадів напруги живлення в мережі та нагрівання електронних компонентів системи ГРВ). З метою виключення впливу цих параметрів, запропоновано методику, яка полягає у наступному:

1. Одночасному зніманні досліджуваного і зразкового РФО за однакових навколишніх умов.
2. Визначенні стримерів, яскравість яких вище граничного значення.
3. Визначенні параметрів знайдених стримерів.
4. Усередненні значень.
5. Проведенні порівняльного аналізу на основі комплексного критерію [3].

Згідно цієї методики за допомогою автоматизованої системи ГРВ отримано зображення світіння зразкового та досліджуваного РФО, виділено і нормалізовано їх стримери, які наведені на рис. 1.

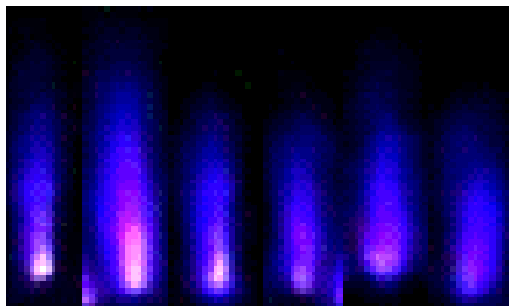


Рис. 1 Виділені нормалізовані стримери

Методика передбачає дослідження центральних перерізів яскравостей нормалізованих стримерів, шляхом визначення їх характерних параметрів. На основі проведених експериментів, запропоновано емпіричну модель опису яскравості стримера, що в подальшому використовується при визначенні інформативних параметрів

$$I = \frac{166455 \cdot B}{x^3 \left(\exp\left(\frac{1439}{xA}\right) - 1 \right)},$$

де I – яскравість пікселя в градаціях сірого; x – номер пікселя від початку стримера;

A, B – коефіцієнти яскравості стримера, які визначаються в результаті його апроксимації. Числа 166455 та 1439 визначені експериментально і залежать від роздільної здатності камери та відстані від камери до РФО.

На рис. 2 наведена характеристика яскравості в перерізі стримера дистильованої води та його апроксимована характеристика.

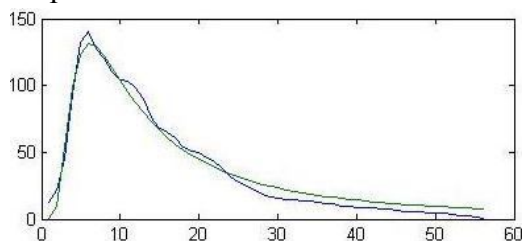


Рис. 2 Переріз за яскравістю стримера дистильованої води і його апроксимована характеристика

Встановлено, що яскравість стримерів при русі від «головки» стримера наростає та спадає за експоненціальними законами, відповідно:

$$I = I_1 e^{k_1 x},$$
$$I = I_1 e^{k_2 x}.$$

де k_1 та k_2 – коефіцієнти зростання і спадання яскравості центрального перерізу стримера, відповідно.

Встановлено, що коефіцієнти зростання і спадання яскравості є інформативними параметрами оцінювання стану рідиннофазних об'єктів і визначаються шляхом виконання ітераційного процесу при мінімальному значенню похибки.

Крім цього з переріза яскравості визначаються такі інформативні параметри (рис. 3):

I_{max} – максимальне значення градації яскравості центрального перерізу стримера;

L_3 – кількість пікселів від першого пікселя з яскравістю вище рівня шуму до пікселя з максимальною яскравістю I_{max} ;

L_c – кількість пікселів від пікселя з максимальною яскравістю I_{max} до першого пікселя яскравість якого рівна шумовій;

I_1 – оптимальне значення градації яскравості центрального перерізу стримера для частини L_3 ;

I_2 – оптимальне значення градації яскравості центрального перерізу стримера для частини L_c ;

S_c – середня яскравість стримера;

S_3 – середня яскравість зображення;

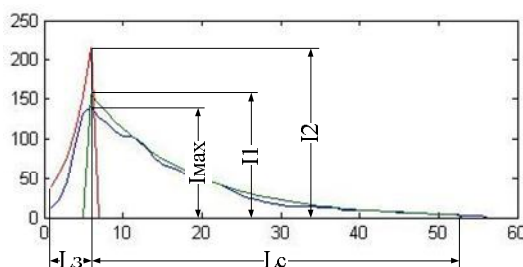


Рис. 3 Запропоновані інформативні параметри

Для опису стримера запропоновано математична виду

$$l = \frac{U\sigma}{2\pi r_k h e N_a \sum_{i=1}^k \frac{a_i m_i}{M_i}} t \left(1 + \frac{\omega \cos(\omega t)}{\sqrt{2}} \right),$$

де l – середня довжина стримера; U – прикладена напруга до РФО; m – маса РФО; ω – кутова частота зміни сигналу; e – елементарний заряд; a_i – ступінь дисоціації i -ї речовини, що входить до складу РФО; m_i – маса i -ї речовини, що входить до складу РФО; M_i – молярна маса i -ї речовини, що входить до складу РФО; N_a – стала Авогадро; r – радіус краплі РФО; σ – провідність краплі РФО; h – висота краю краплі РФО, з якого утворюються стримери; t – середній час життя електронної лавини, який згідно [4] становить приблизно $10^{-8} \dots 10^{-6}$ с.

З урахуванням моделі довжини стримера, для оцінювання стану РФО, запропоновано комплексний критерій оцінювання стану РФО

$$K = \frac{U\sigma}{2\pi r_k h e N_a \sum_{i=1}^k \frac{a_i m_i}{M_i}} t \left(1 + \frac{\omega \cos(\omega t)}{\sqrt{2}} \right) \frac{U i \tau |k_2| T}{c m \Delta t k_1 A^2 B},$$

де i – струм, що протікає через РФО; τ – час прикладання напруги; c – питома теплоємність об'єкта; Δt – підвищення температури РФО за час прикладання напруги; T – температура навколишнього середовища; m – маса РФО.

Для підтвердження ефективності запропонованого комплексного критерію оцінювання стану РФО використовувались мінеральні води «ЕКО» та «Моршинська» при таких параметрах функціонування автоматизованої системи – $U=3500$ В, $i=10$ мА, $\omega=314000$ рад/с; та параметрів РФО – $h=0,001$ м, $m=0,0001$ кг.

Решта необхідних для розрахунку параметрів та обчислений комплексний критерій оцінювання стану РФО для вод "Моршинська" та "Еко" наведені в табл. 1 і табл. 2.

Таблиця 1

Параметри світання води "Моршинська", отримані при аналізі ГРВ

ГРВ характеристики	Вода "Моршинська"		
	k_1	0,53	0,25
k_2	-0,08	-0,1	-0,09
I_{max}	90	116	66
L_3	32	46	33
L_c	3	4	3
Sc	17,3	21,1	15,7
B	1	3	2
A	83	77	93
K	0,01944	0,00941	0,00871

Таблиця 2

Параметри світання води "Еко", отримані при аналізі ГРВ

ГРВ характеристики	Вода "Еко"		
	k_1	0,55	0,34
k_2	-0,1	-0,08	-0,1
I_{max}	98	56	51
L_3	23	19	27
L_c	3	8	6
Sc	16,7	14,8	13,1
B	4	2	3
A	50	72	82
K	0,01674	0,01291	0,00830

З таблиць видно, що комплексні критерії оцінювання стану РФО для різних РФО суттєво відрізняються, що дає змогу підвищити достовірність і ефективність методу ГРВ.

Висновки. На основі проведених експериментальних досліджень запропоновано емпіричну модель опису яскравості стримера та ряд інформативних характеристик ГРВ РФО: максимальна яскравість I_{max} ; довжина частини стримера до максимальної яскравості L_3 ; довжина частини стримера після максимальної яскравості L_c ; коефіцієнти спадання і зростання яскравості центрального перерізу стримера k_1 , k_2 ; середня яскравість стримера Sc та зображення S_3 , I_1 оптимальне значення градації яскравості центрального перерізу стримера для частини L_3 , I_2 оптимальне значення градації яскравості центрального перерізу стримера для частини L_c . Наведена модель довжини стримера та на її основі запропоновано комплексний критерій оцінювання стану РФО. Проведено експериментальні дослідження, які засвідчують ефективність запропонованого комплексного критерію оцінювання стану РФО.

Література

1. Коротков К. Эффект Кирилян / К. Коротков. – СПб. : СПб ГИТМО (ТУ)1995. – 218 с.
2. Райзер Ю. П. Физика газового разряда / Ю.П. Райзер. М : Наука, 1987. – 592 с.
3. Павлюк О.А. Розробка комп'ютерної системи газорозрядної візуалізації/ О. А. Павлюк, Й. Й. Білинський. // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2011. – Севастополь: СевНТУ.- 2011.- 681 С.
4. Яворский Б.М. Справочник по физике / Б. М. Яворский, А. А. Детлаф. М. Наука, 1968. – 940 с.