

УДК 681.518.2

А.В. Шульга, Д.Н. Нелюба, А.И. Данник

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, Полтава

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗРЯДА В МЕТАЛЛОГАЛОГЕННЫХ ЛАМПАХ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПУСКОМ В СИСТЕМАХ НАВИГАЦИИ

Рассматриваются проблемы пуска (зажигания) металлогалогенных ламп высокого давления, результаты экспериментальных исследований различных конструкций и геометрических размеров горелок. Для снижения напряжения зажигания в результате проведенной работы оптимизирован состав газового наполнения разрядной горелки, что позволило при определенной ее конструкции производить надежный пуск ламп без специальных схем и пусковых устройств.

**Ключевые слова:** разряд, электрод, горелка, вольтамперная характеристика, иодид металла, зажигание, импульсное зажигающее устройство.

### Введение

В современных системах навигации в оптическом диапазоне особое внимание уделяется надежности и долговечности источников излучения. Анализ последних исследований показал, что данные параметры существенно зависят от процессов, происходящих в момент пуска (зажигания) источников света. В случае использования в качестве источников излучения для навигационных систем газоразрядных ламп высокой интенсивности главное внимание необходимо уделять процессам зажигания с последующим выходом их в рабочий режим. Исследование физических процессов, происходящих при зажигании газоразрядных источников света (ГРИС) в зависимости от различных параметров, позволит оптимизировать этот процесс с целью управления формированием разряда.

**Постановка проблемы. Методика проведения экспериментальных исследований.** Для проведения экспериментальных исследований вольтамперных характеристик (ВАХ) формирования разряда в зависимости от диаметра кварцевой горелки было изготовлено 4 типоразмера горелок – диаметрами 11,0 мм, 20,0 мм, 26,0 мм и 29,0 мм по несколько штук каждого размера.

Горелки изготавливались в 3-х электродном исполнении (два основных и один вспомогательный электрод), заваривались и откачивались согласно технологии изготовления металлогалогенных ламп (МГЛ). Электрическая схема для снятия ВАХ разряда показана на рис. 1.

В горелку, в нашем случае это горелка лампы типа ДРИ 400/380, в качестве основных электродов помещались полые электроды, в которых оптимально подобраны длина и диаметр полости с учетом применяемых в массовом производстве материалов (в данной конструкции – вольфрам марки ВТ-7

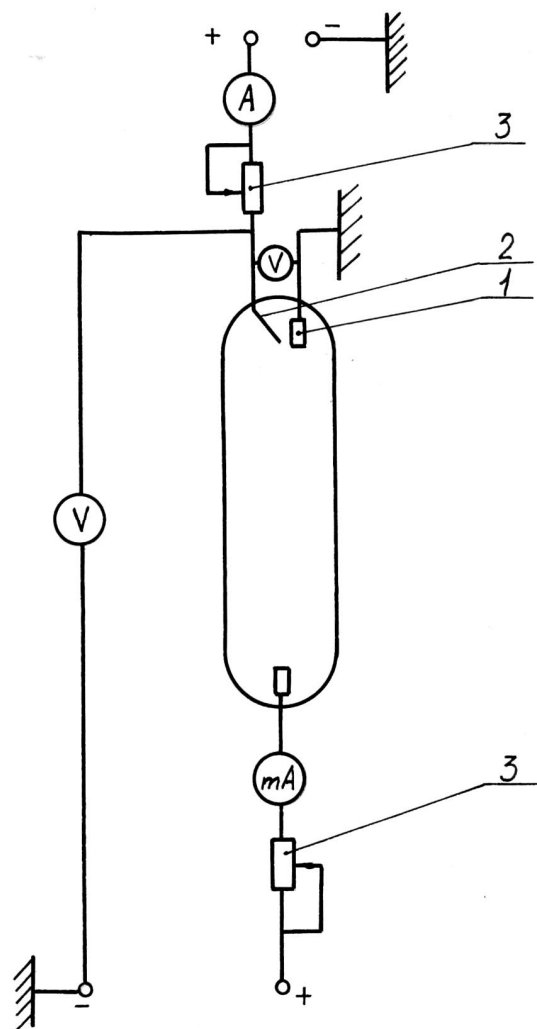


Рис. 1. Схема электрическая снятия ВАХ формирования разряда в МГЛ типа ДРИ 400/380:

- 1 – основной электрод;
- 2 – вспомогательный электрод;
- 3 – реостат

$d = 5$  мм). Партия электродов, применяемых для эксперимента, для исключения вероятности обработки их в разных режимах (очистка, отжиг в водороде и в вакууме, разный состав эмиттера и т.д.), изготавливалась вся одновременно. Это условие позволяет нам с определенной степенью точности говорить о горелках с одинаковыми по свойствам электродами.

Особое внимание при изготовлении экспериментальных образцов для исследования ВАХ было уделено кварцевым заготовкам горелок, т.к. малейшее отклонение от заданного размера приведет к неточности полученных данных. Поэтому каждая заготовка из всех 4-х типоразмеров была тщательно откалибрована по внутреннему диаметру и толщине стенки.

Как указывалось выше, значительную роль в формировании разряда имеет величина коэффициента объемной ионизации  $\alpha$ , которая зависит, в определенной степени, от расстояния между основным и вспомогательным электродами. Оптимальное расстояние 0,5 ... 1,0 мм [1]. В горелках, изготовленных для исследований ВАХ, это расстояние выдержано с помощью специального калибровочного устройства. Наполнение горелок:

- 1) аргон особой чистоты ГОСТ 10157-79 – 2660 Па;
- 2) ртуть РОУ ГОСТ 4658-73 – 120 мГ;
- 3) смесь галоидов NaJ, TiJ, InJ<sub>3</sub> – 30 мг + 6,0 мг + 0,6 мг соответственно.

Йодиды металлов перед тем, как попасть на пост откачки кварцевых горелок для дозирования в горелки, смешиваются в определенной пропорции, "перегоняются" в вакууме для обезвоживания и таблетуются на установке приготовления доз галоидов. Размеры пресс-формы рассчитаны на определенный вес, который соответствует необходимой дозировке для получения световых и цветовых характеристик.

После операции откачки горелки тренируются в течение 15 мин. для стабилизации разряда и освобождения поверхности электродов от осевших на них галоидов. На этом подготовка кварцевых горелок к проведению исследований ВАХ закончена.

Методика измерения ВАХ по схеме (рис. 1):

- 1) горелка помещается в испытательную позицию;
- 2) включается выключатель напряжения сети;
- 3) напряжение на горелку подается с помощью универсального источника питания (УИП) через 10 В с выдержкой 10 с на каждом значении;
- 4) одновременно фиксируются показания вольтметра и миллиамперметра;
- 5) при появления тлеющего разряда в междуэлектродном пространстве горелки схема выключается.

### Изложение основного материала

#### 1. Анализ полученных результатов, статистическая обработка данных. Построение ВАХ.

В связи с изготовлением горелок по несколько штук каждого типоразмера (диаметр – разный, длина – постоянная), мы при замере напряжения в столбе разряда  $U_{ст}$  имеем данные для статистической обработки с получением результата, ограниченного доверительным интервалом [2].

Результаты измерений  $U_{ст}$  и  $j$  записываем в табл. 1 – табл. 4 после статистической обработки и по ним строим ВАХ (рис. 2 – рис. 4).

Таблица 1

Значения напряжения разряда  $U_{ст}$  и величины плотности тока  $j$  при  $D_r = 11,0$  мм

$U_{ст}, В$	92	100	120	140
$j, А/м^2$	13±2	20±1	28±3	37,3±1,5

Таблица 2

Значения напряжения разряда  $U_{ст}$  и величины плотности тока  $j$  при  $D_r = 18,0$  мм

$U_{ст}, В$	60	80	100	120
$j, А/м^2$	13±1	20±3	28±2	37,3±3

Таблица 3

Значения напряжения разряда  $U_{ст}$  и величины плотности тока  $j$  при  $D_r = 20,0$  мм

$U_{ст}, В$	20	40	52	80
$j, А/м^2$	13±3	20±2	28±4	37,3±5

Таблица 4

Значения напряжения и тока ВАХ аномального тлеющего разряда в горелке ДРИ 400/380

$D_r = 11$ мм	$U_{ст}, В$	200±4	220±2	240±9	250±7	260±5	270±10
	$I, мА$	0,1±0,01	0,25±0,02	1,1±0,01	1,35±0,05	1,55±0,1	1,8±0,09
$D_r = 18$ мм	$U_{ст}, В$	170±5	190±2	210±7	220±10	230±2	240±11
	$I, мА$	0,1±0,04	0,85±0,01	1,3±0,1	1,6±0,09	2,0±0,5	2,4±0,3
$D_r = 22$ мм	$U_{ст}, В$	168±2	184±4	190±10	205±6	217±11	228±7
	$I, мА$	0,11±0,02	0,75±0,5	1,0±0,1	1,4±0,2	1,7±0,05	2,0±0,6
$D_r = 26$ мм	$U_{ст}, В$	164±7	180±2	190±7	200±10	220±2	240±4
	$I, мА$	0,125±0,05	1,0±0,1	1,3±0,02	1,5±0,1	2,0±0,2	2,4±0,3

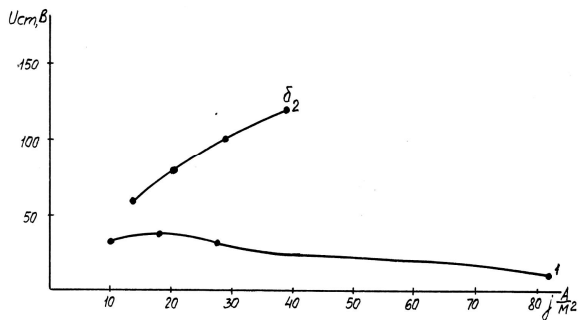


Рис. 2. ВАХ формирования разряда в горелке МГЛ  $D_r = 18$  мм:  
1 – расчетная для отношения  $R/R_0$ ;  
2 – экспериментальная

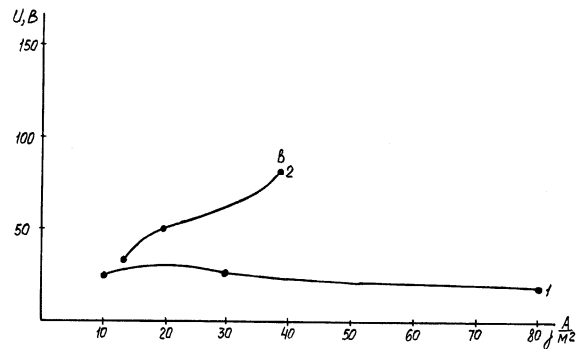


Рис. 3. ВАХ формирования разряда в горелке МГЛ  $D_r = 20$  мм:  
1 – расчетная для отношения  $R/R_0$ ;  
2 – экспериментальная

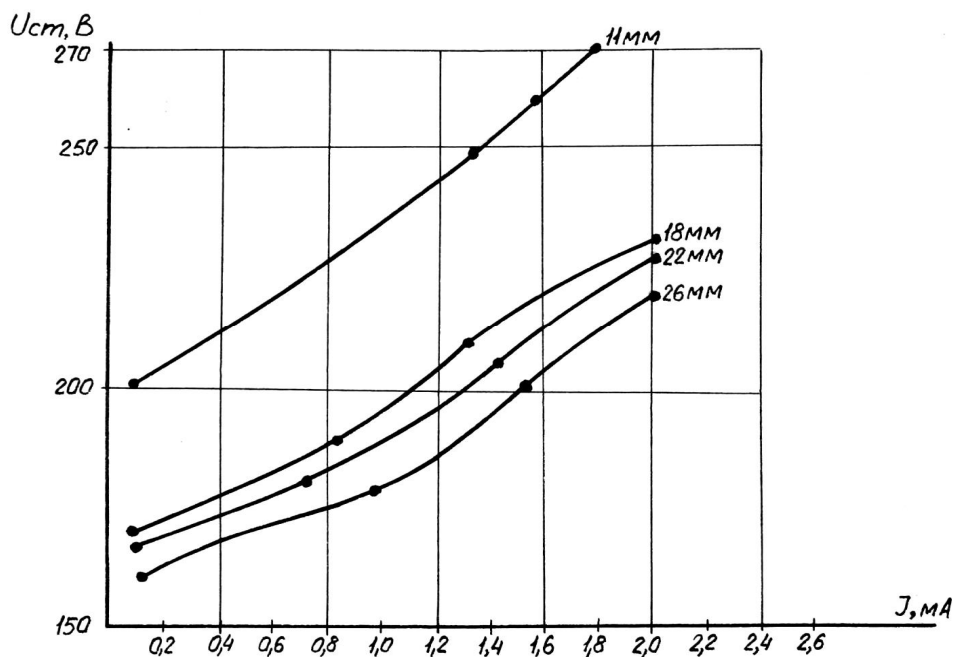


Рис. 4. ВАХ аномального тлеющего разряда МГЛ типа ДРИ 400/380 со смесью  $Ag + Hg + TiI + NaI + In_3$  при  $t = 24^\circ C$

## 2. Зависимость напряжения формирования разряда в МГЛ от радиуса горелки

ВАХ основного разряда МГЛ имеют экстремальный характер. Очевидно, за напряжение формирования основного разряда принимается максимум значения напряжения на ВАХ. Расчет напряжения формирования выполняется по формуле, полученной в [3]

$$U_{\phi} = 1,33K_+^{1/4} \epsilon_0^{1/4} C_1^{-3/4} P^{3/4} j_{-0}^{-1/4}. \quad (1)$$

Уравнение (1) получено путем дифференцирования уравнения:

$$\frac{dU}{dj} = 2,143K_+^{1/4} \epsilon_0^{1/4} C_1^{-3/4} P^{3/4} \frac{\partial}{\partial j} \left[ j^{-3/4} (j - j_0)^{1/2} \right] = 0, \quad (2)$$

$$j = 3j_{-0}.$$

Уравнение (2) показывает, что при токах основного разряда, превышающих  $3j_{-0}$ , падение напряжения на промежутках с ростом тока начинает уменьшаться, т.е. появляется отрицательное сопротивление. Рост тока основного разряда приводит к уменьшению протяженности промежутка до смыкания правой и левой границ плазмы (между плазмами основного и вспомогательного электродов и второго основного электрода) Смыкание границ плазмы и является окончанием процесса формирования основного разряда.

В нашем случае для определения значения напряжения формирования разряда с учетом стенок горелки, в формуле (2) вместо коэффициента  $C$  в

расчетах будет применяться коэффициент  $C_1$

$$C_1 = C \left( \frac{R}{R_0} + 1 \right) \frac{1}{2}, \quad (3)$$

определяющий род газа с учетом влияния стенок горелки

Таким образом, исходя из вышеизложенного, зная максимумы напряжений на ВАХ, являющиеся напряжениями формирования разрядов, для различных радиусов горелки (точки аа; бб ;сс ;дд), можем построить графики зависимости напряжения формирования разряда от радиуса горелки для выбранных излучающих смесей.

На рис. 4 приведены графики зависимостей напряжения формирования разряда в МГЛ от радиуса кварцевых горелок.

Таблица 5

Зависимость напряжения формирования разряда от радиуса горелки  $U_{ст} = f(R)$  при  $j_0 = 5 \text{ А/м}^2$  (расчетная)

$R_r$ , мм	5,5	10,0	13,0	14,5
$U_{ст}$ , В	39,6	34,2	31,2	30

Таблица 6

Зависимость напряжения формирования разряда от радиуса горелки  $U_{ст} = f(R)$  при  $j_0 = 10 \text{ А/м}^2$  (расчетная)

$R_r$ , мм	5,5	10,0	13,0	14,5
$U_{ст}$ , В	33	28,5	26	25

### Выводы

Исследования, проведенные в работе, позволяют сделать следующие выводы:

1. Проведен расчет ВАХ и напряжения форми-

рования разряда  $U_\phi$  для смесей  $Ag + Hg + TiJ + NaJ + InJ_3$  и  $Ag + Hg + TiJ + NaJ + InJ_3 + HgJ_2$  с учетом радиуса трубки.

2. Показано, что напряжение формирования разряда с учетом радиуса горелки имеет качественно такой же ход, как и без учета, однако абсолютное значение  $U_\phi$  выше.

3. Экспериментально исследована ВАХ формирования разряда в зависимости от радиуса горелок. Полученные экспериментальные данные подтвердили расчетные результаты.

4. Проведенные теоретико-экспериментальные работы позволяют перейти к рассмотрению следующего этапа развития разряда в лампе – переходу из аномального тлеющего разряда в дуговой, т.е к исследованию процессов зажигания МГЛ в зависимости от геометрических размеров горелки с целью их оптимизации.

### Список литературы

1. МГЛ серии NACHROMA для передач телевидения с сетевым напряжением 380В, 5В103, УДК 621.327.534.546.13, 1996 г.
2. Беляков В.И. Исследование процессов зажигания и оптимизация конструкции ламп ДРЛ: дис... канд. техн. наук: 05.09.07 / Беляков Владимир Иванович. – М., 1986. – 211 с.
3. Атаев А.Е. Зажигание ртутных разрядных источников излучения высокого давления / А.Е. Атаев. – М.: Изд-во МЭИ, 1995. – 169 с.

Поступила в редколлегию 1.02.2012

**Рецензент:** д-р техн. наукпроф. С.В. Козелков, ГП «Центральный научно-исследовательский институт навигации и управления», Киев.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗРЯДУ У МЕТАЛОГАЛОГЕННИХ ЛАМПАХ ВИСОКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ПРИ КЕРУВАННІ ПУСКОМ У СИСТЕМАХ НАВІГАЦІЇ

О.В. Шульга, Д.М. Нелюба, О.І. Данник

Розглядаються проблеми пуску (запалювання) металогалогенних ламп високого тиску, результати експериментальних досліджень різних конструкцій та геометричних розмірів пальників. Для зниження напруги запалювання у результаті проведеної роботи оптимізований склад газового наповнення розрядного пальника, що дозволило при певній його конструкції здійснювати надійний пуск ламп без спеціальних схем та пускових пристроїв.

**Ключові слова:** розряд, електрод, пальник, вольт-амперна характеристика, йодид металу, запалювання, імпульсний запалювальний пристрій.

### THE METAL HALIDE HIGH INTENSITY LAMP DISCHARGE CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS EXPERIMENTAL STUDY UNDER STARTING CONTROL IN NAVIGATION SYSTEMS

O.V. Shulga, D.M. Nelyuba, O.I. Dannik

The metal-halide high-pressure lamps starting (ignition) problems, various designs and geometric dimensions of the burners experimental studies results are considered. Optimize the composition of the discharge burners gas filling to reduce the ignition voltage as a result of carried out work, which allowed for some of its design to produce reliable start lamps without special arrangements and ignition systems.

**Keywords:** discharge, electrode, burner, current-voltage characteristic, metal iodide, ignition, pulse ignitor.