

УДК 681.518.2

А.В. Шульга, О.А. Зубрицкий, Д.Н. Нелюба, А.И. Данник

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ ПРОЦЕССОВ ПУСКА ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

Предлагаются варианты повышения надежности старта (зажигания) газоразрядных источников излучения высокого давления с целью дальнейшего управления выходом в рабочий режим и достижения световых и эксплуатационных характеристик приборов навигации.

Ключевые слова: разряд, основной электрод, электрод поджигающий, горелка, эмиттер, иодид металла, зажигание, электролиз.

Введение

Основной проблемой при эксплуатации источников света высокой интенсивности с галогидными добавками является процесс пуска. Наличие в разрядном промежутке излучающей горелки паров галогидных соединений в момент зажигания приводит к необходимости при управлении пуском лампы повышать стартовое напряжение. Решение этой проблемы возможно двумя способами: применением специальных импульсных зажигающих устройств (ИЗУ) и разработкой конструкций разрядных горелок, которые позволяют осуществлять пуск источников излучения без ИЗУ.

Первый способ пуска, к сожалению, в момент зажигания приводит к разрушению основных электродов из-за их эрозии под воздействием импульсов высокого напряжения (6-10 кВ).

Это приводит к значительному снижению срока службы ламп.

Второй способ зажигания позволяет при использовании специальных конструкций кварцевых разрядных горелок металлогалогенных ламп (МГЛ) проводить пуск при напряжениях сети (220, 380 В).

Целью статьи является рассмотрение вариантов решения проблемы зажигания МГЛ без зажигающих устройств путем конструктивных решений разрядной горелки.

Изложение основного материала

Благодаря комплексу теоретико-экспериментальных работ по определению зависимости напряжения зажигания и напряжения формирования МГЛ от различных факторов (геометрические размеры горелки, давление аргона, температура), мы можем выполнять практические

расчеты МГЛ, задавшись такими параметрами, как U_{ϕ} или U_z .

Имея же предварительно рассчитанные значения геометрических размеров горелки, удовлетворяющие требуемым электрическим параметрам, тепловой режим и др., можно выполнить уточненный расчет геометрических размеров, но уже с учетом требуемого значения напряжения формирования разряда. Это позволит исключить погрешности расчетов, когда рассчитанная конструкция горелки МГЛ после изготовления имеет высокое пусковое напряжение, что приводит к дополнительным корректировкам конструкции.

За основу принимаем конструкцию горелки с тремя электродами: двумя основными и одним вспомогательным.

Для сравнения результатов исследований и возможности их применения для расчета зависимости напряжения зажигания МГЛ геометрические размеры горелок принимаются одинаковыми.

Первым этапом исследований было проведение комплекса работ по выбору оптимальной конструкции электрода, с точки зрения снижения напряжения зажигания МГЛ U_z . Для этого нами были опробованы и испытаны конструкции электродов с выступающим керном, щелевой и полый.

Проведенные испытания горелок и ламп МГЛ с данными конструкциями электродов показали, что, как и в случае ртутных ламп, самым оптимальным электродом является полый электрод.

В нашем случае, а именно в лампах типа ДРИ 400/380, полый электрод обеспечивает снижение напряжения зажигания ~ на 30...50 В. Эффект полого электрода в газоразрядных лампах рассмотрен в [1], где дан полный анализ теории работы полого электрода в период формирования основного разряда и перехода его в дуговую форму, конструкция электрода, используемого

для исследований, показана на рис. 1. Полый электрод данной конструкции был применен Овчуковой С.А. в [6], нами были экспериментально выбраны геометрические размеры полости и масса электрода, соответствующие исследуемому типу ламп.

Спираль электрода двухслойная, изготовленная из вольфрамовой проволоки ВТ-7 0,5 мм. Полость образуется утопленным внутрь спирали керном 0,9 мм на расстояние от торца спирали на 3...4 мм. Керн изготовлен из вольфрама марки ВТ-15.

Применять окись бария (Ba_2O_3), имеющую меньшую работу выхода и наносимую в ртутных лампах на последние два витка первичной спирали электрода, в МГЛ нельзя, так как галогенные добавки взаимодействуя с окислами щелочноземельных металлов образуют стойкие электроотрицательные ионы, затрудняющие развитие разряда.

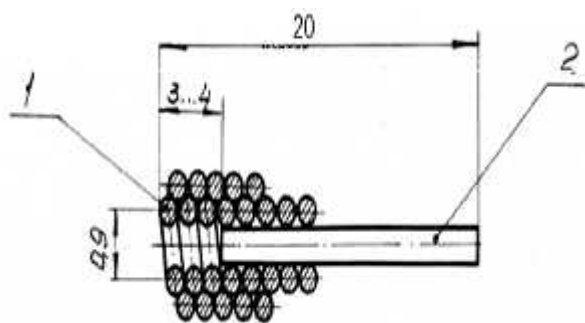


Рис. 1. Оптимальная конструкция полого электрода для ламп типа ДРИ 400/380: 1 – двухслойная спираль; 2 – керн.

В качестве эмиттера применяется окись иттрия, наносимая на электрод в ультразвуковой ванне с последующим отжигом в сухом водороде при $t = 1600^\circ\text{C}$ и в вакууме при $t = 1750-1780^\circ\text{C}$

При температуре стенки горелки галогениды щелочноземельных металлов имеют сравнительно

низкую упругость паров, так что они стремятся конденсироваться на стенках колбы горелки, выделяя как активирующий материал катода, так и галоген. Остающийся кислород взаимодействует с вольфрамом, образуя летучие окислы вольфрама, которые переносят вольфрам на стенки. После нескольких сотен часов работы стенки горелки чернеют; черные осадки поглощают излучение, что приводит к перегреву кварца вплоть до выпучивания стенок горелки.

Вторым важным пунктом работы было исследование формы электрода поджига, методов его изоляции и расположения относительно основного электрода.

Форма вспомогательного электрода рассматривалась многими авторами [3, 4, 5] и др. Для нашего случая мы исследовали формы электродов поджига, указанных на рис. 2.

Выбор этих двух поджигающих электродов обусловлен тем, что они наиболее технологичны при нанесении того или иного типа изоляционного покрытия на данный электрод. Изоляционное покрытие электрода поджига МГЛ необходимо для предотвращения электролитического разрушения впаи. Это объясняется тем, что иодиды, находящиеся в горелке, конденсируются в заэлектродной области и вызывают обильное поступление щелочных ионов, внедряющихся в кварц вблизи молибденового фольгового ввода электрода. Это большая концентрация щелочи, вследствие наличия отрицательных потенциалов на фольге ввода зажигающего электрода, перемещается к фольге, в результате чего впай разрушается за несколько сотен часов работы. Для ламп, питающихся от сети напряжением 380 В, проблема электролиза становится ещё острее.

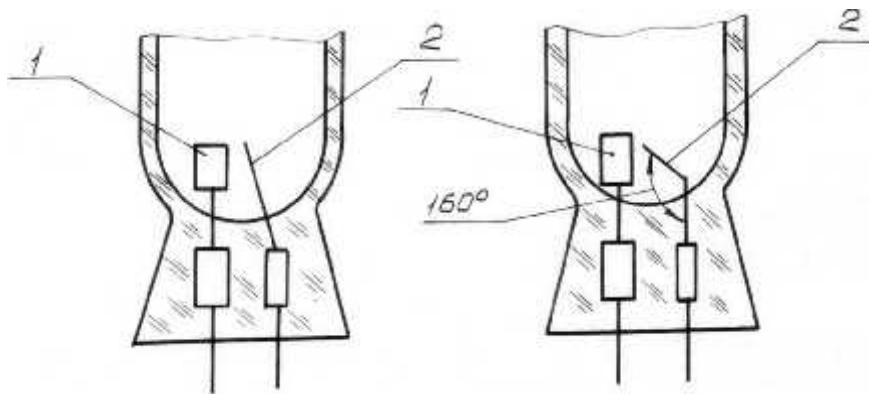


Рис. 2. Формы поджигающих электродов:
1 – основной электрод; 2 – вспомогательный электрод

Для предотвращения электролиза применяются различные способы, заключающиеся в обеспечении с

помощью внешних средств отсутствия разности потенциалов между основным и вспомогательным электродами. Это применение биметаллического выключателя, который после разогрева лампы осуществляет замыкание зажигающего электрода и катода, разнообразные электрические схемы на полупроводниках, выполняющие ту же самую функцию.

Одним из способов снижения возможности повреждения впая за счет электролиза является положение горелки в лампе, при котором электродный узел с зажигающим электродом не находился бы внизу, поэтому, при проведении исследований, мы будем ориентировать горелку МГЛ таким образом, чтобы выполнялось данное условие снижения электролиза.

Выше перечисленные методы предотвращения электролиза (биметаллический и полупроводниковый выключатели) приводят к удорожанию лампы и к усложнению её изготовления. Нами был исследован другой более эффективный и простой вариант защиты от этого явления – покрытие электрода поджига различными изоляционными материалами [6], а также предложенный в [7] способ изоляции электрода кварцевым капилляром сложной формы.

Однако, при испытаниях ламп на продолжительность горения, наиболее эффективным оказался метод изоляции поджигающего электрода путем его остекловывания кварцем. На рис. 3 показаны эти методы изоляции электродов поджига. Метод, основанный на заключении поджигающего электрода в кварцевый цилиндр с розвальцованным концом, заключается в следующем. При конденсации иодидов им будет тяжело пройти по сложному "лабиринту" цилиндра, чтобы попасть по внутренней поверхности к месту впая электрода, это, конечно, обеспечивает уменьшение электролитического разрушения впая, но не исключает его. Так, например, лампы типа ДРИ 400/380, изготовленные с изоляцией электрода поджига по данному методу, после горения 1500-1800 часов, уже имели следы начала электролитического разрушения молибденовой фольги.

Нанесение на вспомогательный электрод изоляционных покрытий, является наиболее эффективным методом защиты впая электрода от электролиза.

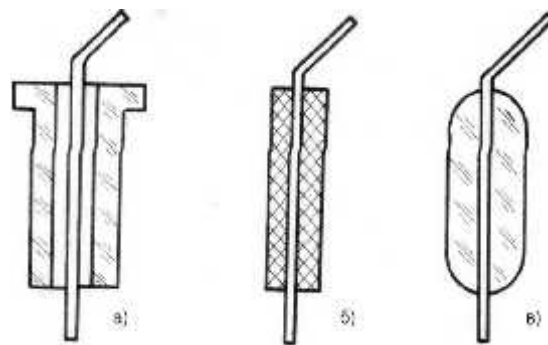


Рис. 3. Методы изоляции поджигающего электрода:

- а) с помощью кварцевого капилляра;
- б) с помощью нанесения различных изоляционных покрытий;
- в) с помощью остекловывания кварцем

В случае несоответствия этому требованию, в месте соединения защитного покрытия и кварца получится несогласованный впай, что не обеспечит герметичности соединения и положительный эффект от данного покрытия не получится. Это требование к покрытию и является одним из важнейших препятствий на пути широкого внедрения метода.

Например, при нанесении покрытия на вольфрамовый электрод 0,25...0,4 мм соответствующего по требованию температурному коэффициенту расширения (ТКР), при спекании слой растрескивается, т.к. он не соответствует по ТКР вольфрама. Таким образом, в этом случае из многообразия возможных материалов покрытия необходимо производить отбор по согласованности ТКР и вольфрама, и кварца.

Метод остекловывания кварцем электрода поджига исключает недостатки, имеющиеся в вышеизложенных методах изоляции. Он обеспечивает согласованный впай (кварц горелки с кварцем на электроде поджига) и хорошо "смачивает" вольфрамовый электрод при остекловывании, не оставляя капилляров и отслоений в кварце, благодаря этому методу защиты от электролитического разрушения впая электрода поджига, электролиз в лампах, прогоревших 3000 ч. и более, на фольговые вводы влияния не оказал. Технология остекловывания кварцем не отличается от технологии остекловывания вывода ножек ламп стеклом, за исключением того, что данная операция производится в инертной среде. Это требование необходимо для того, чтобы исключить появление окислительной пленки на вольфрамовом электроде, которая при остывании приводит к растрескиванию кварцевого слоя. Растрескивание кварцевого слоя, естественно, ухудшает его изоляционные свойства.

Большое влияние на напряжение зажигания

ламп ВД оказывает расположение вспомогательного электрода относительно основного.

Этому вопросу уделено особое внимание в работах [5, 7]. Из этих работ следует, что наиболее благоприятное расположение вспомогательного электрода на расстоянии до 1,0 мм от основного (рис. 4).

На рис. 5 представлена зависимость напряжения зажигания от расстояния между основным и вспомогательными электродами.

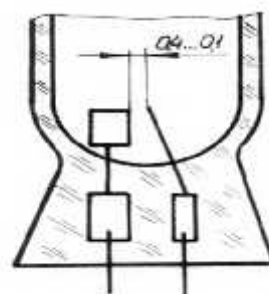


Рис. 4. Расположение вспомогательного электрода по отношению к основному

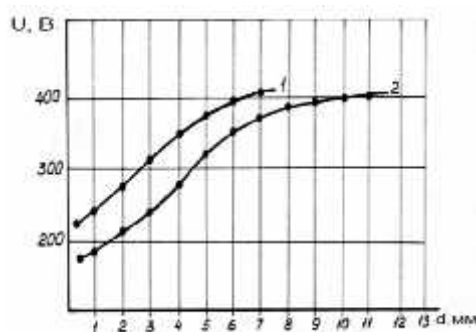


Рис. 5. Зависимость $U_z(d)$ напряжения зажигания от расстояния между вспомогательным и основным электродами [5]

Как видно из исследования графика зависимости напряжения зажигания от расстояния между вспомогательным и основным электродами, очень важно при изготовлении горелок на операции заштамповки выдержать оптимальное расстояние. Наиболее эффективным для этой цели является метод, предложенный в [5]. Чтобы обеспечить необходимое расстояние между поджигающим и основным электродами при заштамповке горелки, нужно зафиксировать положение U - образного молибденового ввода путем соединения их в определенном положении с помощью приварки танталовой проволоки – перемычки 0,15...0,25 мм (рис. 6) к основному и вспомогательному электродам.

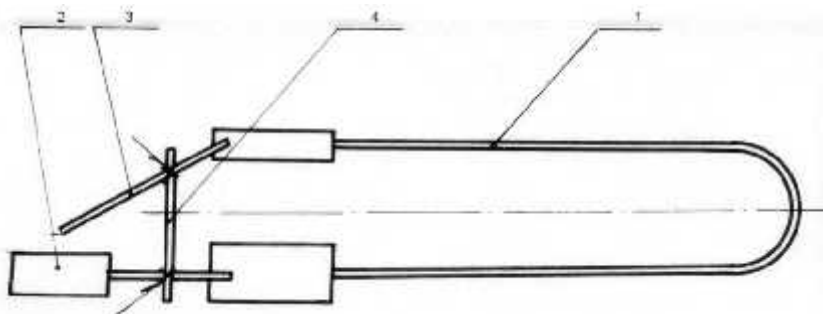


Рис. 6. Метод фиксации расстояния между зажигающим и основным электродами:
1 – молибденовый U-образный ввод; 2 – основной электрод; 3 – вспомогательный (зажигающий) электрод;
4 – танталовая перемычка

В смонтированном виде электродный узел заваривается в горелку, а на операции "откачка горелки" в момент подачи напряжения при тренировке, танталовая перемычка перегорает, оставив электроды в ранее определенном положении.

Описанный метод фиксации положения электрода поджига относительно основного электрода практически не вносит изменений в технологический процесс монтажа электродного узла – добавляется лишь точечная сварка танталовой проволоки к молибденовому вводу в двух местах.

Для проведения экспериментальных исследований, горелки изготавливались согласно технологии производства ламп типа ДРИ400/380,

кроме вышеперечисленных изменений, была предусмотрена увеличенная по времени технологическая выдержка горелок после заштамповки с целью выявления возможности натекания горелок по месту впая остеклованного кварцем электрода поджига. Однако, случаев натекания горелок не обнаружено, что дает право утверждать о качественном вакуумно-плотном спае, полученном в процессе заштамповки горелок.

На рис. 7 изображена горелка ДРИ400/380 в трехэлектродном исполнении после операции заштамповки.

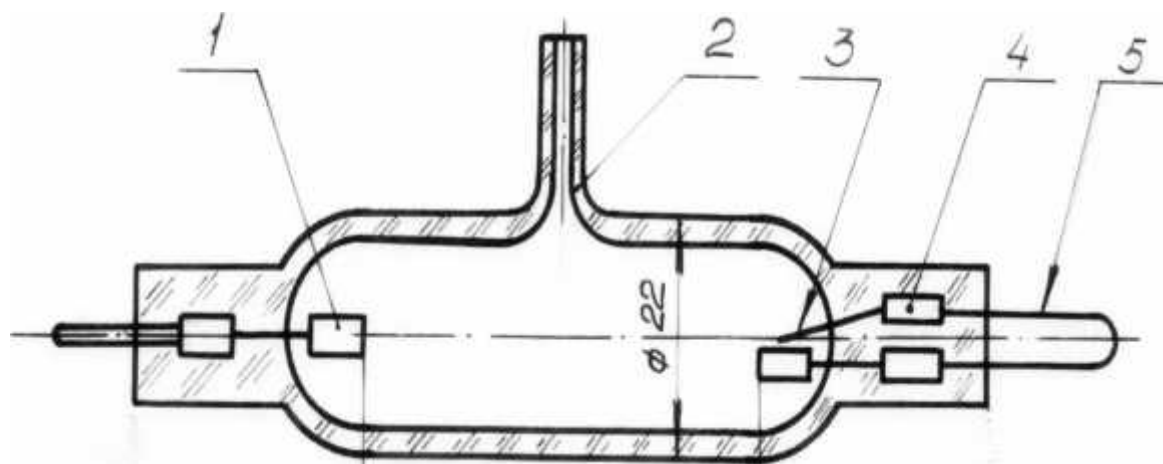


Рис. 7. Горелка заштампованная ДРИ 400/380: 1 – электрод основной; 2 – штенгель откачной; 3 – электрод вспомогательный; 4 – фольговый ввод; 5 – ввод U-образный молибденовый

Выводы

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Теоретический анализ вольтамперных характеристик (ВАХ) формирования основного разряда МГЛ с учетом влияния стенок горелки, позволяет определить зависимость напряжения формирования от диаметра горелки.

2. Анализ исследований показал, что как и в случае ртутных ламп, напряжение нормирования разряда с учетом диаметра горелки имеет качественно такой же ход, как и без учета, однако абсолютное значение U_f выше.

3. Определено, что как и в случае напряжения формирования разряда, напряжение зажигания имеет такой же характер зависимости от параметров горелки.

4. Результаты теоретических и экспериментальных исследований имеют практическое значение при конструировании источников света высокого давления.

5. Исключение импульсного зажигающего устройства (ИЗУ) из излучательной установки навигационной системы позволяет снизить её стоимость и получить значительный экономический эффект.

Список литературы

1. Пат. 315/60 США. Металлогалогенная лампа с встроенным поджигающим устройством / – № 4097777; заявл. 10.10.86; опубл. 27.06.87.
2. Беляков В.И. Исследование процессов зажигания и оптимизация конструкции ламп ДРЛ: дис. ... канд. техн. наук. – М., 1986. – 211 с.
3. Пат. 93/Д221 Япония. Металлогалогенная лампа с непрерывным спектром излучения в видимой области. – №

48-15895; опубл. 18.05.85.

4. Атаев А.Е. Зажигание ртутных разрядных источников излучения высокого давления / А.Е. Атаев. - М. : МЭИ, 1995. - 168 с.

5. Назарова Т.Б. Исследование процессов возникновения разряда в газоразрядных ртутных приборах с металлогидридными добавками с целью оптимизации их конструкции: дис. ... канд. техн. наук. М., 1983. - 205 с.

6. Овчукова С.А. Исследование и разработка ламп ДРЛ с полым катодом: дис. ... канд. техн. наук. М., 1978. - 219 с.

7. А. с. СССР. Вспомогательный электрод для ГРЛВД / Ю. П. Петренко, В.С. Литвинов, А.Е. Атаев, Т.Б. Назарова, Б.Д. Васильев, А.П. Литвин (СССР). - № 3369706/24-07; заявл. 29.09.88 г.

8. Румианский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румианский. - М. : Наука, 1981. - 192 с.

Надійшла до редколегії 11.09.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава.

**ПРАКТИЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ ДЖЕРЕЛ ВИПРОМІНЮВАННЯ З ПІДВИЩЕНОЇ
НАДІЙНІСТЮ ПРОЦЕСІВ ПУСКУ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ РУХОМ**

А.В.Шульга, О.А. Зубрицький, Д.Н.Нелюба, А.І.Даннік

Пропонуються варіанти підвищення надійності старту (запалювання) газорозрядних джерел випромінювання високого тиску з метою подальшого управління виходом у робочий режим і досягнення світлових і експлуатаційних характеристик приладів навігації

Ключові слова: розряд, основний електрод, електрод підпалює, пальник, емітер, йодид металу, запалювання, електроліз.

**THE PRACTICAL PROPOSALS STRUCTURES OF EMISSION SOURCES WITH HIGH RELIABILITY PROCESSES
FOR THE SYSTEM OF MOVEMENT CONTROL**

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

The variants improve the reliability of start (ignition) gas-discharge sources of emission with high pressure for aim control and good luminous and operational characteristics of navigation devices is offered.

Keywords: discharge, main electrode, ignition electrode, torch, emitter, metal iodide, ignition, electrolysis.