

УДК 621.327
EDN: RNBMQG

PACS: 07.50-e



Характеристики импульсного источника ИК-излучения при работе в разрядном контуре

С. В. Гавриш

Выполнен теоретический анализ и экспериментальные исследования влияния параметров разрядного контура на электрические свойства и характеристики излучения импульсной цезиевой лампы. Показаны определяющая роль корректирующей индуктивности на время формирования плазменного канала в течение одного импульса тока и характеристики излучения источника ИК-излучения. Даны рекомендации по выбору параметров разрядного контура для получения оптимальных значений пиковой силы и длительности излучения цезиевой лампы в среднем ИК-диапазоне.

Ключевые слова: цезий, плазменный канал, газоразрядная лампа, разрядный контур, накопительный конденсатор, корректирующая индуктивность, волновое сопротивление.

DOI: 10.51368/1996-0948-2023-2-56-63

Дальнейшее развитие нового поколения модулируемых источников инфракрасного (ИК) излучения на основе импульсного разряда в парах цезий–ртуть–ксеноновой смеси (цезиевая лампа) [1] ставит актуальную задачу повышения эффективности указанных газоразрядных ламп. Для достижения этой цели необходимо провести исследования теплофизических процессов в разрядной трубке (горелке), заполненной плазмообразующей средой, во взаимосвязи с режимами электрического питания, параметрами принудительного охлаждения и особенностями их эксплуатации в составе оптико-электронных систем (ОЭС). Проблемы, связанные с зажиганием импульсных цезиевых ламп [1, 2], выходом в номинальный режим работы [1, 3], влиянием условий эксплуатации [4] и теплофизическими процессами в сапфировых оболочках, ограничивающими разряд [5], нами частично

решены. Остается открытым вопрос изучения электрофизических характеристик импульсных цезиевых ламп при работе в различных электрических цепях при номинальной мощности. Во всех исследованиях, выполненных в работах [1–5], нами использовался способ подачи и отключения прикладываемого к лампе прямоугольного напряжения от мощного выпрямителя при помощи транзисторного ключа. При этом формировался крутой задний фронт токового импульса, зависящий от скорости остывания плазмы (от состава наполнения, охлаждения лампы и т. д.), а не от переходных процессов в коммутирующем элементе. Такая схема электрического питания обеспечивала требуемые эксплуатационные характеристики излучения ОЭС – пиковую силу (A), постоянную составляющую (A_n) и длительность ($t_{0,5}$) импульса излучения по уровню 0,5 от максимального значения, глубину модуляции, рассчитываемую по формуле: $m = [A - A_n]/A \times 100\%$ [1]. В то же время у такого схемотехнического решения имеется существенный недостаток. Для обеспечения стабилизации амплитуды прикладываемого к лампе напряжения требуется система конденсаторов общей емкостью не менее 10^5 мкФ, что не всегда приемлемо в силу ограничения

Гавриш Сергей Викторович, нач. отдела, д.т.н.
E-mail: svgavr@list.ru
ООО «НПП «Мелитта».
Россия, 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 16/10.

Статья поступила в редакцию 19.12.2022
Принята к публикации 23.01.2023

© Гавриш С. В., 2023

весогабаритных характеристик ОЭС. Устранить возникшую проблему поможет использование разрядного контура с накопительным (рабочим, разрядным) конденсатором [6]. Важно отметить, что КПД и характеристики ИК-излучения импульсной цезиевой лампы зависят от режимов электрического питания, определяемых, в свою очередь, параметрами разрядного контура. Поэтому изучить эту взаимосвязь представляется актуальной задачей.

Теоретическое рассмотрение проблемы

Вопросы влияния условий формирования импульса тока при разряде накопительного конденсатора на теплофизические процессы в плазмообразующей среде на основе смеси паров щелочных металлов и ртути в научной литературе практически не рассматривались [7]. Наиболее обстоятельно взаимосвязь параметров разрядного контура с электрофизическими характеристиками плазмы изучена для случая импульсного разряда в ксеноне и его смесях с другими инертными газами [6, 8]. Выделим основные теоретические положения и научные результаты, необходимые для дальнейшего анализа полученных нами данных и выбора направления экспериментальных исследований.

Простейший разрядный контур содержит газоразрядную лампу, накопительный конденсатор и соединительные провода. Основными параметрами такой электрической цепи являются [6, 8]:

- напряжение U_0 на рабочем конденсаторе;
- емкость накопительного конденсатора C ;
- индуктивность разрядного контура $L_{рк}$, складывающаяся из индуктивностей конденсатора, соединительных проводов и лампы;
- активное сопротивление контура $R_{рк}$, определяемое потерями энергии в конденсаторе при его разряде, соединительных проводах и активным сопротивлением импульсной лампы в процессе вспышки $R_{л}$.

Для обеспечения приемлемой долговечности необходимо иметь форму импульса тока с пологим передним фронтом [6, 9]. В противном случае быстрое нарастание тока вызывает появление в плазме ударных волн, разруша-

ющих разрядную трубку, и способствует расплыванию электродов на внутреннюю поверхность оболочки. В итоге, снижаются эксплуатационные характеристики лампы, так как возрастает постоянная составляющая излучения лампы A_n из-за немодулируемого свечения вольфрамовых налетов.

Техническим решением источника питания импульсной лампы, обеспечивающим вспышки, приближающиеся к идеальной колоколообразной форме, является представленная на рис. 1 схема разряда конденсатора через корректирующую катушку индуктивности L_2 [6, 10, 11]. Сначала необходимо пояснить функции некоторых элементов на рис. 1 и их влияние на электрические характеристики импульсной лампы. Как отмечалось в работе [2] для надежного зажигания, последовательно с корректирующей индуктивностью и лампой, в разрядный контур включена вторичная обмотка высоковольтного трансформатора зажигания TV, имеющая индуктивность $L_{п}$. Суммарная индуктивность электрической цепи питания лампы $L = L_{к} + L_{п} + L_{рк}$ определяет характер разряда в межэлектродном пространстве. При малых значениях L имеет место резко выраженный апериодический разряд при большой скорости нарастания тока [12]. Этот фактор служит причиной разрушения импульсных ламп даже при умеренных уровнях запасенной энергии. При таком типе разряда импульс излучения имеет несимметричную форму с затянутым задним фронтом. В случае больших значений L в контуре имеет место колебательный режим разряда, а энергия излучения выделяется как при положительных, так и отрицательных полуволнах. Как отмечалось в работе [13], характер разряда, длительность импульса силы тока, рассеиваемая мощность и другие характеристики выявляются из решения уравнения:

$$\left(L_{к} + L_{п} + L_{рк} \right) \frac{dI}{dt} \pm k_0 \sqrt{I} + \left(R_{к} + R_{п} + R_{рк} \right) I + \int_0^{\tau} Idt = U_0$$

где τ – длительность импульса тока; k_0 – коэффициент, связывающий конструктивные характеристики импульсных ламп: размеры разрядного промежутка и давление инертного газа [6, 14, 15].

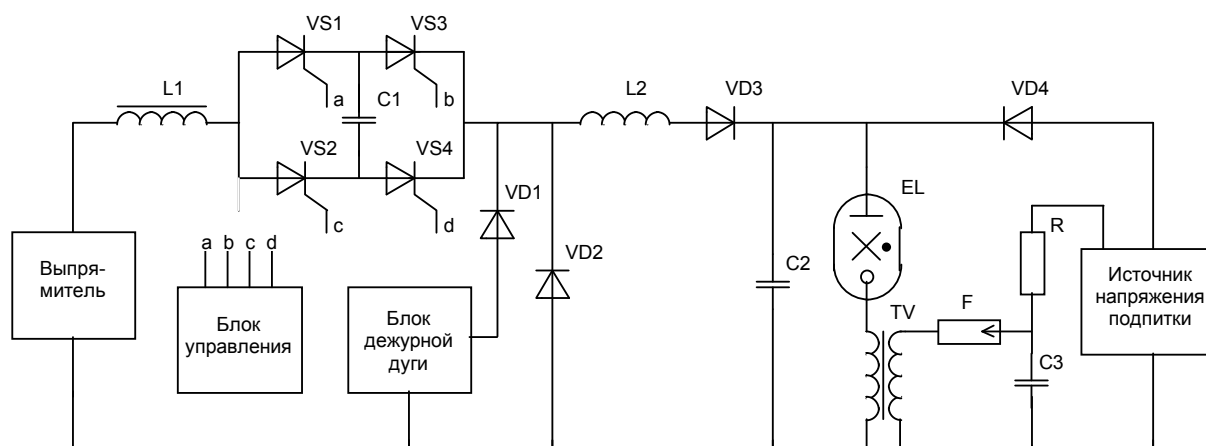


Рис. 1. Блок – схема источника электрического питания импульсной цезиевой лампы: *EL* – газоразрядная лампа; *R* – зарядное сопротивление; *C1* – промежуточный конденсатор; *C2* – накопительный конденсатор; *C3* – блокировочный конденсатор; *VD1...VD4* – диоды; *L1* – дроссель НЧ; *L2* – катушка индуктивности; *VS1...VS4* – тиристоры; *TV* – импульсный трансформатор; *F* – разрядник

Все многообразие факторов, определяющих временные и электрические параметры импульса тока не позволяет, путем решения уравнения оптимизировать разрядный контур импульсной цезиевой лампы в силу нескольких причин. Во-первых, определить коэффициент k_0 для ламп с разрядом в парах щелочных металлов практически невозможно, так как, в отличие от разряда в ксеноне, давление паров плазмообразующей среды определяется температурой самой холодной точки, зависящей от конструктивных параметров газоразрядного источника (вылет и материал катода, балластный объем, крепление и расположение горелки во внешней колбе и т. д.), условий охлаждения (скорость и расход потока воздуха, теплосъем в месте электрического контакта с аппаратурой). Во-вторых, в силу причин, рассмотренных в работе [16], разрабатываемая импульсная лампа с разрядом в парах смеси щелочных металлов и ртути должна работать с использованием режима вспомогательного разряда (дежурной дуги), обеспечивающего прохождение постоянного тока $I_{д.д} = 1,0-1,5$ А в промежутке между силовыми импульсами тока. В момент разряда рабочего конденсатора при наличии дежурной дуги уже существует проводящий плазменный столб, который сказывается на формировании переднего фронта токового импульса, в то время как уравнение описывает развитие разряда с момента пробоя «холодного» газа. По этой причине вопрос изучения электрофизических характеристик

импульсной цезиевой лампы требует проведения отдельных экспериментальных исследований, целью которых является поиск компромисса между значениями емкости и индуктивности разрядного контура, обеспечивающих максимальные значения A , $t_{0,5}$ и m в среднем ИК-диапазоне.

Методика и аппаратное обеспечение экспериментов

Для проведения комплекса исследований электрофизических характеристик импульсного источника ИК-излучения нами были изготовлены:

1. Лампы с двумя сапфировыми оболочками, имеющие диаметр разрядного промежутка 7 мм и межэлектродное расстояние 90 мм (далее лампы 7/90) и заполненные парогазовой смесью состава 9 мг Cs + 3 мг Hg + 50 мм рт. ст. Конструктивное исполнение экспериментальных образцов ламп подробно рассмотрено в работе [1].

2. Представленный на рис. 1 высокоточный источник электрического питания, который включает накопительный конденсатор *C1*, корректирующую катушку индуктивности *L2* и исследуемую газоразрядную лампу *EL*. Функциональное назначение остальных блоков на рис. 1 следующее:

- Выпрямитель с фильтром *L1* обеспечивают заряд конденсатора *C1* высоковольтным напряжением.

• Система тиристоров VS1...VS4 реализует последовательную коммутацию зарядной и разрядной цепей при подаче сигнала с блока управления.

• Блок дежурной дуги, как уже отмечалось, поддерживает проводящее состояние плазменного канала в промежутке между силовыми импульсами тока.

• Блок подпитки совместно с высоковольтным импульсным трансформатором TV обеспечивает надежное зажигание цезиевой лампы при наличии шунтирующей электроды проводящей пленки цезия, образующейся на поверхности разрядного промежутка при остывании лампы [2].

Источник электрического питания (рис. 1) позволяет регулировать параметры разрядного контура в следующих пределах:

- потребляемая мощность до 5 кВт;
- частота следования импульсов f тока 400, 450 и 500 Гц, возможность подключения внешнего задающего генератора;
- регулируемое напряжение на рабочих конденсаторах U_0 от 0 до 560 В;
- емкость рабочих конденсаторов C в пределах от 2 до 158 мкФ;
- индуктивность разрядного контура L от 28,5 до 158 мкГн;
- стабилизированный ток дежурной дуги $I_{дд}$ в пределах 1,0–1,5 А;
- регулируемое напряжение дежурной дуги $U_{дд}$ от 50 до 360 В;
- напряжение подпитки в диапазоне $U_{п}$ от 0 до 1,8 кВ;
- высоковольтное зажигание с амплитудой 1-й полуволны U_3 не менее 8 кВ и частотой следования импульсов 5–10 Гц на сопротивлении 100 кОм.

Для измерения характеристик A , $t_{0,5}$ и m в среднем ИК-диапазоне нами применялся фотодиод ФД-119, электрический сигнал с которого фиксировался посредством осциллографа RIGOL DS1052E. Регистрация осциллограмм импульсов тока и напряжения проводилась при помощи безиндуктивного шунта и делителя напряжения 1:1000.

Анализ экспериментальных результатов

Учитывая перечисленные особенности цезиевого разряда, связанные с наличием

вспомогательного слаботочного плазменного канала, нами проведены исследования осциллограмм тока, напряжения и выполнен расчет сопротивления R лампы в течение одного импульса, которые показаны на рис. 2. Как следует из представленных данных, рост тока в течение одного импульса имеет временное отставание от напряжения разряда накопительного конденсатора. Данное явление связано с инерционностью роста температуры из-за потерь энергии плазмы теплопроводностью, излучением и т. д. [6, 8]. Наблюдаемое на рис. 2 изменение сопротивления лампы, имеет некоторую «критическую» точку А, после которой происходит резкое падение R .

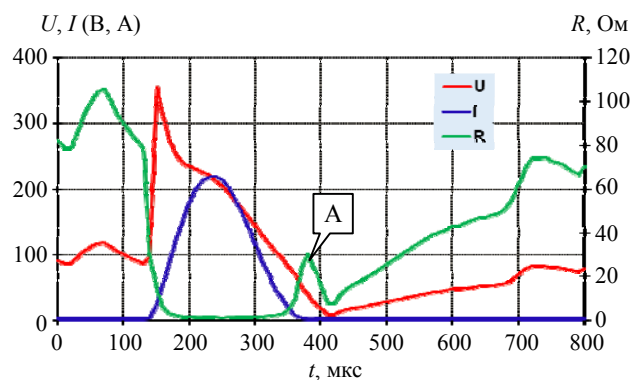


Рис. 2. Осциллограммы импульсов тока I и напряжения U и временная зависимость расчетного сопротивления R лампы 7/90

Наблюдаемый эффект соответствует времени полного разряда рабочего конденсатора и переходу работы лампы в режим с дежурной дугой. Для устойчивого горения вспомогательного разряда требуется высокое напряжение холостого хода источника дежурной дуги, поэтому дальнейший рост сопротивления лампы вплоть до момента разряда рабочего конденсатора определяется именно этим блоком.

Необходимо отметить, что при достижении максимума тока сопротивление плазменного канала составляет величину расположенную в диапазоне 0,8–0,92 Ом, что важно знать для формирования разрядного контура и выборе его основных характеристик [6, 8–12]. В связи с наличием непрерывно горящего вспомогательного разряда и высокого напряжения холостого хода блока дежурной дуги (рис. 1) аperiodического разряда не наблюдается. На рис. 3 приведена динамическая ха-

рактика цезиевого разряда при работе импульсной лампы в разрядном контуре ($U = 350$ В, $C = 50$ мкФ, $L_k = 44$ мкГн) с дежурной дугой $I_{дд} = 1,1$ А.

Падающая вольтамперная характеристика $U = f(I)$ имеет вид несимметричной петли, что связано с наличием в разрядном контуре активного сопротивления и корректирующей индуктивности, влияние которых описано в предыдущем разделе. «Сжатие» петли будет определяться волновым сопротивлением цепи и частотой следования токовых импульсов f [17]. Замкнутость динамической характеристики, не пересекающей ось напряжений, делает некорректным использование терминов апериодический или колебательный режим работы. По этой причине в дальнейшем изложении будут использованы термины разрядный контур с малой или большой индуктивностью.

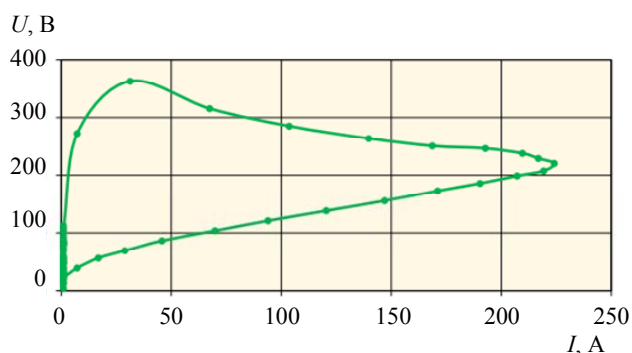
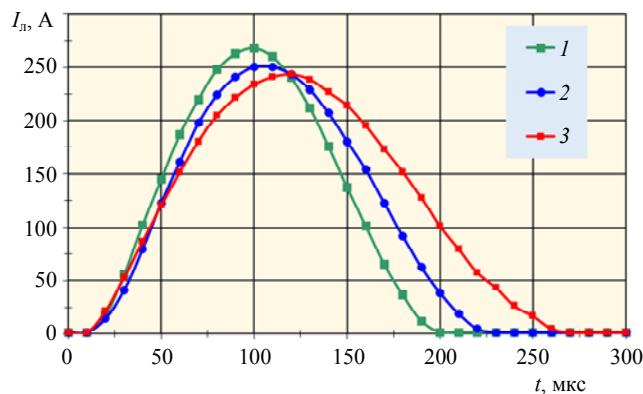


Рис. 3. Динамическая характеристика цезиевой лампы 7/90 при работе в разрядном контуре

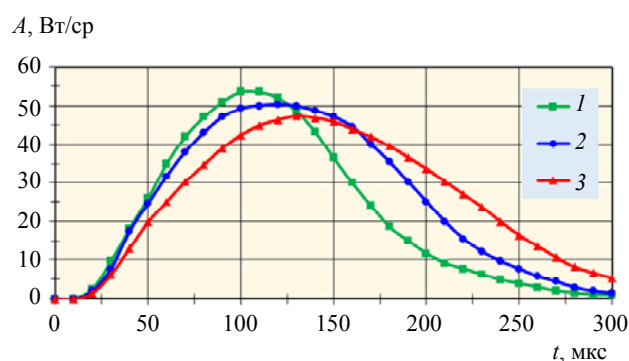
Исследование влияния величины индуктивности на скорость нарастания переднего фронта импульса тока для лампы с размерами разрядного промежутка 7/90 и наполнением 9 мг Cs + 3 мг Hg + 50 мм рт. ст. Хе проводилось в разрядном контуре с емкостью накопительного конденсатора 50 мкФ при фиксированной энергии импульса 4,5 Дж. Использовались три типа индуктивностей: $L_{к1} = 29$ мкГн ($R_{л1} = 0,017$ Ом), $L_{к2} = 44$ мкГн ($R_{л2} = 0,025$ Ом) и $L_{к3} = 73$ мкГн ($R_{л3} = 0,024$ Ом). Результаты испытаний приведены на рис. 4.

Как и для ксенонового разряда, увеличение индуктивности изменяет форму импульса тока через лампу, главным образом, на первой стадии разряда, замедляя рост тока (рис. 4а). Так для $L_{к1} = 29$ мкГн скорость нарастания тока составляет 3,5 кА/с, а для $L_{к2} = 44$ мкГн и

$L_{к3} = 73$ мкГн, соответственно 2,5 кА/с и 2,2 кА/с.



а)



б)

Рис. 4. Осциллограммы импульсов тока и излучения в среднем ИК-диапазоне при работе цезиевой лампы 7/90 в разрядном контуре

Этот факт связан с накоплением части энергии корректирующей индуктивностью с последующей отдачей ее лампе (участок АБВ осциллограммы падения напряжения на индуктивности, рис. 5).

Участок ВДЕ обеспечивает временную затяжку импульса тока (рис. 4а) и, как следствие, импульс излучения в среднем ИК-диапазоне (рис. 4б) за счет отрицательного перезаряда индуктивности после закрытия коммутирующего ключа. В итоге, формируется более плавный колоколообразный импульс тока, при этом пиковая сила излучения остается практически неизменной (рис. 4б). Дополнительно нами расчетным путем по осциллограмме тока и напряжения установлено, что время установления сопротивления лампы $R_{л}$ равно для индуктивностей $L_{к1} = 29$ мкГн- 60 мкс, $L_{к2} = 44$ мкГн- 70 мкс, $L_{к3} = 73$ мкГн- 80 мкс и независимо от величины корректирующей индуктивности равно 0,85 Ом. В то

же время, максимального значения ток достигает при тех же индуктивностях, соответственно, за 80 мкс, 100 мкс и 110 мкс. Поэтому после установления сопротивления согласно выражения [6]: $t = (R_k + R_n)C/2$ основное влияние на амплитуду и длительность импульса тока будут оказывать активные потери в разрядной цепи, соизмеримые на данной стадии разряда с R_n . Таким образом, для увеличения КПД разрядной цепи необходимо уменьшить волновое сопротивление разрядной цепи $\sqrt{L/C}$ или использовать конструкции ламп с большим R_n . В случае ламп с раз-

рядом в парах щелочных металлов, увеличение R_n связано с ростом давления добавок и, как следствие, повышением температуры холодной точки, что весьма проблематично в силу описанных ранее технологических и конструктивных проблем. Поэтому рассмотрим влияние волнового сопротивления на характеристики импульсов излучения в спектральном диапазоне 3,5–5,5 мкм. В качестве основных параметров принята энергия разряда W и $\sqrt{L/C}$, в зависимости от которых исследованы пиковая сила, длительность импульса излучения и глубина модуляции.

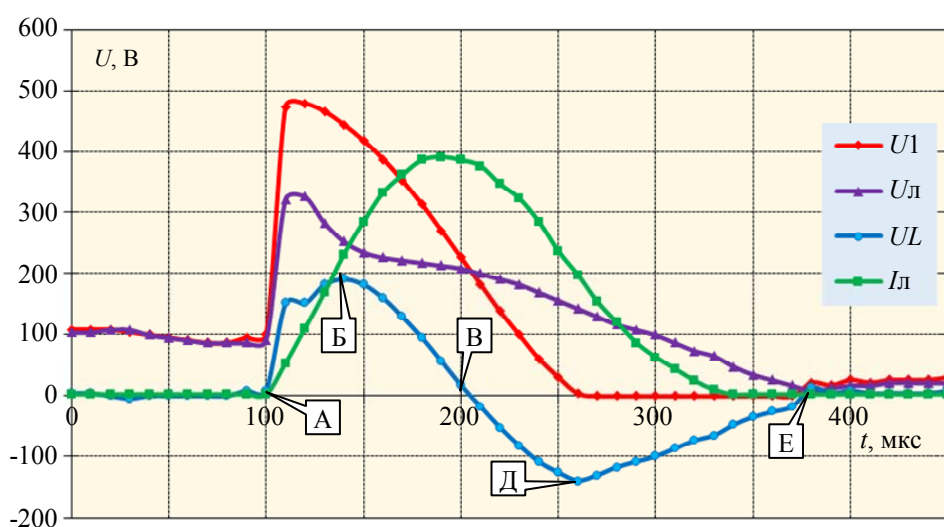


Рис. 5. Осциллограммы тока I_l и напряжений на накопительном конденсаторе U_1 , лампе U_l , корректирующей индуктивности U_L

Испытания лампы 7/90 с наполнением 9 мг цезия, 3 мг Hg, 50 мм рт. ст. ксенона проводились на экспериментальном источнике электрического питания по описанной ранее методике. Экспериментальная лампа разработана при частоте следования токовых импульсов 400 Гц в разрядном контуре со следующими переменными параметрами:

- индуктивность: 29; 37; 44; 56; 73 мкГн;
- емкость: в диапазоне 20–70 мкФ через 10 мкФ;

– напряжение на рабочем конденсаторе в диапазоне 200–260 В через 10 В.

Лампа охлаждалась тремя вентиляторами 2ДВО-0,7 через коническое сопло диаметром 30 мм со скоростью воздушного потока $v = 90$ м/сек. При испытаниях регистрировались следующие характеристики: пиковое значение и длительность по уровню 0,5 импульса тока и излучения в среднем ИК спек-

тральном диапазоне, постоянная составляющая свечения лампы. Из полученных экспериментальных данных следует, что пиковая сила и длительность импульса излучения при фиксированном волновом сопротивлении резко увеличивается с ростом энергии в диапазоне до 3 Дж, при больших значениях $W = 4–7$ Дж наблюдается рост, но средние значения A составляет около 60 Вт/ср. При этом следует учесть, что для обеспечения долговечности не менее 200 часов, удельная нагрузка на оболочку $P_{уд} = \frac{W \cdot f}{\pi \cdot d \cdot l}$ должна быть не более 100 Вт/см² [1]. Поэтому предельное значение энергии разряда должно быть менее 5 Дж. Из полученных результатов нами установлено, что наиболее близки к требованиям, предъявляемым к лампе ($t_{0,5} = 160$ мкс, $A = 60$ Вт/ср и $m = 95\%$), параметры разрядного контура:

– $C = 60$ мкФ, $\sqrt{L/C} = 0,85$ Ом, т. е.
 $L_k = 44$ мкГн;
 – $C = 50$ мкФ, $\sqrt{L/C} = 1,05$ Ом, т. е.
 $L_k = 55$ мкГн.

Измерение индуктивности высоковольтного конденсатора поджига показало, что его $L_n = 3,5$ мкГн, а емкость подводящих проводов $8,7$ мкФ, поэтому оптимальными значениями для накопительного конденсатора будет $C = 40$ мкФ, а корректирующей индуктивности $L_k = 50$ мкГн. Это необходимо учитывать при проектировании ОЭС, где сведены к минимуму подводящие провода. Необходимо подчеркнуть, что рассмотренные выше результаты качественно совпадают с данными авторов работ [6, 8, 10].

Как отмечалось ранее, на динамическую характеристику, а следовательно, скорость нарастания и длительность тока оказывает влияние частота следования импульсов. В работе [1] расчетными исследованиями было показано, что рост частоты приведет к снижению глубины модуляции. Для проверки данного заключения цезиевая лампа 7/90 испытывалась в разрядном контуре с двумя сменными емкостями $C = 30$ мкФ, $C = 50$ мкФ при фиксированных индуктивности $L_k = 50$ мкГн, мощности $2,5$ кВт и различных частотах 400 , 600 , 800 Гц. Полученные нами результаты представлены в таблице.

Таблица

Влияние частоты следования токовых импульсов на характеристики излучения в среднем ИК-диапазоне

f , Гц	C , мкФ	A , Вт/ср	m , %	$t_{0,5}$, мкс	$t_{0,35}$, мкс
400	30	74,2	91,2	170	220
	50	74,2	92,3	160	220
600	30	62	89,8	135	180
	50	60	90	130	170
800	30	48	88,6	135	180
	50	45	88	130	175

Из полученных данных видно, что увеличение частоты приводит к уменьшению необходимых параметров ИК-излучения. Этот факт связан с уменьшением энергии разряда при поддержании постоянной величины удельной нагрузки на оболочку. При этом изменение емкости практически не влияет на характеристики излучения в среднем ИК-

диапазоне. Поэтому с учетом функционального назначения ОЭС оптимальным значением для работы лампы можно рекомендовать частоту следования токовых импульсов 400 Гц.

Заключение

В результате выполненного научно-теоретического анализа научных публикаций и проведенных экспериментальных исследований установлено определяющее влияние величины индуктивности разрядного контура на характеристики излучения в среднем ИК-диапазоне. Практическая значимость представленных в данной статье результатов обусловлена необходимостью учета индуктивности соединительных проводов между источником электрического питания и лампой, входящей в состав ОЭС, которые конструктивно разнесены на объекте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гавриш С. В., Логинов В. В., Пучнина С. В. / Успехи прикладной физики. 2018. Т. 6. № 4. С. 333–348.
2. Гавриш С. В. / Прикладная физика. 2018. № 6. С. 84–89.
3. Гавриш С. В. / Прикладная физика. 2021. № 5. С. 25–31.
4. Гавриш С. В. / Прикладная физика. 2018. № 5. С. 86–93.
5. Гавриш С. В. / Прикладная физика. 2010. № 4. С. 45–49.
6. Маршак И. С., Дойников А. С., Жильцов В. П. и др. Импульсные источники света. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978.
7. Азаничев С. Б., Гавриш С. В., Гайдуков Е. Н., Сильницкий А. Ф. / Тез. докл. III Международ. светотехн. конф. – Новгород, 1997. С. 136–137.
8. Басов Ю. Г. Источники накачки микросекундных лазеров. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
9. Королев Е. А., Хазов Л. Д. / ЖПС. 1967. Т. 6. № 4. С. 467–470.
10. Вакуленко В. М., Иванов Л. П. Источники питания лазеров. – М.: Советское радио, 1980.
11. Сенилов Г. Н., Родионов Л. В., Ширшов Л. Г. Расчет и эксплуатация светотехнических импульсных установок и источников питания. – М.: Энергоиздат, 1989.
12. Белостоцкий Б. Р., Любавский Ю. В., Овчинников В. М. Основы лазерной техники. Твердотельные ОКГ. – М.: Советское радио, 1972.
13. Голубев И. В., Нархова Г. И., Румянцев М. И., Швом Е. М. / Электронная техника. Сер. Лазерная техника и оптоэлектроника. 1979. № 4. С. 89–93.

14. Басов Ю. Г., Рыкунова Н. Г. / Светотехника. 1994. № 5. С. 18–21.
15. Басов Ю. Г., Чумаков В. А. / Светотехника. 2001. № 2. С. 13–17.

16. Gavrish S. V. / Physics of Atomic Nuclei. 2022. Vol. 85. № 9. P. 73–78.
17. Фугенфиров М. И. Электрические схемы с газоразрядными лампами. – М.: Энергия, 1974.

PACS: 07.50-e

Pulsed IR radiation source characteristics operating in a discharge circuit

S. V. Gavrish

Scientific and production enterprise "Melitta", LLC
16/10 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117997, Russia
E-mail: svgavr@list.ru

Received 19.12.2022; accepted 23.01.2023

The article presents the result of a theoretical analysis and experimental studies of the influence of the discharge circuit parameters on the electrical properties and radiation characteristics of a pulsed cesium lamp. The determining role of the correcting inductance for the time of the plasma channel formation during one current pulse and the IR source radiation characteristics are shown. Recommendations are given for choosing the discharge circuit parameters to obtain the optimal peak power values and duration of radiation from a cesium lamp in the mid-IR range.

Keywords: cesium, plasma channel, gas-discharge lamp, discharge circuit, storage capacitor, corrective inductance, wave impedance.

DOI: 10.51368/1996-0948-2023-2-56-63

REFERENCES

1. Gavrish S. V., Loginov V. V. and Puchnina S. V., Advances in applied physics **6** (4), 333–348 (2018) [in Russian].
2. Gavrish S. V., Applied Physics, № 6, 84–89 (2018) [in Russian].
3. Gavrish S. V., Applied Physics № 5, 25–31 (2021) [in Russian].
4. Gavrish S. V., Applied Physics, № 5, 86–93 (2018) [in Russian].
5. Gavrish S. V., Applied Physics, № 4, 45–49 (2010) [in Russian].
6. Marshak I. S., Doinikov A. S., Zhiltsov V. P. et al., Pulsed light sources, 2nd ed., revised. and additional, Moscow, Energy, 1978.
7. Aganichev S. B., Gavrish S. V., Gaidukov E. N. and Silnitsky A. F. Abstracts. report III International. lighting engineering conf. Novgorod 1997, pp.136–137.
8. Basov Yu. G., Sources of pumping microsecond lasers, Moscow, Energoatomizdat, 1990.
9. Korolev E. A. and Khazov L. D. ZhPS **6** (4), 467–470 (1967).
10. Vakulenko V. M. and Ivanov L. P., Power supplies for lasers, Moscow, Soviet radio, 1980.
11. Senilov G. N., Rodionov L. V. and Shirshov L. G., Calculation and operation of lighting engineering impulse installations and power supplies, Moscow, Energoizdat, 1989.
12. Belostotsky B. R., Lyubavsky Yu. V. and Ovchinnikov V. M., Fundamentals of laser technology. Solid State OCGs, Moscow, Soviet radio, 1972.
13. Golubev I. V., Narkhova G. I., Rumyantsev M. I. and Seam E. M., Electronic technology. Ser. Laser technology and optoelectronics, № 4, 89–93 (1979).
14. Basov Yu. G. and Rykunova N. G., Svetotekhnika, № 5, 18–21 (1994).
15. Basov Yu. G. and Chumakov V. A., Svetotekhnika, № 2, 13–17 (2001).
16. Gavrish S. V., Physics of Atomic Nuclei **85** (9), 73–78 (2022).
17. Fugentirov M. I., Electric circuits with gas-discharge lamps, Moscow, Energy, 1974.