

Электрическая схема с коммутирующими IGBT-транзисторами для газоразрядных ламп

Юрий Мандрыко (Санкт-Петербург)

В статье приведено описание разработанной и испытанной электрической схемы накачки импульсных ксеноновых ламп с коммутирующими IGBT-транзисторами и указаны её достоинства.

ВВЕДЕНИЕ

Импульсные источники света на основе импульсных ксеноновых ламп (ИКЛ) широко применяются в различных областях: лазерной технике, сварке, медицине, косметологии, светотехнике и в ряде других. Эффективность преобразования электрической энергии, поступающей в импульсную ксеноновую лампу от электрической схемы накачки, в энергию излучения ИКЛ определяет коэффициент полезного действия (КПД) самой лампы. Эффективность работы ИКЛ в источниках света зависит от режима работы электрической схемы накачки. Эффективные режимы работы ИКЛ характеризуются высоким коэффициентом полезного действия лампы. За последнее время

произошло радикальное расширение элементной базы электроники, что обусловило создание принципиально новых электрических схем накачки, позволяющих реализовать различные эффективные режимы работы импульсной ксеноновой лампы, отличающиеся формой, амплитудой и длительностью импульсов электрической мощности, поступающей в лампу. Поэтому целью настоящей статьи является рассмотрение разработанной и испытанной электрической схемы накачки, позволяющей реализовать различные режимы работы импульсной ксеноновой лампы при её улучшенной управляемости (см. рис. 1). Повышение эффективности работы ИКЛ достигается за счёт оптимизации режима накачки.

Устройство и принципы функционирования электрической схемы

Электрическая схема накачки импульсных ксеноновых ламп, представленная на рисунке 1, отличается от электрических схем, приведённых в работах [1–6], тем, что:

- в контуре формирования стримера (начального затравочного плазменного канала), импульса тока псевдо (импульсной) дежурной дуги и в выходном каскаде (разрядном контуре) формирования силового импульса электрического тока применены IGBT-транзисторы, а также из выходного каскада может быть исключён дроссель (катушка индуктивности) ДР, ограничивающий скорость изменения мгновенного тока накачки в импульсной ксеноновой лампе;
- в рассматриваемой электрической схеме накачки импульсных ксеноновых ламп в промежуточных каскадах

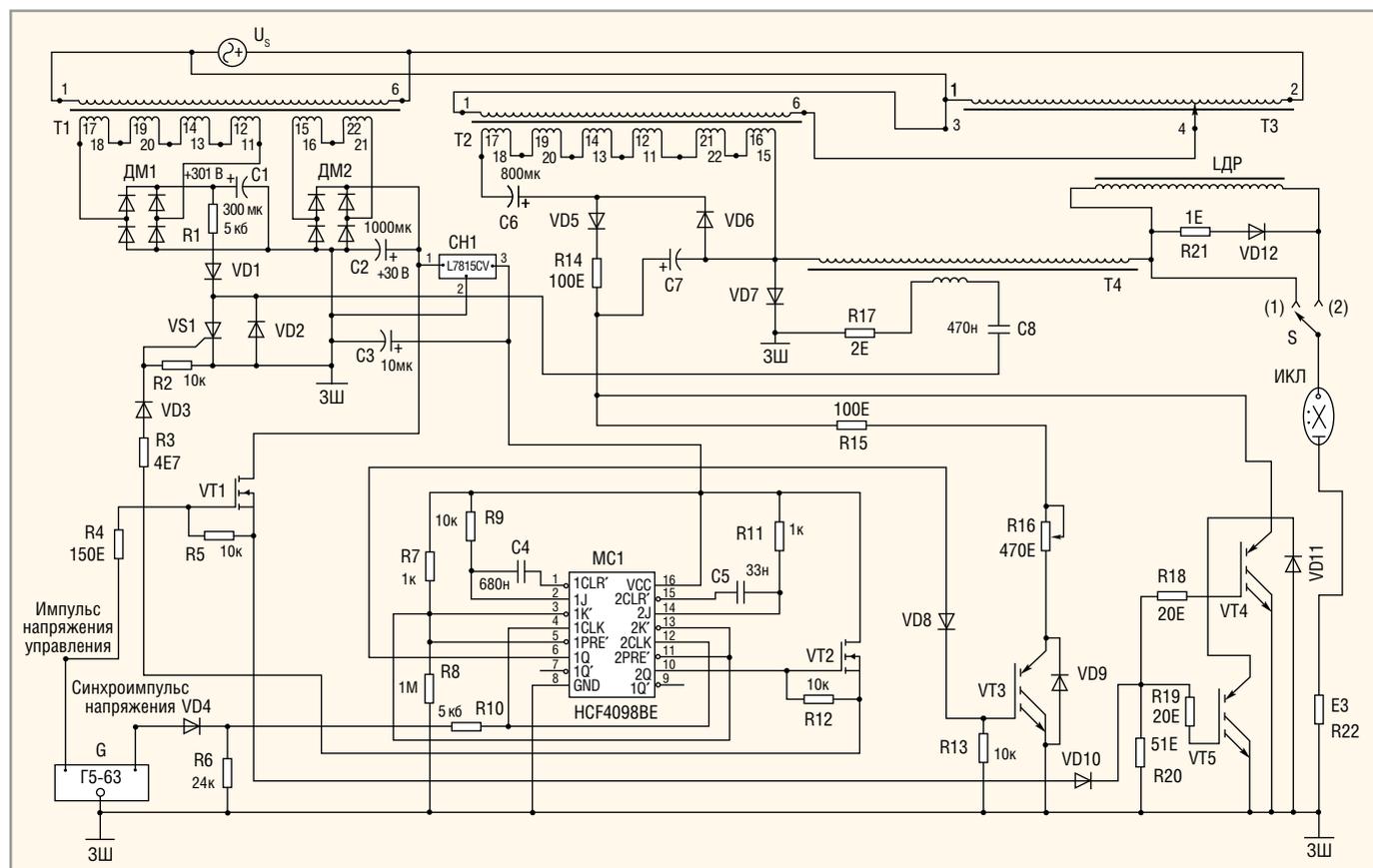


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема накачки импульсных ксеноновых ламп с коммутирующими IGBT-транзисторами

управления тиристором VS1 и IGBT-транзисторами VT4, VT5 применены полевые (униполярные) транзисторы VT2 и VT1, включённые по схеме с общим стоком, и поэтому, обеспечивающие максимально высокие коэффициенты усиления по току;

- в) модулятор с частичным разрядом накопительной ёмкости поддерживает квазистабильное напряжение на блоке конденсаторов C7 и на импульсной ксеноновой лампе;
- г) в импульсной ксеноновой лампе, работающей в модуляторе с частичным разрядом накопительной ёмкости, существует стадия поддержания установившегося по амплитуде тока накачки;
- д) рассматриваемая электрическая схема обладает возможностью отключения импульсной ксеноновой лампы в любой момент времени;
- е) данная электрическая схема имеет малые габариты в связи с тем, что в ней применены современные элементы (см. таблицу).

Рассматриваемая электрическая схема накачки импульсных ксеноновых ламп с коммутирующими IGBT-транзисторами может работать в двух режимах, характеризующихся разными формами импульса тока накачки в ИКЛ, в зависимости от того, в каком положении находится ключ S:

- а) если ключ S находится в положении (2), то схема работает в режиме ограничения скорости изменения и амплитуды тока накачки в ИКЛ процессами во внешней электрической цепи (в дросселе) и физическими процессами в самой лампе (расширением неравновесного плазменного канала, увеличением и уменьшением температуры равновесного плазменного канала) одновременно (первый режим работы ИКЛ);
- б) если ключ S находится в положении (1), то схема работает в режиме ограничения скорости изменения и амплитуды тока накачки в ИКЛ только физическими процессами в самой лампе (расширением неравновесного плазменного канала, увеличением и поддержанием температуры равновесного плазменного канала) (второй режим работы ИКЛ).

Первый режим работы ИКЛ характеризуется полусинусоидальной формой импульса тока накачки в импульсной ксеноновой лампе, а второй режим работы ИКЛ – трапецидальной формой импульса тока накачки в лампе.

С генератора импульсов напряжений G в электрическую схему (см. рис. 1) поступает синхроимпульс напряжения с положительным фронтом амплитудой 10 В и длительностью 150 нс через диод VD4 и резистор R10 на входы 1CLK и 2CLK микросхемы MC1, запускающая два драйвера, построенных на микросхеме MC1 типа HCF4098BE (1561AG1) с подключёнными к ней разными электрическими элементами. Драйвер с индексом 2 формирует прямоугольный импульс напряжения управления схемой формирования высокого напряжения зажигания (поджига) импульсной ксеноновой лампы (ИКЛ). Этот прямоугольный импульс напряжения управления амплитудой 14 В и длительностью $t_{\text{имп.п.р}} = R_{11}C_5/2 = 16,5$ мкс снимается с выхода 2Q микросхемы MC1 относительно земляной шины (ЗШ) (GND) и поступает на затвор 3 (G) полевого транзистора VT2, открывая его и обеспечивая протекание импульсного электрического

сигнала по контуру CH1(3) – VT2(СИ) – R3 – VD3 – VS1(УЭК) – CH1(2) (ЗШ). (CH (VST) – стабилизатор напряжения, C (D) – сток, И (S) – исток, УЭ (CE) – управляющий электрод, К (C) – катод, ЗШ (GND) – земляная шина). Протекание импульсного электрического сигнала через управляющий электрод (УЭ) тиристора VS1 создаёт импульс напряжения амплитудой 10 В между управляющим электродом (УЭ) и катодом (К) тиристора VS1, открывая последний. В течение времени $t_{\text{имп.п.р}} = R_{11}C_5/2 = 16,5$ мкс, когда тиристор VS1 находится в открытом состоянии, происходит переходный процесс формирования импульсного электрического сигнала в последовательном колебательном контуре C8 – VS1 (AK) (ЗШ) – R17–T4 (первичная обмотка) – C8, что приводит к возникновению двухполярного импульса напряжения амплитудой 300 В на первичной обмотке импульсного трансформатора T4. При этом индуцируется двухполярный импульс

Ведомость использованных элементов

Названия элементов	Обозначения элементов	Типы элементов	Номинальные параметры элементов
Резисторы	R1–R13		Номинальная мощность (0,125 Вт)
Резистор	R14		Номинальная мощность (75 Вт)
Резисторы	R15–R17		Номинальная мощность (5 Вт)
Резисторы	R18–R20		Номинальная мощность (2 Вт)
Резистор	R21, R22		Номинальная мощность (5 Вт)
Конденсаторы	C1, C6, C8		Номинальное напряжение (400 В)
Конденсатор	C2		Номинальное напряжение (50 В)
Конденсаторы	C3–C5		Номинальное напряжение (25 В)
Конденсатор	C7		Номинальное напряжение (800 В)
Дроссель (катушка индуктивности)	ЛДР		
Диоды	VD1–VD4, VD8–VD10	FR207	
Диоды	VD5, VD6, VD12	FR607	
Диоды	VD7, VD11	1N5408	
Диодные мосты	DM1, DM2	BR1010	
Полевой транзистор	VT1	IRF840	
Полевой транзистор	VT2	BUZ11	
IGBT-транзистор	VT3	IRG4BC30F	
IGBT-транзисторы	VT4, VT5	IRG4PSC71U	
Тиристор	VS1	KV239A	
Стабилизатор напряжения	CH1	L7815CV	
Два драйвера в микросхеме	MC1	HCF4098BE (1561AG1)	
Трансформатор	T1	TA262	
Трансформатор	T2	TA250*	
Лабораторный автотрансформатор регулируемый	T3	ЛАТР-1	
Импульсный трансформатор	T4		Первичная обмотка состоит из трёх витков, а вторичная – из 60 витков
Импульсная ксеноновая лампа	ИКЛ	ИНП-5/40 (ИСП250)	
Импульсная ксеноновая лампа	ИКЛ	ИНП-5,5/60 (ИСП2500)	
Генератор импульсов напряжений	G	Г5-63	
Электрическая однофазная сеть	SET		Действующее напряжение $U_{\text{сет}} = 220$ В и частота переменного напряжения $f_{\text{сет}} = 50$ Гц

высокого напряжения на вторичной обмотке импульсного трансформатора Т4, вследствие чего возникает двухполярный импульс высокого напряжения зажигания импульсной ксеноновой лампы амплитудой 6 кВ между анодом А и катодом К (С) ИКЛ, приводящий к электрическому пробое ксенона и созданию стримера (затравочного начального плазменного канала) между соответствующими электродами лампы.

Драйвер с индексом 1 формирует прямоугольный импульс электрического сигнала управления схемой формирования импульса тока псевдо (импульсной) дежурной дуги в импульсной ксеноновой лампе. Этот прямоугольный импульс электрического сигнала управления амплитудой 14 В и длительностью $t_{\text{imp,d.d}} = R_9 C_4 / 2 = 3,4$ мс снимается с выхода 1Q микросхемы МС1 относительно земляной шины (ЗШ) и поступает через диод VD8 на затвор IGBT-транзистора VT3, переводя его в режим насыщения. В течение промежутка времени $t_{\text{imp,d.d}} = R_9 C_4 / 2 = 3,4$ мс, когда IGBT-транзистор VT3 находится в режиме насыщения, импульсный ток псевдо дежурной дуги протекает по контуру (см. рис. 1):

- а) С7 – R15 – R16 – VT3 (КЭ) – R22 – ИКЛ (АК) – Т4 (вторичная обмотка) – С7 (в том случае, когда ключ S находится в положении (1));
- б) С7 – R15 – R16 – VT3 (КЭ) – R22 – ИКЛ (АК) – ДДР – Т4 (вторичная обмотка) – С7 (в том случае, когда ключ S находится в положении (2)).

Под воздействием импульса напряжения псевдо (импульсной) дежурной дуги в газоразрядной лампе стример перерастает в плазменный канал псевдо дежурной дуги, находящийся в состоянии готовности к поступлению силового импульса напряжения накачки в течение промежутка времени задержки $t_{\text{задержки}}$ прямоугольного импульса напряжения управления относительно синхроимпульса напряжения, поступающих в электрическую схему с генератора импульсов напряжений G.

В паузе между синхроимпульсами напряжения, снимаемого с генератора G:

- а) конденсатор С1 заряжается через диодный мост ДМ1 почти до амплитудного напряжения 301 В, снимаемого со вторичной обмотки 11–17 трансформатора Т1;
- б) конденсатор С8 заряжается до напряжения 301 В, равного напряжению

на конденсаторе С1, по контуру ДМ1 (С1) – R1 – VD1 – С8 – Т4 (первичная обмотка) – R17 – ДМ1 (С1) (ЗШ).

Регулируя положение движка (4) автотрансформатора Т3, задаём нужное значение напряжения на блоке конденсаторов С7, когда ключ S находится в положении (1), или – на конденсаторе С7, если ключ S находится в положении (2) (см. рис. 1).

В случае, когда ключ S находится в положении (1), выходной каскад представляет собой модулятор с частичным разрядом накопительной ёмкости, и блок конденсаторов С7 выбирают такой ёмкости, чтобы он разряжался от начального напряжения U_{C7} на нём по контуру С7 – VT4 || VT5 – R22 – ИКЛ (АК) – Т4 (вторичная обмотка) – С7 не более чем на 5% за длительность импульса тока накачки t_p , равную длительности импульса напряжения управления t_u , поступающего с генератора G (см. рис. 1). (А – анод, К (С) – катод). В этом случае электрическая схема, представленная на рисунке 1, обеспечивает квазистабильное напряжение накачки между электродами ИКЛ. Почти всё напряжение, до которого заряжен блок конденсаторов С7 (см. рис. 1), приложено между электродами ИКЛ в течение длительности импульса тока накачки t_p , за исключением падения напряжения на балластном резисторе R22 и падения напряжения $U_{\text{CEVT4,sat}} = U_{\text{CEVT5,sat}} \approx 2$ В между коллекторами и эмиттерами IGBT-транзисторов VT4 и VT5, находящихся в режиме насыщения. (К (С) – коллектор, Э (Е) – эмиттер). В модуляторе с частичным разрядом накопительной ёмкости формируется трапецеидальная форма импульса тока накачки.

Если ключ S находится в положении (2), выходной каскад представляет собой разрядный LC-контур и вместо блока конденсаторов С7 в рассматриваемую электрическую схему (см. рис. 1) включают конденсатор С7 такой ёмкости, при которой он полностью разрядится от начального напряжения $U_{C7}(t_0)$ на нём за длительность t_{im} полуволны полусинусоидального электрического тока накачки в ИКЛ по контуру С7 – VT4 || VT5 – R22 – ИКЛ (АК) – ДДР – Т4 (вторичная обмотка) – С7. (ДР (DR) – дроссель (катушка индуктивности)). В разрядном LC-контуре формируется полусинусоидальная форма импульса тока накачки.

С заданной временной задержкой $t_{\text{задержки}}$ у генератора импульсов напря-

жений G, регулируемой в оптимальном интервале значений от 20 мкс до 3,3 мс, относительно синхроимпульса напряжения с генератора G поступает прямоугольный импульс напряжения управления амплитудой 30 В через резистор R4 на затвор полевого транзистора VT1 длительностью $t_u = t_p$, заданной у генератора G и находящейся в пределах оптимального диапазона от 200 мкс до 3,5 мс. Этот прямоугольный импульс напряжения управления открывает полевой транзистор VT1, обеспечивая протекание импульсного электрического сигнала по контуру ДМ2 (С2) – VT1 (СИ) – VD10 – (R18 – VT4 (ЗЭ)) || (R19 – VT5 (ЗЭ)) – ДМ2 (С2) (ЗШ), переводя IGBT-транзисторы VT4, VT5 в режим насыщения и обеспечивая протекание импульсного электрического тока накачки в выходном каскаде (силовом разрядном контуре):

- а) С7 – VT4 || VT5 – R22 – ИКЛ (АК) – Т4 (вторичная обмотка) – С7 (в том случае, когда ключ S находится в положении (1));
- б) С7 – VT4 || VT5 – R22 – ИКЛ (АК) – ДДР – Т4 (вторичная обмотка) – С7 (в том случае, когда ключ S находится в положении (2)).

Под воздействием силового импульса электрического напряжения накачки в газоразрядной лампе из плазменного канала псевдодежурной дуги формируется расширяющийся неравновесный плазменный канал, затем переходящий в равновесный плазменный канал, установившийся по объёму.

В паузе между импульсами напряжения управления, снимаемого с генератора G:

- а) конденсатор С2 заряжается через диодный мост ДМ2 почти до амплитудного напряжения 30 В, снимаемого со вторичной обмотки 15–21 трансформатора Т1;
- б) конденсатор С7 заряжается через умножитель напряжения почти до удвоенного амплитудного напряжения, снимаемого со вторичной обмотки 15–17 трансформатора Т2.

Если ключ S находится в положении (2) в электрической схеме (см. рис. 1), работающей в колебательном режиме, то есть при условии $\omega_0 > \delta$, справедливо следующее равенство:

$$\left(\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}\right) t_{\text{im}} = \pi, \quad (1)$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_{\text{dr}} C_7}}, \quad (2)$$

$$\delta = \frac{R_{\text{ekv}}}{2L_{\text{dr}}}, \quad (3)$$

где ω_0 – резонансная циклическая частота, δ – логарифмический декремент затухания, t_{im} – длительность положительной полуволны полусинусоидального электрического сигнала, L_{dr} – значение индуктивности дросселя ЛДР, C_7 – значение ёмкости конденсатора C_7 .

Подставив выражения (2) и (3) в (1), получаем квадратное уравнение, решением которого стала формула для определения величины индуктивности дросселя:

$$L_{dr.1,2} = \frac{1}{2C_7} \left(\frac{t_{im}}{\pi} \right)^2 \left[1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{R_{ekv} C_7 \pi}{t_{im}} \right)^2} \right], \quad (4)$$

где R_{ekv} – эффективное эквивалентное сопротивление ИКЛ, рассчитываемое по формуле:

$$R_{ekv} = (K_{0,c})^4 \left(\frac{t_{im}}{W_{el}} \right)^3, \quad (5)$$

где $K_{0,c}$ – эффективное значение характеристического импеданса ИКЛ, W_{el} – электрическая энергия, поступившая в ИКЛ за время t_{im} .

Если ключ S находится в положении (2) в электрической схеме

(см. рис. 1), работающей в аperiodическом режиме, то есть при условии $\delta > \omega_0$, справедливо следующее равенство:

$$\left(\sqrt{\delta^2 - \omega_0^2} \right) t_{im} = \pi. \quad (6)$$

Подставив выражения (2) и (3) в (6), получаем квадратное уравнение, решением которого стала формула для определения величины индуктивности дросселя:

$$L_{dr.1} = \frac{1}{2C_7} \left(\frac{t_{im}}{\pi} \right)^2 \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{R_{ekv} C_7 \pi}{t_{im}} \right)^2} \right]. \quad (7)$$

Если ключ S находится в положении (2) и длительность $t_u = t_i$ импульсного электрического сигнала управления IGBT-транзисторами VT_4 и VT_5 меньше, чем длительность положительной полуволны полусинусоидального электрического сигнала t_{im} , то после запириания IGBT-транзисторов VT_4 и VT_5 , затухающий ток протекает по контуру ЛДР – R21 – VD12 (AK) – ЛДР.

В выходной каскад (силовой разрядный контур) с ИКЛ нужно последовательно подключить балластный рези-

стор (активное сопротивление) R22 для согласования вольт-амперной характеристики импульсного силового источника электропитания с вольт-амперной характеристикой импульсной ксеноновой лампы. Для надёжного зажигания (поджига) ИКЛ нужно обмотать часть её кварцевой колбы медной проволокой по спирали, оставив концы проволоки свободными (не подключёнными).

Представленная электрическая схема (см. рис. 1) может работать от генератора импульсов напряжений G как в режиме ручного запуска, так и в режиме внутреннего (автоматического) запуска.

Импульсная ксеноновая лампа типа ИНП-5/40 (ИСП250) устойчиво функционирует в электрической схеме, представленной на рисунке 1, при следующих оптимальных параметрах импульса тока накачки в лампе: значении амплитуды импульса тока до 170 А и длительности импульса тока t_i , находящейся в пределах диапазона от 200 мкс до 3,5 мс.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Исследуем работу импульсной ксеноновой лампы типа ИНП-5/40 (ИСП250)



www.rfhic.com

СВЧ-усилители на основе модуля GaN компании RFHIC – новые возможности для различных применений

Компания RFHIC предоставляет самые эффективные решения на основе твердотельных усилителей мощности для метеорологических, морских и воздушных РЛС

RFHIC – оптимальный выбор по цене и качеству



Радиолокатор УВД



Метеорологический радиолокатор



Судовой радиолокатор



• Усилитель высокой мощности на основе GaN



• SMD/SMT GaN-усилитель для ФАР



• Палетный усилитель мощности



• Модуль GaN

1–2 кВт	2,7...2,9 Гц 50 Вт	9,2...9,5 Гц 25 Вт	2,7...2,9 Гц 200–400 Вт	5,6...5,7 Гц 200 Вт	9,2...9,5 Гц 50–100 Вт	9,3...9,5 Гц 200 Вт
---------	-----------------------	-----------------------	----------------------------	------------------------	---------------------------	------------------------

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ RFHIC



POWERED BY PROSOFT

Активный компонент вашего бизнеса

ТЕЛ.: (495) 232-2522 / ФАКС: (495) 234-0640 / INFO@PROCHIP.RU / WWW.PROCHIP.RU



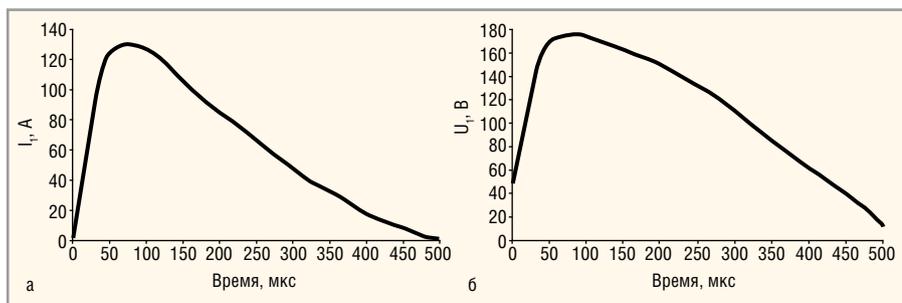


Рис. 2. Экспериментальная переходная характеристика: а – мгновенного тока накачки в импульсной ксеноновой лампе, функционирующей в первом режиме работы; б – мгновенного напряжения накачки между электродами импульсной ксеноновой лампы, функционирующей в первом режиме работы

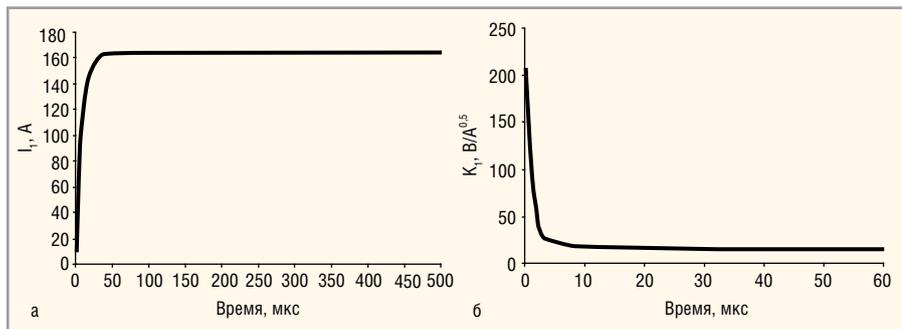


Рис. 3. Экспериментальная переходная характеристика: а – мгновенного тока накачки в импульсной ксеноновой лампе, функционирующей во втором режиме работы; б – мгновенного характеристического импеданса импульсной ксеноновой лампы, функционирующей во втором режиме работы

в электрической схеме накачки, представленной на рисунке 1 и функционирующей в двух режимах.

Первый режим работы ИКЛ наблюдается в выходном каскаде на основе разрядного LC-контура, то есть в случае, когда ключ S находится в положении (2) (см. рис. 1). Второй режим работы ИКЛ наблюдается в выходном каскаде на основе модулятора с частичным разрядом накопительной ёмкости, то есть в том случае, когда ключ S находится в положении (1).

На рисунках 2 и 3 представлены экспериментальные переходные характеристики мгновенных токов накачки $i_1(t)$, мгновенного напряжения накачки $u_1(t)$ и мгновенного характеристического импеданса $K_1(t)$ для импульсной ксеноновой лампы (ИКЛ) типа ИНП-5/40 (ИСП250), функционирующей в двух упомянутых ранее режимах работы при следующих величинах параметров разрядного контура накачки ИКЛ и самой лампы:

- начальной величине напряжения $U_{C7}(t_0) = 300$ В на конденсаторе C_7 ёмкостью $C_7 = 100$ мкФ, индуктивности дросселя $L_{dr} = 50$ мкГн (для первого режима работы);
- $U_{C7}(t_0) = 200$ В, $C_7 = 13$ мФ (для второго режима работы).

При этом длительность положительного импульса тока накачки в ИКЛ

$t_{im} = 500$ мкс, напряжение псевдодежурной дуги между электродами ИКЛ $U_{id} = 48$ В, ток псевдодежурной дуги в ИКЛ $I_d = 0,9$ А, прианодное и прикатодное падение напряжений в ИКЛ $U_a = U_k = 3$ В, радиус внутренней полости кварцевой колбы ИКЛ $R_{vp} = 2,5$ мм, максимальный радиус равновесного плазменного канала в ИКЛ $R_{km} = 2,3$ мм, длина положительного столба плазменного канала, близкая к расстоянию между электродами ИКЛ $H_{st} = 40$ мм, электронная температура образования ксеноновой плазмы $T_{co} = 6400$ К [4–6], граничные длины волн спектрального диапазона излучения ИКЛ $\lambda_1 = 180$ нм, $\lambda_2 = 1100$ нм, относительный коэффициент пропускания излучения кварцевых стенок колбы ИКЛ $\gamma_1 = 0,92$ отн. ед. $\rho_1 = 4,234$ кг/м³ – плотность ксенона в ИКЛ при температуре $T_0 = 300$ К и давлении $P_0 = 80$ кПа [4–6]. $\rho_{pld} = 0,721$ кг/м³, $T_{id} = 2450$ К, $P_{pld} = 111,9$ кПа, $A_{pld} = 1,88 \times 10^{-5}$ отн. ед., $R_{kd} = 0,4562$ мм – объёмная плотность, ионная температура, давление, средний спектральный относительный коэффициент излучения и радиус плазменного канала на стадии поддержания тока псевдодежурной дуги соответственно.

На рисунках 2а и 2б представлены экспериментальные переходные характеристики мгновенного тока накачки $i_1(t)$ в ИКЛ и мгновенного напряже-

ния накачки $u_1(t)$ между электродами ИКЛ при начальном напряжении на конденсаторе $U_{C7}(t_0) = 300$ В, ёмкости конденсатора $C_7 = 100$ мкФ и при величинах других параметров, равных указанным ранее (первый режим работы).

На рисунках 3а и 3б представлены экспериментальные переходные характеристики мгновенного тока накачки $i_1(t)$ в ИКЛ и мгновенного характеристического импеданса ИКЛ $K_1(t)$ при напряжении на блоке конденсаторов $U_{C7} = 200$ В, ёмкости блока конденсаторов $C_7 = 13$ мФ и при величинах других параметров, равных указанным ранее (второй режим работы).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье проведено описание принципов функционирования импульсной ксеноновой лампы в электрической схеме с коммутирующими IGBT-транзисторами и показано, что рассмотренная схема обладает следующими возможностями:

- ограничение скорости изменения и амплитуды тока накачки в импульсной ксеноновой лампе процессами во внешней электрической цепи и физическими процессами в самой лампе одновременно;
- ограничение скорости изменения и амплитуды тока накачки в импульсной ксеноновой лампе только физическими процессами, протекающими в самой газоразрядной лампе;
- присутствие или отсутствие дросселя (катушки индуктивности) в выходном каскаде (силовом разрядном контуре);
- поддержание установившегося по амплитуде тока накачки в импульсной ксеноновой лампе;
- отключение импульсной ксеноновой лампы в любой момент времени.

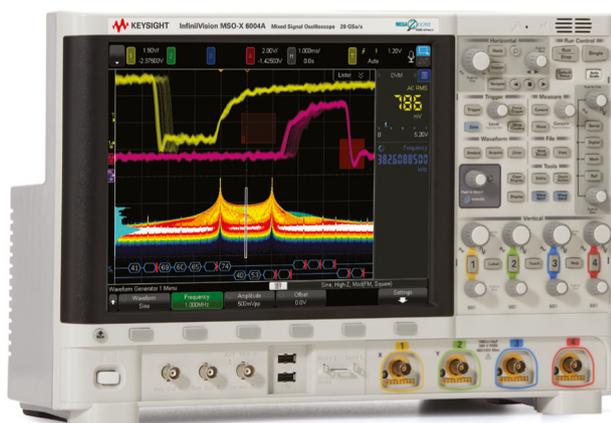
ЛИТЕРАТУРА

1. Вакуленко В.М., Иванов Л.П. Источники питания лазеров. М. Сов. Радио. 1980. 104 с.
2. Шмелев К.Д., Королёв Г.В. Источники электропитания лазеров. Под общ. ред. Вакуленко В.М. М. Энергоиздат. 1981. 169 с.
3. Китаев В.Е., Бокуняев А.А., Колканов М.Ф. Расчёт источников электропитания устройств связи. Под общ. ред. Бокуняева А.А. М. Радио и связь. 1993. 232 с.
4. Мак А.А., Яшин В.Е., Сомс Л.Н., Фромзель В.А. Лазеры на неодимовом стекле. М. Наука. 1990. 288 с.
5. Маршак И.С. Импульсные источники света. М. Энергия. 1978. 472 с.
6. Рохлин Г.Н. Разрядные источники света. М. Энергоатомиздат. 1991. 720 с.



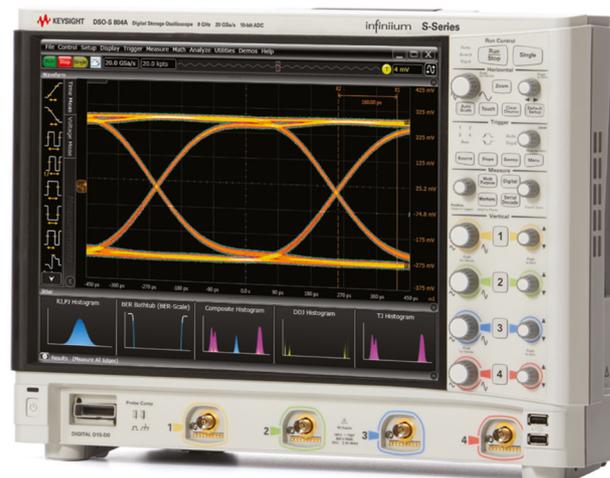
Представляем новый стандарт.

Осциллографические технологии нового поколения.



Серия 6000X: новый стандарт соотношения цены и характеристик

- Наилучшее на рынке сочетание цены и производительности
- Непревзойденное качество отображения сигналов
- Высочайшая степень интеграции



Серия S: Новый стандарт прецизионных измерений

- Лучшие в отрасли показатели по целостности сигнала
- Самая передовая компьютерная платформа
- Широчайший спектр возможностей

	Осциллографы Keysight InfiniiVision 6000X	Осциллографы Keysight Infiniium серии S
Полоса пропускания	1 ГГц – 6 ГГц	500 МГц – 8 ГГц
Максимальная частота дискретизации	20 Гвыб./с	20 Гвыб./с
Самый низкий в отрасли уровень собственных шумов**	115 мкВ (скз) (1 мВ/дел.)	90 мкВ (скз) (1 мВ/дел.)
А также:	<ul style="list-style-type: none"> - Скорость обновления сигналов на экране 450 000 осциллограмм/с - Аппаратная функция «запуска касанием» InfiniiScan Zone - Емкостной экран с технологией «мультитач» с диагональю 12,1 дюйма - Функциональность 6 приборов в 1 - Голосовое управление 	<ul style="list-style-type: none"> - АЦП с разрешением 10 бит - Глубина памяти 100 Мвыб. в стандартной комплектации - Емкостной экран с технологией «мультитач» с диагональю 15 дюймов - Усовершенствованный интерфейс пользователя Infiniium

Ощутите разницу – закажите демонстрацию прибора.
www.keysight.com/find/anewstandard

8 800 500 9286 (звонок по России бесплатный)

© Keysight Technologies, Inc. 2014. * Цены указаны в долларах США на условиях CIP и не включают налоги и таможенные сборы ** На частоте 1 ГГц

Реклама



Unlocking Measurement Insights