Проектирование электронного пускорегулирующего устройства для 250-Вт газоразрядной лампы высокой интенсивности

ТОМ РИБАРИХ (TOM RIBARICH), директор, Lighting Systems, International Rectifier

В настоящее время в типовых системах уличного освещения, как правило, используются газоразрядные лампы высокой интенсивности (HID). Такие лампы трудно поддаются регулированию, поэтому задача проектирования электронной пускорегулирующей аппаратуры (ЭПРА) для управления ими также не является простой. ЭПРА для HID-ламп должны выполнять следующие функции: запуск, разогрев, контроль над постоянством мощности, коррекция коэффициента мощности и обеспечение защиты ламп и ЭПРА в любых аварийных ситуациях. В статье описана схема ЭПРА для 250-Вт HID-лампы, реализованная на основе ИС управления HID-лампами IRS2573D. Представлены основные требования к лампам, и описаны методы управления ими, а также приведена полная принципиальная схема, и описаны ее сигналы.

ТРЕБОВАНИЯ К HID-ЛАМПАМ

HID-лампы бывают трех типов: металлогалогенные, ртутные и натриевые высокого давления. Эти лампы довольно популярны, что связано с их эффективностью и высокой светоотдачей. Эффективность металлогалогенных HID-ламп обычно выше, чем 100 лм/Вт, а срок службы составляет порядка 20 тыс. ч. Принцип действия HID-ламп напоминает принцип действия люминесцентных ламп, в которых пары ртути, находящиеся под небольшим давлением, генерируют ультрафиолетовое излучение, вынуждающее светиться фосфорное покрытие внутри трубки. В случае HID-ламп газ находится под высоким давлением. Поскольку расстояние между электродами в таких лампах очень небольшое, видимый свет в них генерируется напрямую без участия фосфора.

Для HID-ламп требуется: для запуска (поджига) — высокое напряжение (обычно 3…4 кВ и более 20 кВ, если лампа горячая); в режиме разогрева — ограничение тока; во время работы — поддержание постоянной мощности. Важно тщательно следить за мощностью ламп для минимизации расхождений ламп по цвету и яркости. К тому же HID-лампы должны управляться низкочастотным переменным напряжением (обычно менее 200 Гц), что позволяет избежать миграции ртути и предотвратить выход ламп из строя по причине акустического резонанса. Для работы типовых 250-Вт металлогалогенных HID-ламп требуется обеспечивать следующие условия:

- номинальная мощность 250 Вт;
- номинальное напряжение (RMS) 100 В;
- номинальный ток (RMS) 2,5 А;
- напряжение поджига (пиковое значение) 4000 В.

На рисунке 1 показан типовой профиль запуска HID-ламп. До поджига лампа представляет собой разомкнутую цепь. После поджига напряжение на лампе быстро падает с напряжения разомкнутой цепи до очень низкого значения (обычно 20 В) из-за падения сопротивления лампы. Это ведет к тому, что ток через лампу увеличивается до очень высоких значений и именно поэтому его следует ограничить до безопасного уровня. По мере разогрева лампы ток уменьшается, в то время как напряжение и мощность растут. Очевидно, что в процессе работы напряжение на лампе достигает своего номинального значения (обычно 100 В). Далее требуется поддерживать мощность на заданном уровне.

Для выполнения всех предъявленных требований и обеспечения заданных режимов работы необходимо корректно проектировать ЭПРА, способную эффективно преобразовывать напряжение сети переменного тока в требуемое для лампы напряжение, осуществлять поджиг лампы и регулировать ее мощность.

ТОПОЛОГИЯ СХЕМЫ ЭПРА ДЛЯ HID-ЛАМПЫ

На рисунке 2 показана блок-схема типичной для HID-лампы ЭПРА, состоящей из: фильтра электромагнитных помех, предназначенного для подавления генерируемых ЭПРА шумов; мостового двухполупериодного выпрямителя, преобразующего переменное напряжение сети в выпрямленное напряжение; корректора коэффициента мощности (ККМ) на основе повышающего преобразователя с фильтром постоянного напряжения; понижающего преобразователя для управления током лампы; мостового выходного каскада, обеспечивающего работу лампы по переменному току и схемы запуска для поджига лампы. Для управления понижающим преобразователем и мостовым каскадом, а также для организации соответствующих режимов работы лампы используется специализированная ИС или управляющая схема. Представленная схема соответствует самому распространенному стандартному подходу к питанию HID-ламп.

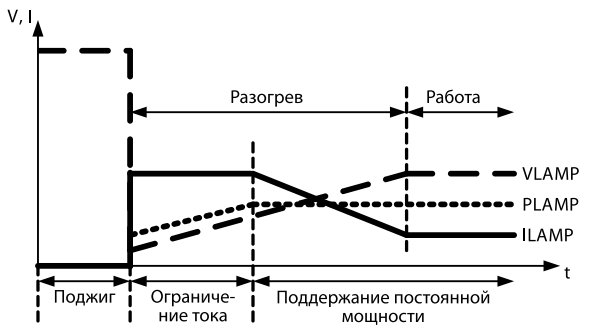


Рис. 1. ***Режимы работы HID-лампы****: поджиг, разогрев и работа*

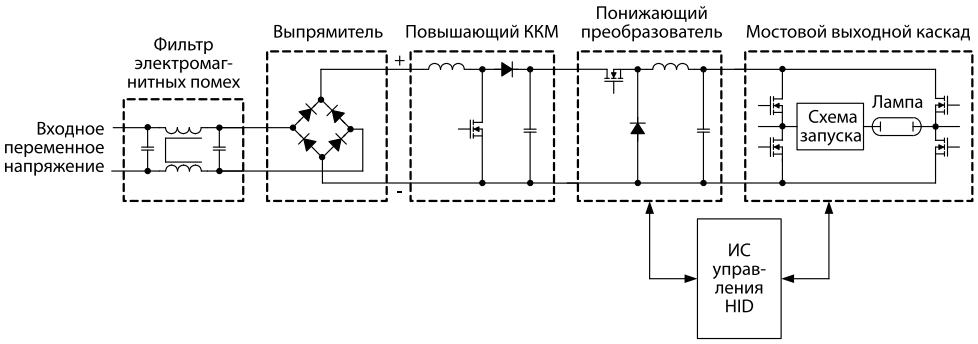


Рис. 2. ***Типовая блок-схема ЭПРА для HID-лампы***

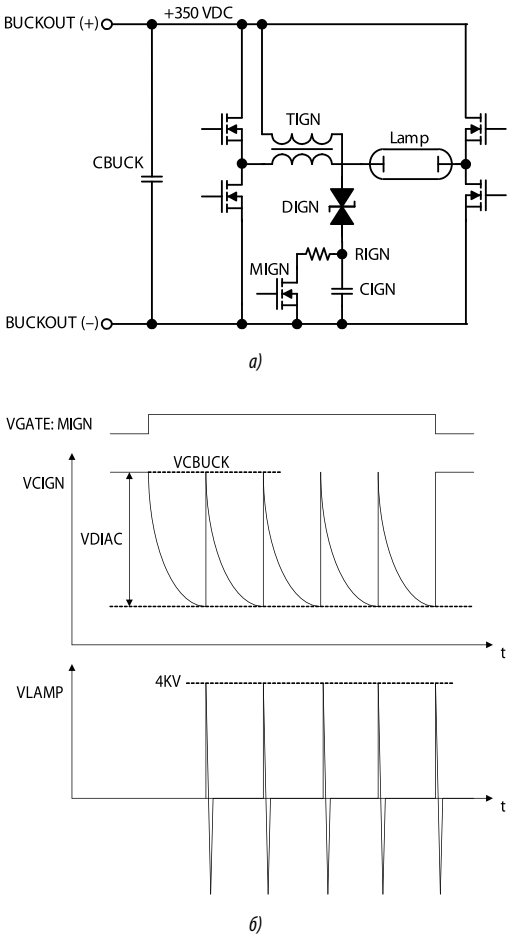


Рис. 3. ***Схема запуска лампы и временные диаграммы***

Схема управления понижающим преобразователем является основной схемой управления ЭПРА, используемой для регулирования тока и мощности лампы. Понижающий каскад является необходимым звеном схемы, позволяющим уменьшить постоянное напряжение на DC-шине после повышающего преобразователя до уровня, необходимого для работы лампы, которая расположена в диагонали мостовой схемы. Понижающий преобразователь работает в режиме либо непрерывной проводимости, либо критической проводимости в зависимости от условий в нагрузке. Для оценки мощности лампы проводятся измерения значений тока и напряжения на лампе, которые затем аппаратно перемножаются. Полученные значения мощности в дальнейшем используются для регулирования времени включения понижающего преобразователя. В течение разогрева лампы (после ее поджига) напряжение на лампе очень маленькое, а ток, наоборот, очень большой, поэтому цепь обратной связи по току регулирует время включения понижающего преобразователя с целью ограничения максимального тока через лампу. В стационарном режиме работы лампы цепь обратной связи по мощности определяет время включения понижающего преобразователя для регулирования мощности лампы. Режим непрерывной проводимости позволяет понижающему преобразователю во время разогрева подавать на лампу большой ток, не допуская при этом насыщения дросселя преобразователя.

Считая, что на вход понижающего преобразователя подается постоянное напряжение 400 В (с выхода ККМ на основе повышающего преобразователя), а его номинальная рабочая частота равна 70 кГц, и зная номинальные значения электрических характеристик 250-Вт лампы, можно рассчитать величину индуктивности дросселя преобразователя:

$$L_{BUCK} = \frac{1}{2fI_{LAMP}}\left(1-\frac{V_{LAMP}}{V_{BUS}}\right)\cdot V_{LAMP} =$$

$$= \frac{1}{2\cdot 70000\cdot 2{,}5}\left(1-\frac{100}{400}\right)\cdot 100 =$$

$$= 214\ \text{мкГн} \Rightarrow 230\ \text{мкГн}$$

Мостовой каскад необходим для получения переменного тока и напряжения, необходимых для работы лампы. Мостовая схема обычно работает при 200 Гц с 50-% рабочим циклом. В состав мостовой схемы также входит импульсный трансформатор, служащий для получения 4-кВ импульсов, которые требуются для поджига лампы. Схема запуска (см. рис. 3) включает в себя динисторную схему формирования импульсов поджига. Поджиг лампы активируется при включении транзистора MIGN, что заставляет цепь, соединенную с нижним выводом динистора, DIGN, разряжаться с постоянной времени, которая определяется значениями RIGN и CIGN. Когда напряжение на динисторе достигает порогового значения VDIAC, он пробивается, и на первичной обмотке поджигающего трансформатора TIGN начинают формироваться импульсы напряжения, что приводит к появлению на вторичной обмотке 4-кВ импульсов, используемых для поджига лампы.

На рисунке 4 показана полная схема, включающая понижающий преобразователь, мостовой каскад и их цепи управления. Ядром схемы является ИС управления HID-лампами IRS2573D, разработанная International Rectifier. В состав IRS2573D входят цепи управления понижающим преобразователем, мостовым каскадом, чувствительными элементами по току и напряжению лампы, а также контурами регулирования током и мощностью лампы. ИС включает в себя интегрированный 600-В драйвер верхнего ключа для управления затвором транзистора понижающего преобразователя (вывод BUCK) с циклической защитой от превышения тока (вывод CS).

Силовые низкоомные резисторы WSL

VISHAY

- диапазон номинальных сопротивлений от 1 Ом до 0.001 Ом
- металлизированный резистивный элемент с низким температурным коэффициентом
- сверхнизкая индуктивность, от 0.5 нГн до 5 нГн
- отличная частотная характеристика в диапазоне до 50 МГц
- низкая термоЭДС (менее 3 мкВ/°С)
- стойкость к перегрузкам не уступает проволочным резисторам

www.platan.ru
ПЛАТАН

• Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2 Тел. (495) 97 000 99 E-mail: platan@aha.ru
• Москва, 1-й Щемиловский пер., д. 16, стр. 2 Тел. (495) 744 70 70 E-mail: platan@platan.ru
• Санкт-Петербург ул.Зверинская, 44 Тел. (812) 232 88 36, 232 23 73 E-mail: baltika@platan.spb.ru

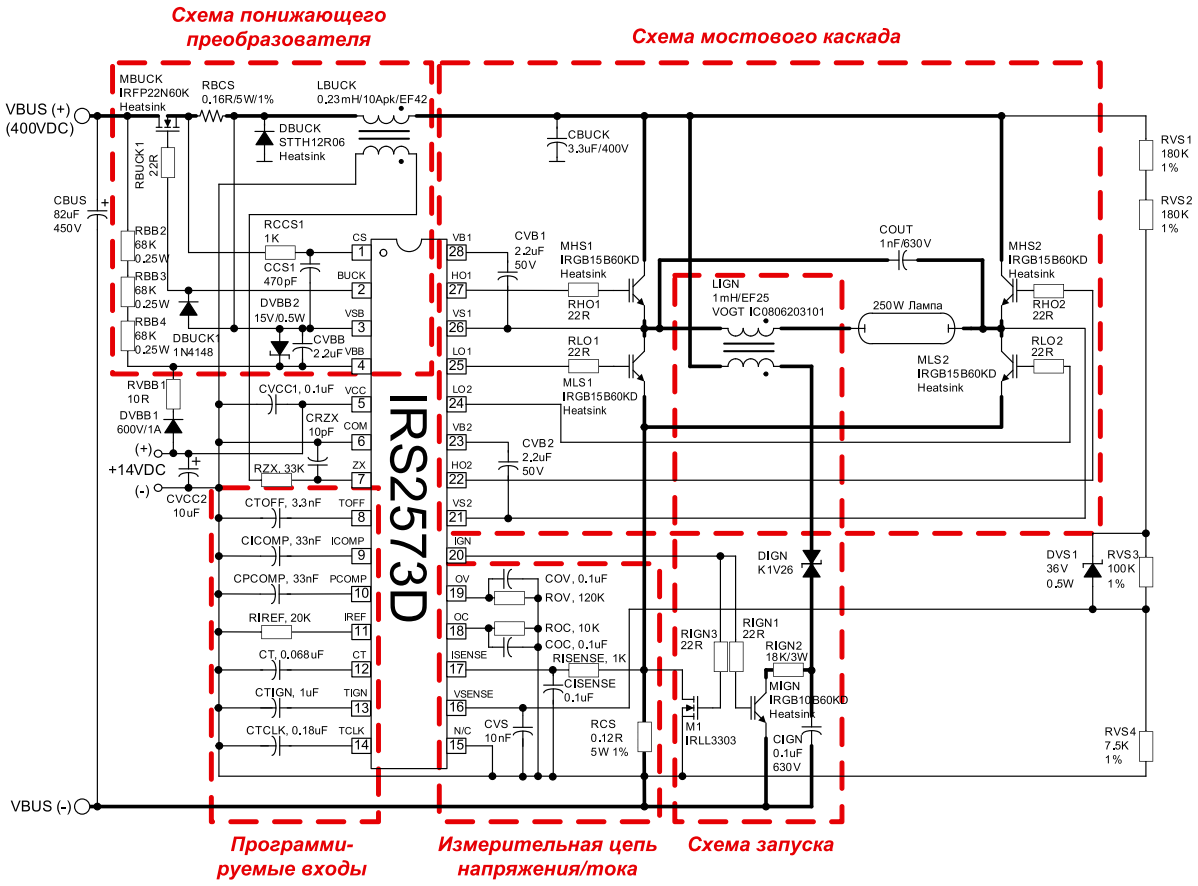
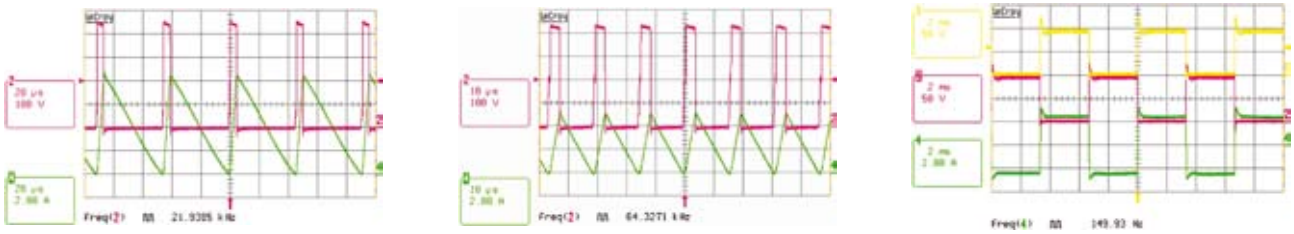


Рис. 4. ***Принципиальная схема понижающего преобразователя и мостового каскада***



а) *б)* *в)*

Рис. 5. ***Сигналы понижающего преобразователя, мостового каскада и лампы в режимах разогрева и работы***

Время включения понижающего преобразователя регулируется либо контуром регулирования мощности лампы (вывод PCOMP), либо контуром ограничения тока лампы (вывод ICOMP). Время выключения понижающего преобразователя в режиме критической проводимости регулируется током в обмотке, присоединенной ко входу детектора нулевого уровня (вывод ZX), а в режиме непрерывной проводимости — по входу синхронизации времени выключения (вывод TOFF). В состав ИС также входит интегрированный мостовой 600-В драйвер высокого и низкого ключей. Рабочая частота мостовой схемы регулируется по входу синхронизации (вывод CT). Регулирование мощности лампы в ИС достигается за счет измерения напряжения и тока лампы (выводы VSENSE и ISENSE) и последующего внутреннего перемножения измеренных значений с целью оценки мощности лампы.

Управление поджигом лампы осуществляется при помощи выхода синхронизации запуска (вывод IGN), который отвечает за включение и выключение внешнего MOSFET-транзистора (MIGN), регулирующего работу схемы запуска лампы (DIGN, CIGN, TIGN). Таймер поджига, устанавливающий времена включения и выключения схемы запуска, программируется извне (вывод TIGN). И, наконец, в состав ИС входит программируемый таймер сброса (вывод TCLK), позволяющий задавать допустимые интервалы времени перед безопасным выключением ИС в случае возникновения различных аварийных ситуаций. Такими ситуациями могут быть: неполадки с лампой во время поджига; неполадки с лампой в режиме разогрева; окончание срока службы лампы; нестабильность электрической дуги и разрыв/замыкание выходных цепей.

ФОРМЫ СИГНАЛОВ

На рисунке 5 показаны сигналы, полученные в ходе экспериментов. На рисунке 5а представлены сигналы напряжения (верхний график) и тока (нижний график) на управляющем транзисторе понижающего преобразователя, снятые в режиме разогрева лампы. Время включения преобразователя в этом режиме регулируется контуром ограничения тока. На рисунке 5б представлены сигналы напряжения (верхний график) и тока (нижний график) на управляющем транзисторе понижающего преобразователя, снятые в стационарном режиме работы. Преобразователь работал в режиме критической проводимости, а время его включения регулировалось контуром поддержания постоянной мощности. На рисунке 5в показаны выходные напряжения средних точек правой и левой частей мостовой схемы (верхний и средний графики) и переменный ток лампы (нижний график) в нормальных условиях работы лампы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рынок HID-ламп быстро развивается и имеет широкие перспективы. Применение HID-ламп для уличного освещения является наиболее привлекательным направлением, что связано с большим сроком службы и высокой яркостью таких ламп, а также со значительной экономией энергии, которую можно получить при использовании ЭПРА. Поскольку к HID-лампам предъявлены довольно строгие требования, а задачи, поставленные перед ЭПРА, весьма сложны, их разработка является непростой.

Обсуждаемая в данной статье схема приближена к стандартной 3-каскадной топологии. ИС управления с высокой интеграцией, входящая в состав рассматриваемого ЭПРА, значительно упрощает схему. Такой подход позволил повысить универсальность схемы, поэтому она может быть использована в качестве платформы для создания целого семейства ЭПРА для ламп разных типов и уровней мощности. Новая ИС IRS2573D включает в себя полный комплекс встроенных функций, необходимых для управления HID-лампами: регулирование ламп, их поджиг и защита от аварийных ситуаций. Поэтому данная ИС является идеальным выбором разработчиков, позволяя создать надежные ЭПРА и ускорять выход конечного продукта на рынок. Для получения более подробной информации посетите сайт International Rectifier www.irf.com.

НОВОСТИ СЕТЕЙ И ИНТЕРФЕЙСОВ

| ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕСПРОВОДНАЯ СЕТЬ. ПОСТУЛАТ 4 | Уровень шумов должен быть достаточно низким, чтобы влиять на качество приема.

Внешний высокочастотный шум обусловлен действием многочисленных источников, начиная от активности солнца и кончая бесчисленными цифровыми РЧ-устройствами и другими передающими устройствами. Фоновый шум устанавливает шумовой порог, ниже которого полезный сигнал будет потерян. Шумовой порог меняется с частотой.

Обычно шумовой порог ниже порога чувствительности приемника, поэтому он не имеет большого значения при проектировании. Однако если в канале много помех, то в расчетах используется именно шумовой порог, а не чувствительность. Если возникают сомнения относительно качества канала, следует провести измерения, эти меры окупятся. В современном мире антенны повсюду: на крышах и стенах зданий, рекламных щитах, водонапорных башнях, дымовых трубах, некоторые даже стилизованы под деревья. Многие другие источники шума не так очевидны.

www.russianelectronics.ru