

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД СОПРЯЖЕНИЯ ДИММЕРОВ НА ТРИАКЕ СО СВЕТОДИОДАМИ

ДЖЕЙМС ПАТТЕРСОН (JAMES PATTERSON), инженер по применению, National Semiconductor

По всему миру установлено более двух миллионов диммеров на базе триака, поэтому важно обеспечить их корректное сопряжение со схемами управления светодиодным освещением. В статье обсуждается метод формирования динамического тока удержания для триака, который позволяет улучшить качество работы и повысить эффективность системы. Статья представляет собой перевод [1].

На протяжении многих десятков лет основой осветительной системы были лампы накаливания, и за последние 50 лет диммеры с фазовой отсечкой стали основными устройствами для управления яркостью освещения. Известно, что при сопряжении обычных диммеров с фазовой отсечкой по переднему фронту или диммеров на базе триака (симметричного тиристора) с драйверами светодиодов, возникают трудности. Осложняет дело то, что характеристики каждого диммера могут существенно отличаться. Хотя появились более современные диммеры с отсечкой фазы по заднему фронту с лучшими

характеристиками, обычные диммеры с отсечкой фазы по переднему фронту настолько широко распространены, что производители светодиодного освещения не могут игнорировать этот факт. Поэтому первостепенное значение приобретает совместимость новых светодиодных систем с более старыми устройствами для регулировки яркости систем освещения.

ДИММЕРЫ С ОТСЕЧКОЙ ФАЗЫ ПО ПЕРЕДНЕМУ ФРОНТУ

Обычные диммеры с отсечкой фазы по переднему фронту содержат триак (симметричный тиристор), диак

(динистор) и RC-цепь (см. рис. 1). С помощью потенциометра регулируют сопротивление, в результате чего постоянная времени RC-цепи определяет задержку момента включения триака или угол отпирания. Интервал времени, когда триак находится во включенном состоянии, является углом отсечки (фазой проводимости), θ . Полученная в результате форма сигнала напряжения является синусоидой с отсечкой фазы.

Этот метод регулировки яркости хорошо работает с лампами накаливания, которые представляют собой простую резистивную нагрузку. Усредненное по времени напряжение на сопротивлении нити уменьшается при уменьшении угла отсечки, что обеспечивает гладкую характеристику регулировки яркости.

Триак остается в проводящем состоянии, пока величина тока, протекающего через него, превышает ток удержания. Нагрузка в виде лампы накаливания легко соответствует этим условиям, поскольку мощность лампы может быть разной — скажем, 40, 60 и 75 Вт.

СОВМЕСТИМОСТЬ СО СВЕТОДИОДАМИ

К сожалению, метод регулировки яркости с отсечкой фазы плохо работает в случае систем твердотельного освещения. Светодиод — это полупроводниковый прибор, регулировка его светового выхода происходит путем изменения прямого тока. Для питания светодиодов высокой яркости, которые могут потреблять ток от сотен миллиампер до нескольких ампер, почти всегда используется импульсный преобразователь — это позволяет обеспечить высокую эффективность системы.

В обычном импульсном преобразователе выход стабилизирован

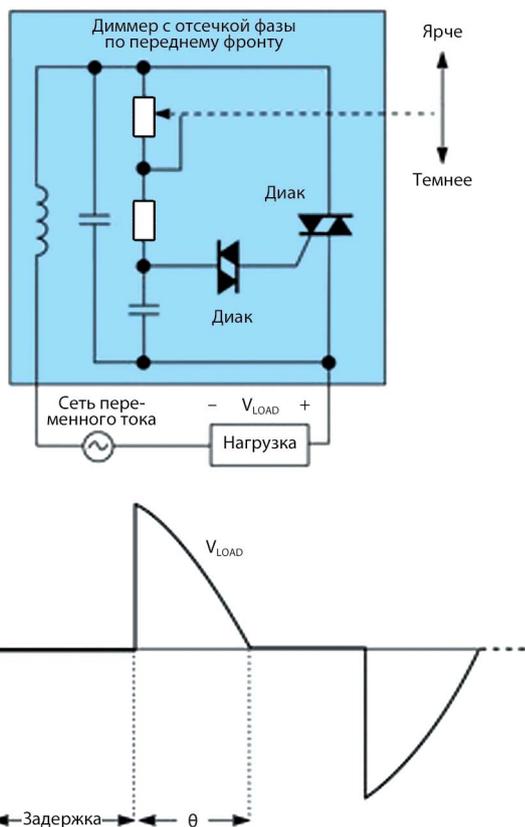


Рис. 1. Обычный диммер с отсечкой фазы по переднему фронту содержит триак, диак и RC-цепь

независимо от величины среднего входного напряжения, что говорит о необходимости декодирования сигнала с фазовой отсечкой, поступающего от диммера. Декодированная информация может быть использована для управления источником опорного напряжения для стабилизации выходного напряжения. Для разработчиков в области силовой электроники эта задача относительно проста, однако имеются и сложности, не заметные на первый взгляд.

В случае использования драйвера светодиодов, очевидно, что нагрузка больше не является чисто резистивной. Преобразователь представляет собой реактивную нагрузку для диммера с отсечкой фазы из-за наличия емкостных и индуктивных компонентов в схеме. Из-за этого у обычного преобразователя возникают проблемы, связанные с высокой скоростью нарастания переднего фронта напряжения с фазовой отсечкой. Для уменьшения эффекта паразитного звона, который появляется из-за быстрого переднего фронта сигнала, используют обычно сглаживающую RC-цепочку. Однако такой подход всегда сопровождается дополнительными потерями мощности.

Еще одна проблема возникает из-за того, что эффективность современных светодиодов гораздо выше эффективности ламп накаливания, которые в виде тепла теряют более 75% своего светового выхода в ИК-спектре. В то же время светодиоды генерируют большую часть своего светового выхода в видимом диапазоне. Новейшие светодиоды высокой яркости в 5–6 раз более эффективны аналогичных ламп накаливания. Это означает, что современные светодиодные лампы замены 60-Вт ламп накаливания могут иметь мощность всего 10–12 Вт. Такая высокая энергоэффективность замечательна с точки зрения потребителей, однако для диммеров с отсечкой фазы в этом случае необходимо выполнить требования по минимальной величине тока удержания.

При уменьшении яркости светодиодного светильника может произойти сбой запуска триака, т.е. его ток будет недостаточно высок во время всей фазы проводимости (угла отсечки). Поскольку сбой запуска обычно происходит несимметрично в последовательности выпрямленных полупериодов, величина декодированного угла может существенно меняться. Эти колебания проявляются в виде мерцания света из-за низкой частоты следования. Чтобы предотвратить такое мерцание света и обеспечить надежный запуск триака, преобразователь вынужден израсходовать

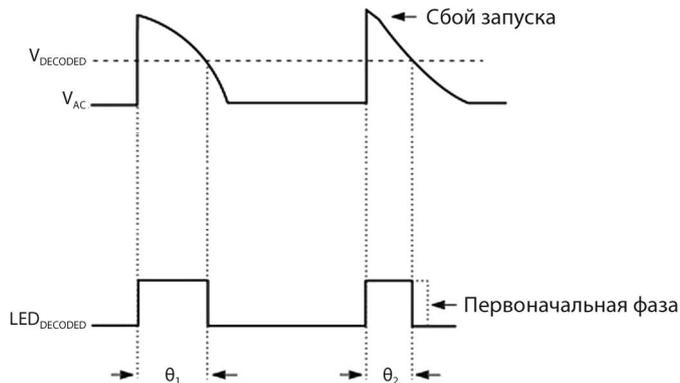


Рис. 2. Сбой запуска диммера с отсечкой фазы в конце угла отсечки

дополнительное количество энергии.

ПОТЕРЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Дополнительная рассеиваемая мощность противоречит основной цели преобразователя: обеспечить эффективное и высококачественное преобразование энергии. Поэтому задача разработчика становится двойной: гарантировать эффективное преобразование энергии в цепи от сети переменного тока до светодиодной нагрузки и обеспечить правильное функционирование диммера с отсечкой фазы, минимизируя при этом дополнительные потери мощности.

Новые нормативные правила по обеспечению качества энергии для светодиодных систем требуют коррекции коэффициента мощности. Коэффициент мощности — это параметр, отражающий качество преобразования энергии от входного до выходного каскада преобразователя. Если входной ток свободен от искажений и находится точно в фазе с входным напряжением, то коэффициент мощности равен единице. Любой сдвиг фазы или искажение входного тока, обусловленное влиянием реактивных элементов и коммутационных помех, уменьшает коэффициент мощности.

Поскольку в большинстве светодиодных систем используются методы коррекции коэффициента мощности, входной ток обычно достаточно хорошо отслеживает входное напряжение, что означает появление сбоя запуска

диммера с отсечкой фазы в конце угла отсечки, где напряжение и ток уменьшаются (см. рис. 2). Этот сбой запуска триака определяет изменение угла декодирования, в зависимости от того, в какой момент он произошел.

ПРОСТЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОКА УДЕРЖАНИЯ

Простым способом, помогающим обеспечить требование по минимальному току удержания, является введение нагрузочного сопротивления, которое гарантирует минимальный входной ток во время фазы проводимости. Этот метод крайне неэффективен. В случае замены лампы для потолочного светильника мощностью 100 Вт, когда нужны только светодиоды мощностью всего 15 Вт, такой фиксированный ток удержания может вызвать падение эффективности на 10–20%.

Более сложным подходом является введение линейной нагрузки во время каждого цикла, т.е. линейное повышение добавочного тока удержания во время фазы проводимости до тех пор, пока он не достигнет максимума. Этот метод позволяет существенно уменьшить спад эффективности, но его трудно реализовать



**ООО
СМП**



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

**электронные
для поверхностного
монтажа**

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

Сверхминиатюрный часовой резонатор 3,2x1,5 мм
Кварцевые резонаторы и генераторы 0532



Москва, ул. Балтийская, 13; e-mail: sale@smd.ru
Тел.: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8780

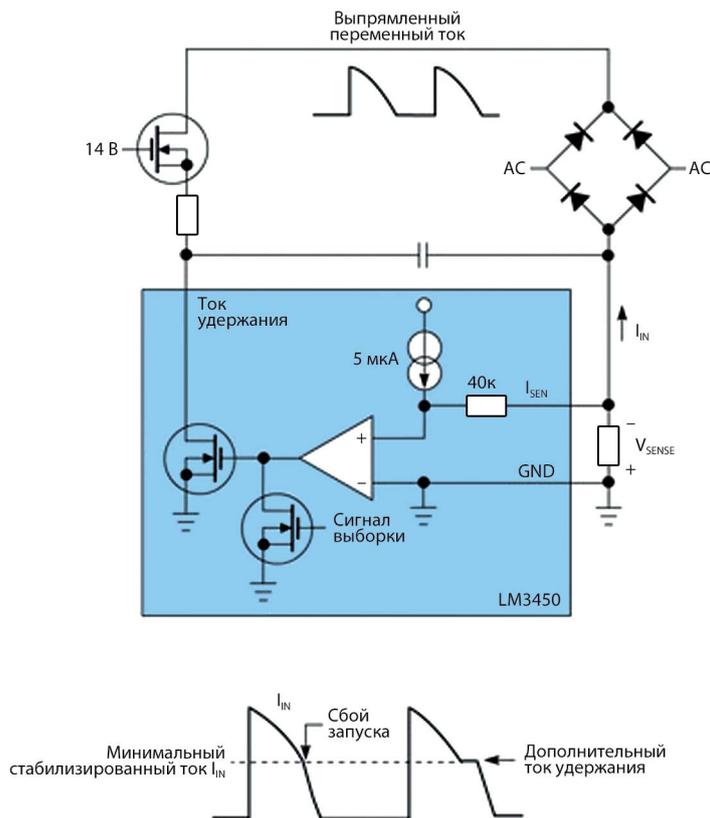


Рис. 3. При схеме динамического удержания не потребляется дополнительный ток

таким образом, чтобы область надежной работы схемы была достаточно большой. Например, в светодиодном потолочном светильнике мощностью 15 Вт с универсальным входом (расчитанным на переменное напряжение 85–305 В), наихудшие условия для тока удержания возникают при напряжении 305 В, когда входной ток минимален. Чтобы триак был включен в течение всей фазы проводимости при переменном напряжении 305 В, нужно обеспечить дополнительный ток удержания. Поскольку это универсальная схема, ток удержания, который добавляется при напряжении 85 В, был бы примерно в четыре раза больше, чем нужно — отсюда возникают значительные потери энергии.

ДИНАМИЧЕСКОЕ УДЕРЖАНИЕ

Наилучшим способом максимального увеличения эффективности системы является стабилизация минимального тока на входе. При таком методе дополнительный ток не потребляется, когда входной ток находится выше точки стабилизации. Ниже точки стабилизации схема потребляет ток, достаточный для поддержания минимальных требований по току удержания. В контроллере LM3450 реализован подход, называемый методом динамического удержания (см. рис. 3). Токочувствительный резистор, вклю-

ченный между общей точкой диодного моста и землей, позволяет измерять входной ток. В зависимости от напряжения на этом резисторе ток на выводе Hold контроллера линейно меняется, поддерживая стабилизированный входной ток и сводя к минимуму дополнительное рассеивание мощности.

В конечном итоге динамическое удержание необходимо для того, чтобы гарантировать точное декодирование фазового угла, что требуется для формирования точной команды управления яркостью. Идея заключается в необходимости исключить сбой запуска триака в процессе декодирования, чтобы фаза не менялась случайным образом, вызывая мерцание светодиодов. Можно заметить, что на практике нет необходимости декодировать фазу каждый цикл. Если обеспечить в системе режим выборки, то эффективность можно еще увеличить. При таком подходе дополнительный ток удержания нужен только во время выборки, когда происходит декодирование фазы. Во время невыбранных циклов дополнительный ток не нужен.

В контроллере LM3450 использован такой метод декодирования фазы с выборкой, что позволяет обеспечить динамическое удержание только в

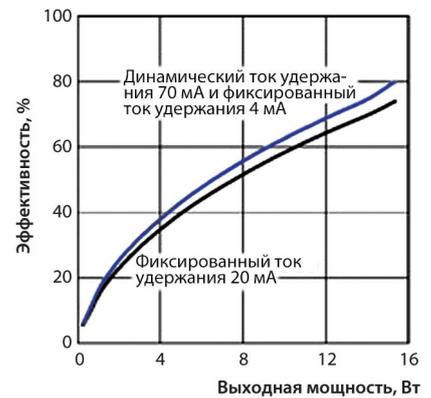


Рис. 4. Ток удержания 70 мА обеспечивает полный диапазон регулировки яркости более чем для 20 диммеров и увеличивает эффективность на 6%

фазе выборки. Чтобы подтвердить правомочность такого подхода, было реализовано приложение для потолочного 120-В светильника мощностью 15 Вт с фиксированным током величины 20 мА и с динамическим током удержания 70 мА (см. рис. 4). Динамическое удержание тока 70 мА обеспечивает полный диапазон регулировки яркости при совместном использовании более чем с 20 моделями диммеров и позволяет увеличить эффективность системы на 6%.

Разработчику, использующему такой метод, придется решить еще одну сложную проблему. В предыдущем анализе было проигнорировано влияние входного фильтра электромагнитных помех. Каждый преобразователь требует применения фильтра, чтобы система могла соответствовать требованиям стандартов по кондуктивным и наведенным помехам. К сожалению, введение реактивных компонентов в выпрямительном мосте со стороны сети переменного тока искажает результаты измерения входного тока на стороне постоянного тока. Эта проблема усугубляется в конце угла отсечки, когда dV/dt (скорость изменения напряжения) для входного напряжения максимальна. В этой точке преобразователь потребляет значительную часть тока от конденсатора фильтра электромагнитных помех, и ток триака оказывается меньше, чем ожидалось. Чтобы увеличить точность измерения тока, минимальная величина стабилизированного входного тока должна быть увеличена, а емкость фильтра электромагнитных помех минимизирована.

ЛИТЕРАТУРА

1. James Patterson. *Efficient method for interfacing TRIAC dimmers and LEDs// www.edn.com*