

Согласованная система защиты цепей

для светодиодной техники

Максим Коротков,
support@circuitprotection.ru

Использование согласованной системы устройств для защиты светодиодов от короткого замыкания, перенапряжения и перегрузок цепей позволяет разработчикам уменьшить количество компонентов изделия, обеспечить его безопасность и надежность, соответствие требованиям регулятивных органов, а также снизить затраты на гарантийное обслуживание и ремонт.

Светодиодные технологии быстро развиваются благодаря более совершенной конструкции микросхем и материалов, что способствует разработке более ярких, энергоэффективных и долговечных источников света, спектр практического применения которых довольно широк. Несмотря на растущую популярность технологии, производители светодиодной осветительной техники сталкиваются с необходимостью решить проблему повышенной чувствительности светодиодных источников света. Избыточное тепло или ненадлежащее применение может существенно повлиять на их срок службы и эксплуатационные характеристики.

Самовосстанавливающиеся полимерные устройства с положительным температурным коэффициентом (РРТС) демонстрируют свою эффективность во многих сферах применения светодиодного освещения. Как и обычные плавкие предохранители, они ограничивают ток после превышения заданных пределов. В то же время, в отличие от плавких предохранителей, устройства РРТС способны восстанавливаться после устранения неполадки и восстановления питания.

Разнообразные устройства защиты от перенапряжения, в т.ч. металлооксидные варисторы (MOV), устройства защиты от электростатических разрядов (ESD), а также усовершенствован-



Коротков Максим,

магистрант СПбГЭТУ («ЛЭТИ») по направлению «Электроника и микроэлектроника». Профиль: «Нано- и микросистемная техника». Инженер по применениям ЗАО «Конкур Электрик»

ные полимерные диоды Зенера применяются в согласованной схеме с устройствами РРТС для улучшения эксплуатационных характеристик и повышения надежности светодиодов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Осветительный прибор, использующий лампу накаливания 60 Вт, излучает около 900 лм света и рассеивает 3 Вт за счет явления теплопроводности. Для сравнения, при использовании обычных светодиодов постоянного тока в качестве источника света для достижения тех же 900 лм потребуется около 12 светодиодов. Если V_F (прямое напряжение) равно 3,2 В, а ток — 350 мА, входная мощность на светодиодном осветительном приборе рассчитывается следующим образом:

$$P = 12 \cdot 3,2 \text{ В} \cdot 350 \text{ мА} = 13,4 \text{ Вт.}$$

Приблизительно 20% входной мощности преобразуется в свет, а 80% — в тепло; в зависимости от различных факторов, это связано с неравномерностями подложки, с эмиссией фононов, связующих и используемых материалов и т.д.

Из всего выделяемого светодиодом тепла 90% переносится за счет теплопроводности. Из табли-

цы 1 видно, что основным механизмом переноса тепла от места соединения светодиода является теплопроводность, поскольку конвекция и излучение составляют всего около 10% в общем объеме теплопередачи. Например, светодиод может выделить почти 10,72 Вт тепла ($13,4 \text{ Вт} \cdot 0,80$). Из него соединение выделяет 9,648 Вт ($10,72 \text{ Вт} \cdot 0,90$) тепла за счет теплопроводности.

Без соответствующего регулирования температуры тепло может снижать срок службы светодиода и влиять на излучаемый цвет. К тому же, поскольку драйверы светодиодов являются кремниевыми устройствами, они могут внезапно выйти из строя. Это обстоятельство вызывает необходимость применять отказоустойчивую резервную защиту от перенапряжения.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ЭФФЕКТ СОЕДИНЕНИЯ

Оптические свойства светодиода существенно изменяются в зависимости от температуры. Количество испускаемого диодом света уменьшается по мере повышения температуры соединения и, в некоторых технологиях, длина излучаемой волны изменяется вместе с температурой. Если ток возбуждения и температуру сое-

Табл. 1. Рассеивание тепла различными источниками света

Источник света	КПД	Светоотдача, лм/Вт	Тепловые потери, %		
			Излучение	Конвекция	Теплопроводность
Лампа накаливания	2	15	90	5	5
Люминесцентная лампа	15	90	40	40	20
Разрядные лампы высокой интенсивности	20	100	90	5	5
Светодиодные светильники	20	75	5	5	90

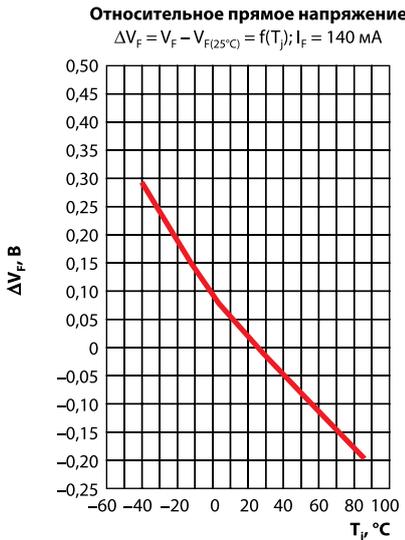


Рис. 1. Прямое напряжение падает по мере повышения температуры соединения

динения не регулировать должным образом, эффективность светодиода может быстро снизиться, привести к уменьшению яркости и сокращению срока службы.

Другой характеристикой светодиода, связанной с температурой соединения, является прямое напряжение светодиода (см. рис. 1). Если для регулирования тока возбуждения используется только резистор цепи смещения, V_F падает по мере повышения температуры и увеличения тока управления. Это может привести к тепловому уходу, особенно для светодиодов высокой мощности, и к выходу компонента из строя. Обычно на практике для регулирования температуры соединения светодиода монтируются на печатных платах с металлическим сердечником, повышающим скорость теплопередачи.

Переходные процессы и перепады напряжения в сетях электропитания также могут снизить срок службы светодиода. Многие драйверы светодиодов восприимчивы к повреждениям, возникающим в результате ненадлежащих уровней напряжения постоянного

тока и полярности. Выходы драйверов светодиодов могут также повредиться или разрушиться от короткого замыкания. Большинство драйверов светодиодов имеет встроенные предохранительные функции, в т.ч. тепловую защиту, а также функцию обнаружения разомкнутого или замкнутого накоротко светодиода. Вместе с тем, могут понадобиться дополнительные устройства защиты от перегрузок по току для предохранения интегральных микросхем и прочих чувствительных электронных компонентов.

ЗАЩИТА ВХОДА И ВЫХОДА ДРАЙВЕРА СВЕТОДИОДА

Светодиоды управляются постоянным током, причем прямое напряжение варьируется от менее чем от 2 до 4,5 В, в зависимости от цвета и тока. В прежние времена для ограничения тока управления светодиодами использовались резисторы, однако расчет светодиодной цепи на основе стандартного прямого напряжения, заданного производителем, может привести к перегреву драйвера светодиода.

Перегрев происходит, когда падение прямого напряжения на светодиоде уменьшается до величины, которая значительно меньше стандартного заданного значения. В этом случае рост напряжения на драйвере светодиода может привести к увеличению суммарной мощности рассеивания корпуса драйвера.

В настоящее время в большинстве светодиодных приложений используются устройства преобразования электроэнергии и управления, обеспечивающие взаимодействие с различными источниками питания, например с сетью переменного тока, солнечной панелью или батареей для регуляции мощности, рассеиваемой от драйвера светодиода.

Защита этих интерфейсных устройств от перегрузки по току и от перегрева часто выполняется с помощью самовосстанавливающихся устройств PPTC.

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРУЗКИ ПО ТОКУ

Устройство PPTC при нормальных рабочих токах имеет низкое значение сопротивления. В случае перегрузки по току устройство переключается в состояние с высоким сопротивлением. Эта мера позволяет защитить оборудование при неисправности, уменьшив протекающий ток. Устройство остается заблокированным до устранения неполадки. После восстановления питания цепи устройство PPTC возобновляет протекание тока, восстанавливая нормальную работу цепи.

Устройства PPTC не могут предотвратить неисправность, но они быстро реагируют, ограничивая ток до безопасного уровня и препятствуя повреждению последующих компонентов. Кроме того, малые габариты устройств PPTC облегчают их применение в условиях ограниченного пространства.

На рисунке 2 представлена согласованная схема защиты импульсных источников питания (SMPS), а также входов и выходов драйвера светодиода. Как показано в левой части рисунка, устройство PPTC, например PolySwitch™, можно установить последовательно с силовым входом для защиты от повреждений, вызванных коротким замыканием, перегрузкой цепей или неправильной эксплуатацией. Кроме того, установленный на входе металлооксидный варистор (MOV) обеспечивает защиту от перенапряжения в модуле светодиода.

Устройство PPTC можно также установить после варистора MOV. Многие производители оборудования предпочитают схемы защиты, сочетающие восстанавливающиеся устройства PPTC с предохранительной защитой на входе. В данном примере R1 является балластным резистором, применяемым в сочетании со схемой защиты.

Драйверы светодиодов могут повредиться из-за неправильно установленных уровней напряжения постоянного тока и полярности. Выходы также повреждаются или разрушаются от случайного

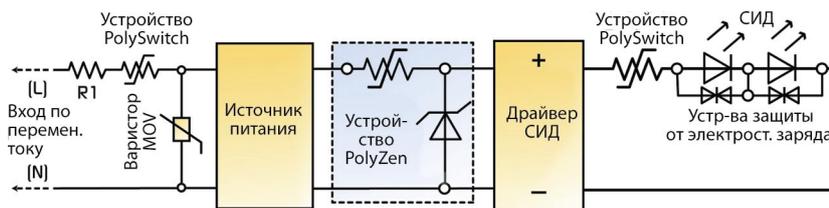


Рис. 2. Согласованная схема защиты с использованием устройств PPTC PolySwitch и варисторов MOV для импульсных источников питания (слева), а также устройств PolyZen, PolySwitch и устройства защиты от электростатических разрядов для входов и выходов драйвера светодиода (справа)

короткого замыкания. Запитанные каналы также чувствительны к возникающему в переходных процессах перенапряжению, в т.ч. к импульсам электростатического разряда.

В правой части рисунка 2 показана согласованная схема защиты цепи драйвера и массива светодиодов. Установленное на входе драйвера устройство PolyZen™ выполняет также функцию ограничительного диода, позволяя разработчику избежать необходимости решать задачу об отводе значительного количества тепла. Разработанная компанией Tyco Electronics уникальная полимерная конструкция с прецизионным диодом Зенера обеспечивает защиту от переходных процессов, от напряжения обратного смещения и от перегрузки по току в одном компактном корпусе.

Как видно из рисунка 3, устройство PolySwitch PPTC на выходе драйвера обеспечивает защиту от повреждения из-за случайного короткого замыкания и прочих аномальных нагрузок. Чтобы полностью использовать возможности устройства PolySwitch, его термически связывают с металлическим сердечником печатной платы или с теплоотводом светодиода. Для предотвращения повреждения от электростатического разряда малогабаритные устройства PESD с низкой емкостью (обычно 0,25 пФ) устанавливаются параллельно светодиодам.

СООТВЕТВИЕ КЛАССУ 2 СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Использование источника питания класса 2 в системе освещения является важным фактором снижения затрат и повышения гибкости системы. В состав источников питания, имеющих определенные ограничения, — трансформатора или аккумулятора — могут входить защитные устройства, если их применение не ограничивает выходную мощность источников питания класса 2.

Источники питания без собственных ограничений имеют дискретное защитное устройство, которое автоматически прерывает выходной сигнал, если ток и мощность достигают заданного предела.

Разнообразные защитные устройства обеспечивают работу источников питания класса 2 для светодиодного осветительного оборудования. Из рисунка 3 видно, как метод согласованной схемы защиты с варистором MOV на входе переменного тока и устройство PolySwitch на ответвлении выходной цепи позволяют производителям обеспечить соответствие требованиям UL1310 п. 35.1 испытаний на перегрузку для переключателей и управляющих устройств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Самовосстанавливающиеся устройства PPTC способствуют защите от повреждений, вызываемых как перегрузками по току, так и сбоями при перегреве осветительного светодиодного оборудования. Устройства защиты от перенапряжения с металлооксидными варисторами позволяют производителям обеспечить соответствие ряду требований в области безопасности и возможность эксплуатации при больших токах, требуемое поглощение рассеиваемой мощности, а также быструю реакцию на перенапряжения, возникающие при переходных процессах.

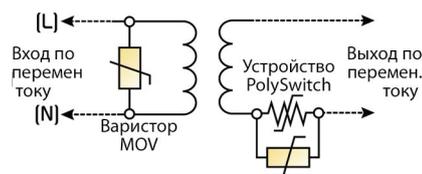


Рис. 3. Согласованная схема защиты источников питания класса 2

Устройства защиты PESD способствуют защите от электростатических разрядов и обеспечивают низкую емкость, тогда как устройства PolyZen компании Tyco Electronics обеспечивают защиту от повреждений, вызванных использованием ненадлежащих источников питания, а также подавление перенапряжений при переходных процессах, защиту от напряжения обратного смещения и от повреждений от перегрузок по току.

ЛИТЕРАТУРА

1. Продукция Tyco Electronics (Raychem Circuit Protection). Применение в светодиодном освещении//Полупроводниковая светотехника. 2009. №1.
2. Raychem. Circuit Protection Products Catalog 2009.
3. К. Курышев. Элементы защиты по току и напряжению Raychem Circuit Protection в телекоммуникационных цепях. Пьеса о защите с оптимистическим финалом//Компоненты и технологии. 2005. №4.
4. К. Курышев Все, что вы хотели узнать о PolySwitch, но боялись спросить//Компоненты и технологии. 2006. №3.
5. К. Курышев, М. Коротков. PolySwitch серии LVR против перегрузок в цепях с напряжением 220 В//Компоненты и технологии. 2008. № 3.
6. www.circuitprotection.ru.

Tyco Electronics Raychem Circuit Protection

Первый русскоязычный сайт,
посвященный вопросам защиты по току
и напряжению www.CircuitProtection.ru

ЗАЩИТА ПО ТОКУ

- самовосстанавливающиеся предохранители PolySwitch™
- одноразовые предохранители (SMT)

ЗАЩИТА ПО НАПРЯЖЕНИЮ

- газоразрядники
- тиристорные элементы SiBar™
- электростатическая защита PESD
- варисторы

КОМБИНИРОВАННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЩИТЫ

- 2Pro™, AC2Pro
- PolyZen™

В настоящее время компания Tyco Electronics уделяет пристальное внимание вопросам защиты светодиодной продукции. Благодаря элементам PolySwitch, AC2Pro, PolyZen, PESD возможно осуществлять комплексную защиту источника питания, драйвера и самих светодиодных линеек как по напряжению и току (в т.ч. КЗ), так и от перегрева и статического пробоя.

ЗАЩИЩАЙТЕСЬ!

ЗАО «Конкур электрик», 197342, Санкт-Петербург,
ул. Белоостровская, д. 28, офис 428
Тел.: (812) 441-36-38, 441-36-39, 496-20-63
Факс (812) 441-34-27
105484, Москва, ул. 16-я Парковая, д. 21, корп. 1, офис 413.
Тел./факс (495) 755-93-29

E-mail: info@konkurel.ru
www.CircuitProtection.ru