

# Температурная защита драйверов светодиодов

на примере Recom RCD

**При более высокой эффективности по сравнению с другими источниками света, светодиодные системы имеют явный недостаток: надежность их компонентов сильно зависит от того, как организована защита от перегрева, считает Стив Робертс (Steve Roberts).**

Типичные светодиоды в десять раз эффективнее традиционных ламп накаливания, но при этом, не будучи закрепленными на мощном радиаторе, могут преждевременно выходить из строя. На интуитивном уровне считается, что более экономичным полупроводниковым источникам света необходим более серьезный теплоотвод, чем традиционным. Чтобы разобраться в «температурных проблемах», обсудим для примера два прожектора, один из которых выполнен на обычной линейной галогенной лампе, а второй — на массиве светодиодов. Затем рассмотрим способы улучшения схем управления светодиодами, которые смогут предохранить от преждевременного отказа как драйверы, так и полупроводниковые излучатели. Работоспособные системы температурной защиты должны создаваться для всех частей осветительной системы, включая схемы управления.



**Рис. 1.** Сравнение двух прожекторов:  
а) использует галогенный источник света;  
б) светодиодный

Примем, что оба прожектора (рис. 1) имеют одинаковую мощность излучения 5 Вт.

При этом условия галогенный прожектор потребляет 60 Вт электрической энергии, в то время как светодиодному необходимы только 15 Вт. Светодиоды более эффективны (практически в 10 раз) при преобразовании электрической энергии в видимый свет, однако значительно чувствительнее к повышенной температуре, при которой они «осуществляют» это преобразование.

Для галогенных светильников типичные температуры корпуса лампы — +300–400 °С. Для светодиодных максимальная температура перехода — +115 °С, корпуса — +90 °С. Важно не дать перегреться светодиоду по нескольким соображениям. Во-первых, световая эффективность снижается при повышении температуры, которая зависит от состояния как окружающей среды, так и конструкции теплоотвода. Во-вторых, у светодиодов присутствует отрицательный температурный коэффициент прямого напряжения. Другими словами, при повышении температуры происходит уменьшение прямого напряжения светодиодов. Типовое значение этого коэффициента изменяется от –3 до –6 мВ/К, вследствие чего прямое напряжение типичного светодиода может составлять 3,3 В при +25 °С и не более 3 В при +75 °С. Если источник питания светодиодов не справляется с уменьшением напряжения на всей цепочке и продолжает корректно поддерживать их ток, это может привести к перегрузке и перегреву, что еще более снизит прямое напряжение и повлечет за собой неконтролируемый рост температуры. Такое явление особенно часто наблюдается у недорогих светодиодных светильников, где ток регулируется обычным резистором.

В таком случае сочетание допусков на значение напряжения источника питания, на прямое напряжение светодиодов при их производстве и температурного коэффициента может неожиданно нарушить баланс между нормальным функционированием и саморазрушением.

При достаточно надежной конструкции светодиодного светильника можно пренебречь уменьшением выхода света при кратковременном перегреве, а также риском температурного разрушения, но продолжительное повышение температуры в любом случае надо рассматривать как серьезную угрозу.

## Механизмы отказа

Существуют несколько механизмов, которые при повышении температуры могут привести к резкому уменьшению времени жизни изделия. Среди изученных — изменение механических напряжений внутри излучающего кристалла и светодиода, происходящее под действием влаги и окисление, возникающее вследствие нарушения герметичности закрывающего слоя (например, деградации эпоксидной смолы, коррозии контактов или расслоения на границах). К ним же относятся ускорение отказов полупроводников, происходящее из-за роста количества дислокаций в материале кристалла, перемещение носителей заряда, ведущее к появлению горячих точек на переходах, а также диффузия металла на электрических контактах, которая в конце концов может привести к их неработоспособности.

Производители светодиодов, пытаясь уменьшить влияние перечисленных механизмов отказов, тратят много времени на совершенствование производственного процесса. Вообще-то коэффициент выхода из строя типичных светодиодов постепенно увеличивается с ростом температуры. Но в зависимости от того, насколько хорошо оптимизирован технологический процесс, этот коэффициент может иметь существенно больший наклон и даже резкую точку перегиба, связанную с отказами весьма значительного числа компонентов. Но для всех светодиодов справедливо: температура драматически уменьшает время их жизни.

Самой частой причиной отказа светодиодов является механическое давление. Когда светодиод нагревается до рабочей температуры, то происходит размягчение герметизирующего вещества. Это позволяет электрическим контактам или другим соединительным проводам слегка смещаться. При охлаждении светодиода эпоксидная смола вновь твердеет и механически давит на проволочные соединения, что постепенно приводит к нарушению контактов. Сейчас на рынке есть светодиоды, выполненные без применения соединительных проводников, что устраняет подобные проблемы.

Аналогичные процессы происходят и в паяных соединениях между светодиодом и поддерживающей печатной платой, когда повторяющиеся циклы нагрева и охлаждения приводят к появлению трещин в пайках, которые, продолжая распространяться, постепенно приводят к нарушению контактов. Именно поэтому наиболее часто встречаются отказы типа разрыва цепи. Лучший способ избежать этой проблемы — обеспечить

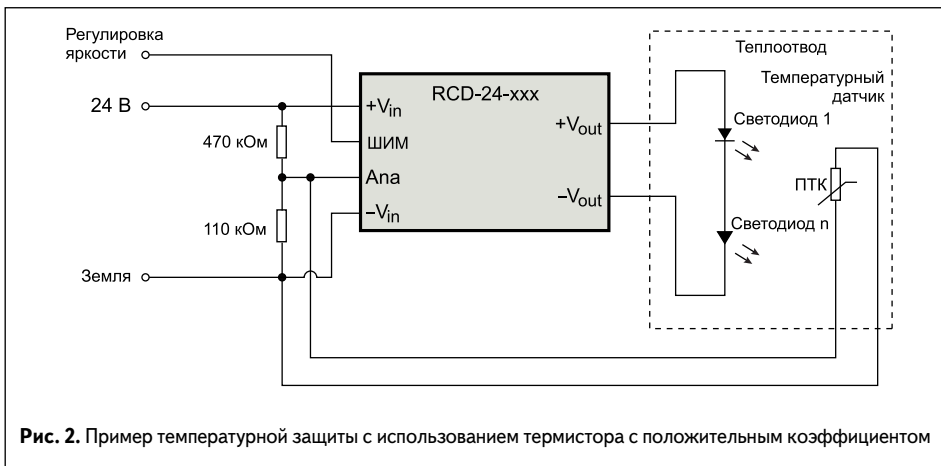


Рис. 2. Пример температурной защиты с использованием термистора с положительным коэффициентом

минимальную разницу между рабочей температурой и температурой окружающей среды.

Хотя мощные светодиоды являются более эффективными, чем многие традиционные формы освещения, но их мощность излучения по-прежнему ограничена. Это создает соблазн для получения максимального выхода света эксплуатировать их на максимальной яркости. Как было показано, если не принято никаких мер для охлаждения светодиода, такая стратегия может являться опасной. Известны несколько случаев, когда дизайнеры создавали великолепные, элегантные корпуса лишь для того, чтобы убедиться, что отвод тепла недостаточен или движение воздуха слишком ограничено. Тем не менее, даже хорошо разработанный светильник для светодиодов при эксплуатации может отказать.

Производители светодиодных светильников не контролируют их установку. А проблемы могут возникнуть при недостаточном движении воздуха (например, лампа установлена в углублении подвесного потолка с изоляцией минеральной ватой) или повышенной температуре окружающей среды (например, светодиодная арматура устанавливается вертикально на стену, и самый верхний излучатель нагревается всеми, находящимися ниже). В этом случае возможен перегрев и отказ.

Решением проблемы является добавление в схему управления светодиодом температурной защиты. Если по какой-то причине температура излучателя повышается, то для уменьшения рассеиваемой мощности и ее поддержания ниже запланированного максимума уменьшается его ток. Одним из простейших способов добавления температурной защиты является использование в схеме драйвера светодиода термистора с положительным температурным коэффициентом (ПТК).

### Схема защиты с помощью термистора

На рис. 2 приведен пример использования драйвера светодиода RCD компании Rescom. При подъеме температуры выше некоторого порога происходит резкое увеличение сопротивления резистора с ПТК, что приводит к быстрому уменьшению тока драйвера (рис. 3). Приятной особенностью микросхемы серии RCD является то, что она имеет два входа для

регулировки яркости, поэтому излучатель может, как обычно, управляться через ШИМ-вход, в то время как для слежения за температурой используется другой.

Выбирая подходящую схему включения термистора и резистора, можно установить точку выхода из области допустимых значений температуры на любую выбранную величину. Кроме того, при приближении светодиода к максимальной рабочей температуре, схема плавно уменьшит яркость светодиода, и снижение световой эффективности не будет сразу заметно. Это более комфортно, чем грубые решения, использующие ключ ограничения температуры, который просто отключает ток светодиода на время, пока он не охладится. Часто при перегреве излучателя лучше иметь хоть какое-то освещение, чем его полное отсутствие.

Усложнение схемы вследствие добавления в драйвер всего лишь трех резисторов несущественно уменьшит общую надежность системы и незначительно увеличит ее стоимость, но взамен мы получим существенное увеличение времени жизни светодиодного светильника и снижение затрат на его ремонт. Необходимо, однако, отметить, что повышенная рабочая температура также уменьшает надежность и самого драйвера. В идеальном случае он должен устанавливаться отдельно от светодиодного излучателя и всегда работать при температуре, не превышающей «комнатную». Но многие конструкторы по эстетическим соображениям предпочитают решения типа все-в-одном, а иногда даже заходят столь далеко, что уста-

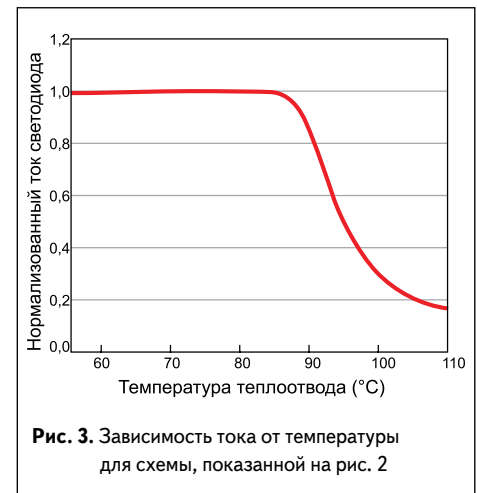


Рис. 3. Зависимость тока от температуры для схемы, показанной на рис. 2

навливают схемы управления прямо на теплоотвод или на плату рядом с горячими светодиодами, что является наихудшим местом для размещения драйверов.

Микросхемы управления Rescom RCD имеют внутреннюю цепь защиты от перегрева, которая при необходимости должна отключать их, и разрабатываются в расчете на высокую надежность в условиях как «комнатной», так и повышенных температур окружающей среды (например, среднее время наработки на отказ уменьшается с 600 000 ч при +25 °C до вполне приличных 500 000 ч при +71 °C). Но если светодиод и драйвер должны размещаться в одной конструкции близко друг к другу, то схема температурной защиты, показанная выше, также продлит время жизни последнего.

Сниженный при высокой рабочей температуре ток светодиода также уменьшит рассеяние тепла внутри драйвера и поможет ему остаться холодным. Конечно, можно добавить еще один термистор с ПТК последовательно с температурным датчиком светодиода, и тогда одна схема сможет следить как за состоянием излучателя, так и схемы управления (рис. 4). Чтобы обеспечить лучшее соответствие максимальной рабочей температуре светодиодов и драйвера, можно выбрать два различных термистора.

**Примечание.** Оригинал статьи опубликован на сайте [www.ledsmagazine.com](http://www.ledsmagazine.com).

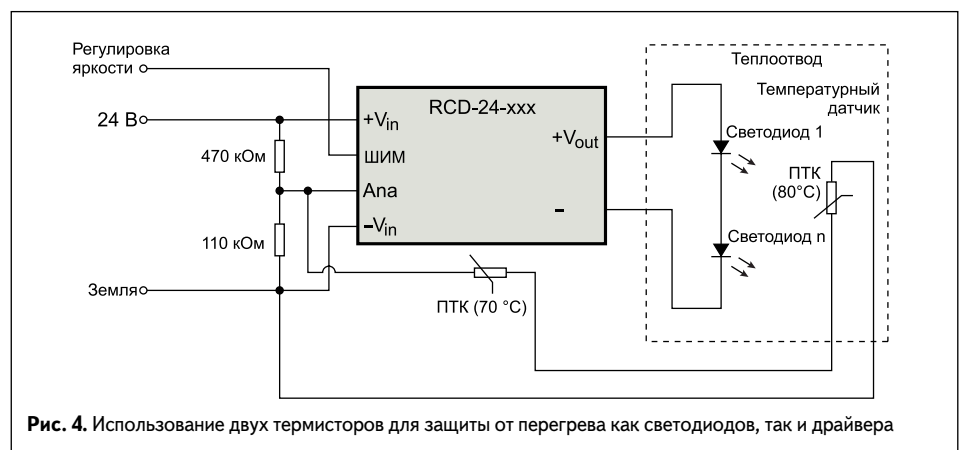


Рис. 4. Использование двух термисторов для защиты от перегрева как светодиодов, так и драйвера