

УДК 621.32.032

СПОСОБЫ И ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СВЕТОДИОДОВ

Рогацевич Е.А., Гринкевич В.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Козловская В.Б.

При проектировании светодиодного светильника важно предусмотреть правильный и надежный отвода тепла. Неверно выбранный тепловой режим работы светодиода может привести к перегреву и выходу его из строя. Критическая температура, при которой происходит выгорание кристалла, составляет 120-150°C [2]. Работа при повышенных температурах значительно уменьшает срок службы светодиодов.

Следует различать температуру на поверхности кристалла и в области р-п-перехода. От первой зависит срок службы, от второй — световой выход. В целом с повышением температуры р-п-перехода яркость светодиода падает, потому что уменьшается внутренний квантовый выход из-за влияния колебаний кристаллической решётки. Падение яркости с повышением температуры неодинаково у светодиодов разных цветов. Оно больше у красных и жёлтых светодиодов и меньше у зелёных, синих и белых светодиодов. Оптимальной считается температура — 80-85°C [2]. При более высоких температурах заметно снижение и ухудшение световой мощности.

Основу в охлаждение светодиодных светильников вносят такие понятия, как теплопроводность и конвекция. В светильниках за счет прямого контакта тепло передается от светодиода на печатную плату, а далее — в радиатор. Если же светодиод установлен непосредственно на радиатор, то теплопередача осуществляется в него напрямую: без участия печатной платы. При естественной конвекции передача теплоты осуществляется за счет уже существующих потоков воздуха, вызываемых перепадом температур. Принудительная конвекции — это теплопередача, осуществляемая такими устройствами как вентилятор, насос и т.п.

Систему охлаждения светодиодов можно представить в виде эквивалентной схемы параллельно и последовательно подключенных тепловых сопротивлений. Тепловое сопротивление всей системы охлаждения — это сумма всех тепловых сопротивлений. Чем меньше значение полного теплового сопротивления, тем лучше будет отводиться тепло от светодиода.

Каждый из элементов (печатная плата, теплопроводящие материалы и радиатор) вносит свой вклад в общее тепловое сопротивление:

- **Теплопроводящие материалы** необходимы для создания хорошего теплового контакта между печатной платой и радиатором или между светодиодом и радиатором, если источник света крепится на нем. Кроме создания надежного теплового контакта, некоторые теплопроводящие материалы, в зависимости от дизайна охлаждающей системы, могут выполнять и другие функции, такие как создание механического крепления или изоляция электрических узлов схемы.

- **Печатная плата.** Большинство светодиодов устанавливаются непосредственно на плату. От выбора материала печатной платы и топологии в

значительной степени зависит тепловое сопротивление. К примеру, для стандартных плат FR4 тепловое сопротивление может составлять 20-80°C/Вт [2], в то время как для плат на металлической подложке тепловое сопротивление будет составлять всего лишь единицы °C/Вт. В случае, если светодиоды монтированы непосредственно на радиатор — печатная плата не будет вносить вклад в суммарное тепловое сопротивление.

▪ **Радиатор** является самым важным элементом в системе охлаждения светодиода. Он отводит тепло от печатной платы или напрямую от светодиода, и рассеивает тепло в воздухе. И соответственно радиатор должен иметь материал с высоким значением теплопроводности, а площадь поверхности радиатора должна быть максимальной. Кроме функции охлаждения, радиатор может выступать в роли корпуса либо держателя.

Часто к светодиодным светильникам предъявляются серьезные требования по габаритам, вследствие чего может возникнуть потребность в проектировании радиатора под конкретные требования. При проектировании радиатора иногда требуется учесть множество параметров: вес конечного изделия, стоимость, тепловые параметры, возможность дальнейшего производства.

Исходя из этих условий можно выделить несколько рекомендаций по проектированию радиаторов:

- площадь поверхности радиатора должна быть максимальной;
- в качестве грубой оценки можно использовать следующее предположение: на 1Вт рассеиваемого тепла требуется радиатор площадью 30-60 см² [3];
- для верного расположения радиатора, для обеспечения хорошего потока воздуха между его ребрами необходимо иметь представление каким способом, в конечном итоге, будет крепиться светодиодный светильник;
- необходимо использовать материал, обладающий хорошим коэффициентом теплопроводности;
- используйте радиаторы с хорошим коэффициентом излучения. Анодирование значительно увеличивает коэффициент излучения тепла алюминиевого радиатора.

Если естественного охлаждения недостаточно для отвода тепла, то требуется использовать принудительное охлаждение. Существует множество вариантов активного охлаждения — от кулеров до водяного охлаждения. Если применение активного охлаждения неизбежно, следует учесть то, что светодиоды могут работать в течение десятков...сотен тысяч часов, поэтому следует предусмотреть наличие системы защиты светодиодов от перегрева при выходе из строя устройств активного охлаждения, иначе выход из строя устройств принудительного охлаждения практически сразу же повлечет за собой выход из строя светодиода в следствии перегрева.

Если драйвер светодиода имеет вход для регулировки яркости, то мы легко можем добавить внешний температурный датчик и некоторую внешнюю схему, которая будет восстанавливать желаемые ограничительные характеристики.

Примером такого датчика является термистор. Термистор — резистор, изменяющий величину сопротивления при изменении температуры. Если сопротивление растёт с увеличением температуры, то считается, что такой термистор имеет положительный температурный коэффициент (ПТК).

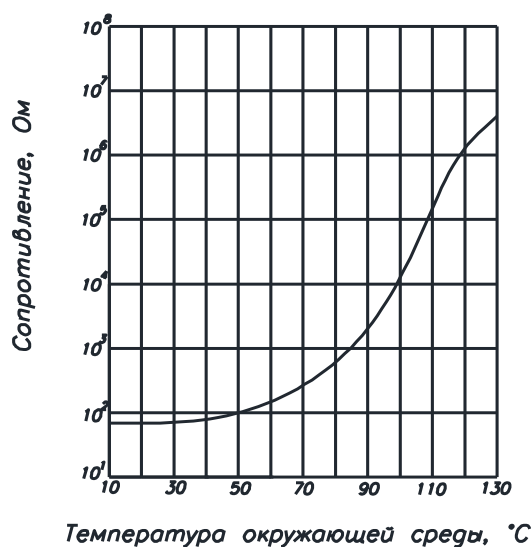


Рисунок 1. Зависимость сопротивления от изменения температуры.

Существуют термисторы с очень нелинейной характеристикой. Пока температура остается ниже заданного порогового значения, в данном случае 70 °C [3], термистор с ПТК имеет относительно стабильное низкое сопротивление порядка одной сотни Ом. Выше этого порога сопротивление начинает резко возрастать.

Помимо срока службы, важными параметрами являются эффективность, надежность, низкий уровень шума, цена, удобство при обслуживании, потребляемая мощность. Очень часто устройства принудительного охлаждения требуют дополнительного питания, что приводит к снижению КПД системы в целом.

Вариант с пассивным охлаждением является наиболее простым, так как не требует дополнительных источников питания, но для отвода значительного тепла может потребоваться достаточно большой радиатор, а это приведёт к увеличению стоимости и делает осветительный прибор довольно крупным и массивным. Поэтому пассивное охлаждение лучше всего применять для маломощных систем освещения.

Надежность и долговечность работы светодиодных устройств напрямую зависит от качества проектирования системы охлаждения, вот почему так важно уделить особое внимание проектированию теплоотвода.

Литература

1. Козловская, В.Б. Электрическое освещение: учебник / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. – Минск: Техноперспектива, 2011. – 543 с., [12] л. цв. ил.
2. [Электронный ресурс] URL: <https://www.compel.ru/lib/ns/2013/2/5-spasitelnaya-prohlada-ili-teplootvod-dlya-moshhnyih-svetiodnyih-matrits> (Дата обращения: 02.04.2019)
- 3 – [Электронный ресурс] URL: https://www.led-e.ru/articles/svetiodiod/2011_2_12.php (Дата обращения: 07.04.2019)