

Владимир Константинов | Елена Вставская |
Анатолий Вставский | Михаил Пожидай | pm-chel@mail.ru

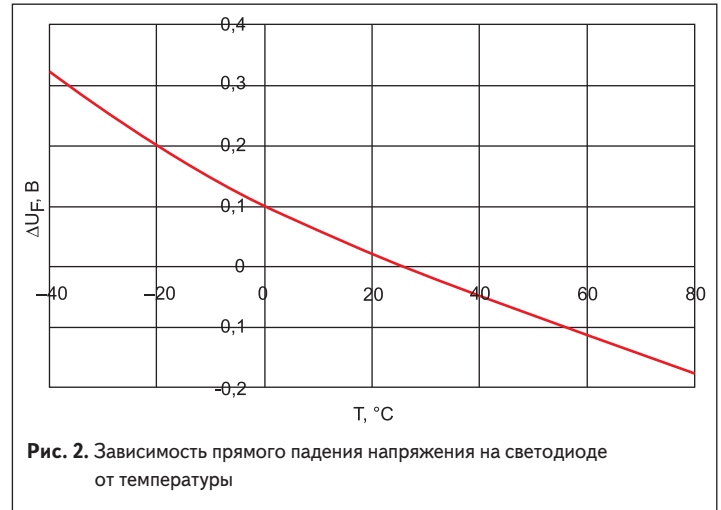
Особенность эксплуатации светодиода

как высокоэффективного и надежного светоизлучающего элемента

Для использования светодиода в качестве мощного и надежного преобразователя электрической энергии в световую необходимо учитывать особенности его как электрического элемента, ибо именно это при практическом использовании предопределяет его надежную и долговечную работу.

Технологически мощный белый светодиод представляет собой полупроводниковый прибор, содержащий *p-n*-переход, выполненный из материалов с широкой запрещенной зоной и формирующий излучение в сине-фиолетовой области спектра. Частично излучение светодиода попадает на люминофор, формируя вторичное излучение в желто-оранжевой области. Наложение двух излучений формирует белое свечение, цветовая температура которого зависит от баланса между первичным и вторичным излучениями. Такая конструкция светодиода предопределяет особенность его эксплуатационных характеристик. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) светодиода, с одной стороны, представляет собой явно нелинейную функцию (рис. 1): при малых значениях напряжения динамическое сопротивление светодиода велико, а при увеличении прямого падения напряжения и выходе на рабочий режим динамическое сопротивление светодиода существенно падает. С другой стороны, на положение этой характеристики существенное влияние оказывает температура, при которой снижение прямого напряжения при фиксированном прямом токе характеризуется температурным коэффициентом напряжения.

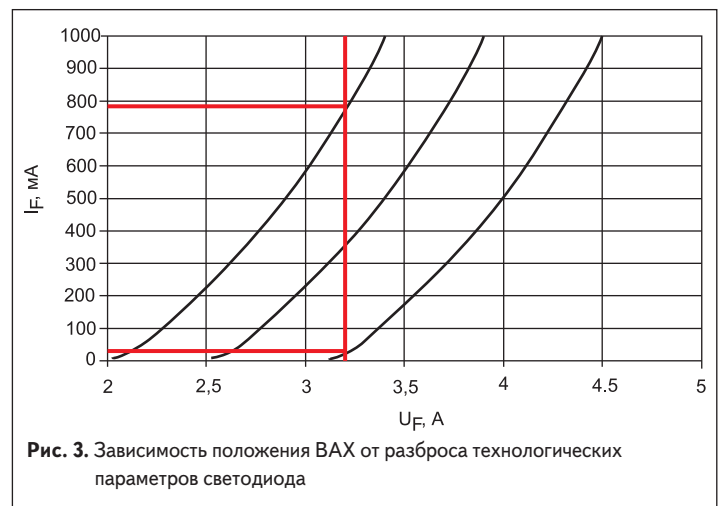
Специфический вид ВАХ приводит к тому, что даже небольшие пульсации напряжения в рабочем режиме сопровождаются значительным изменением тока светодиода. Поэтому для питания светодиодов целесообразно использовать источник с выходными электрическими характеристиками, соответствующими источнику тока. При использовании в качестве питающего источника энергии с выходными характеристиками источника ЭДС для стабилизации режима работы приходится использовать балластные резисторы, существенно снижающие результирующую эффективность светильника за счет дополнительных потерь активной мощности. Применение источника тока для питания светодиодов позволяет стабилизировать мощностной режим работы светодиода, поскольку относительное изменение падения напряжения с изменением температуры незначительно сказывается на увеличении мощности, рассеиваемой светодиодом.



Температурная зависимость параметров ВАХ выражается в снижении прямого падения напряжения на диоде при фиксированном протекающем токе с ростом температуры перехода. С увеличением температуры падение напряжения на светодиоде уменьшается (рис. 2). Следовательно, уменьшается мощность, рассеиваемая на светодиоде при фиксированном токе.

Разброс технологических параметров приводит к неравномерности распределения токов при параллельном включении светодиодов, а отрицательное значение температурного коэффициента напряжения усиливает эту неравномерность (рис. 3).

Поскольку из-за неравномерности распределения токов один из светодиодов окажется нагружен большим током и получит больший разогрев, возникает положительная обратная связь неравновесного распределения токов между параллельно включенными ветвями, то есть ветвь, которая нагружена большим током и больше подвергается нагреву, будет менять свои внутренние характеристики так, что через нее будет протекать все больший и больший ток. При этом использование прямого парал-



дельного включения будет приводить к поочередному выходу из строя светодиодов, если не применяются дополнительные меры, связанные с использованием выравнивающих резисторов. Использование любого выравнивающего сопротивления снижает КПД устройства, поскольку на выравнивающих резисторах рассеивается мощность, сравнимая с мощностью, рассеиваемой светодиодом, и эффективность светоизлучающего устройства резко падает. При этом теряется преимущество светодиода как высокоэффективного источника света. Поэтому единственным возможным способом включения светодиодов является их включение в последовательную цепь. Параллельное соединение последовательных цепей усиливает результирующую неравномерность распределения токов, поэтому внешняя стабилизация тока должна производиться для каждой последовательной цепи.

Надежная и долговечная работа светодиода существенно зависит от рабочей температуры люминофора и светодиода. Учитывая, что преобразование электрической энергии в световую происходит с использованием люминофора, возбуждаемого излучением $p-n$ -перехода в сине-фиолетовом участке диапазона спектра видимого излучения и формирующего вторичное световое излучение в желто-оранжевом диапазоне, многие оптические параметры (цветовая температура и эффективность оптического преобразования) зависят от баланса мощностей этих спектральных составляющих, а также от долговечности и эффективности работы люминофора. Его свойства изменяются с ростом температуры, поэтому поддержание температуры излучающей поверхности светодиода и люминофора в заданных пределах в процессе эксплуатации является одним из важнейших условий их долговременной безотказной работы. В соответствии с характеристиками мощных светодиодов, повышение температуры люминофора снижает энергетическую эффективность излучения (рис. 4) и повышает цветовую температуру за счет нарушения баланса между первичным и вторичным излучениями.

Учет этого обстоятельства при проектировании светодиодных светильников требует реализации определенных концепций разработки систем отвода и утилизации тепла с одной стороны и необходимости построения электронной системы управления, обеспечивающей ограничение температуры излучающей поверхности, с другой.

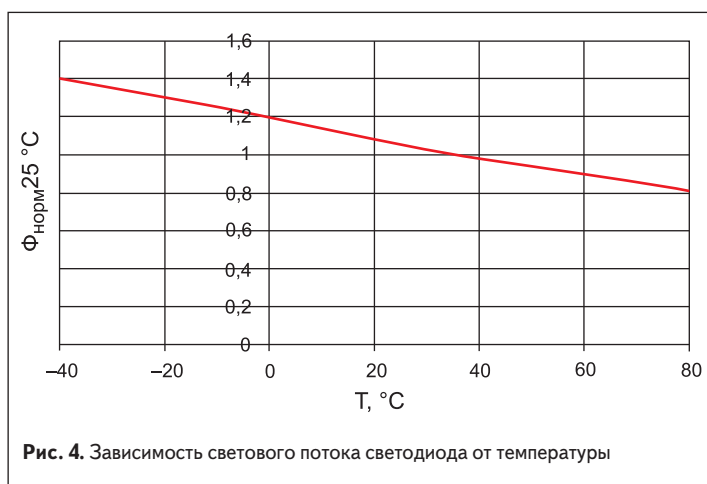


Рис. 4. Зависимость светового потока светодиода от температуры

При проектировании светодиодного светильника необходимо учитывать зависимость эффективности излучения от температурного режима работы светодиода с точки зрения оптимизации выбора тока возбуждения по критериям максимальной энергетической или экономической эффективности получения требуемого светового потока. Баланс между электрической мощностью, рассеиваемой светодиодами, и возможностями системы отвода и утилизации тепла в условиях изменяющейся температуры окружающей среды позволяет ограничить рабочую температуру излучающей поверхности и сформулировать требования к массо-габаритным характеристикам радиатора [2].

Светодиод является точечным источником света, особенность которого — возможность концентрации потока в рамках требуемого телесного угла путем применения формирующих линз, что позволяет получить большие значения освещенности поверхности даже при меньших значениях излучаемого потока.

Таким образом,

- в составе светильника светодиоды должны соединяться последовательно;
- питание светодиодов должно осуществляться от источников с выходными характеристиками источника тока;
- величина возбуждающего тока должна выбираться в зависимости от температуры излучающей поверхности светодиода;
- выбор конструкции и величины возбуждающего тока формируется в результате решения оптимизационной задачи по критериям максимальной энергетической и экономической эффективности;
- использование линзовых формирователей светового потока позволяет усилить конкурентные преимущества светодиодных светильников за счет желаемого распределения светового потока.

Литература

1. Вставская Е. В., Костарев Е. В. Способ передачи информации по питающей сети и его применение в построении систем автоматизированного управления наружным освещением // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2010. Вып. 13. № 2 (219).
2. Барбасова Т. А., Вставская Е. В., Константинов В. И., Волков В. О. Выбор оптимального режима работы светодиодных излучателей // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2010. Вып. 11. № 2 (178).
3. Пат. № 99913 (РФ), МПК Н 04 В 3/56. Устройство для приема-передачи информации по питающей сети и управления режимами работы потребителей электрической энергии / Т. А. Барбасова, Е. В. Вставская, В. И. Константинов, О. В. Константинова, Е. В. Костарев // № 2010128856/09. Бюл. 2010. № 33 (IV ч.).
4. Пат. № 84160 (РФ), МПК Н 01 L 33/00. Устройство светодиодного излучателя / А. Ю. Вставский, В. И. Константинов, Е. В. Вставская, О. В. Константинова // №2009108703/22. Бюл. 2009. № 18 (IV ч.).
5. Казаринов Л. С., Шнайдер Д. А., Барбасова Т. А., Вставская Е. В. и др. Автоматизированные системы управления энергоэффективным освещением. Монография. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2011.