Срок службы светодиодных светильников: рекомендации по тестированию

Статья представляет собой отдельные выдержки из доклада, опубликованного рабочей группой Lifetime and Reliability Working Group при Департаменте энергетики США в мае этого года. В статье рассматриваются основные факторы, определяющие срок службы светодиодов, и даются рекомендации по их тестированию.

ВВЕДЕНИЕ

Многие удивятся, узнав, что истинные показатели надежности и срока службы светодиодных систем освещения в настоящее время точно неизвестны. Более того, для определения срока службы светодиодной системы широко используется относительное значение полного светового потока при заданной наработке, что вводит потребителя в заблуждение, т.к. деградация излучения — лишь одна из многих составляющих, которые влияют на надежность светильника. Такая анекдотичная ситуация, скорее, объясняется не стремлением многих производителей выдать желаемое за действительность, а отсутствием истинных данных. Кроме того, во многих случаях потребители не желают справиться в спецификации, соответствуют ли заявленные производителем значения указанным в документе.

Эти выводы относятся не только к светодиодам. Качественные светодиоды, установленные в плохо спроектированных системах, могут быстро выйти из строя. Срок службы светодиодов часто выражается в часах и годах, но эти цифры не подкрепляются основополагающей информацией, что превращает их в пустые обещания. Например, утверждение о том, что срок службы некоторого светодиодного светильника составляет 100 тыс. ч, дает все основания полагать, что в этом отношении до сих пор публикуется очень мало данных и неопровержимых фактов. Ситуация улучшается на уровне готовых светодиодных модулей, т.к. тысячи заслуживающих уважения производителей собрали большое количество данных относительно эксплуатации этих модулей в разных условиях. Но и этого недостаточно.

Производителям твердотельных источников света и специалистам, определяющим спецификации товаров, следует совместно заняться вопросами, касающимися срока службы и надежности изделий. Необходимо фиксировать отказы и исследовать механизмы их возникновения.

Нам следует найти методы обеспечения надежности, но без соответствующей информации, экспериментов и моделей эта затея обречена на неуспех — требуется программа создания надежных метрик.

ТИПЫ ОТКАЗОВ

Светодиодный светильник представляет собой намного более сложное устройство, чем традиционные лампы. Это целая электромеханическая система, в которую помимо источника света входят теплоотвод, блоки электрического управления и формирования оптического сигнала, опорная механическая конструкция и система защиты, а также элементы дизайна. В силу того, что светодиоды характеризуются продолжительным сроком службы, такие его компоненты как адгезивы и прочие материалы должны служить так же долго. Если не обеспечить такой возможности, срок службы всей системы уменьшится.

Тепло, излучаемое в процессе эксплуатации осветительной установки, необходимо отводить от диодов. Для этого помимо радиатора требуется надежный теплопроводящий блок. Для обеспечения надежной работы необходимо, чтобы источник питания и электронная схема обеспечивали регулируемый управляющий ток и, возможно, другие функции управления, которые не отказали бы прежде, чем будет исчерпан ресурс изделия.

Любые оптические компоненты должны быть в состоянии противостоять воздействию интенсивного света и, возможно, тепла, таким образом, чтобы не пожелтеть, не растрескаться и т.д. Отражающие материалы должны сохранить свои оптические свойства.

Помимо перечисленных аспектов следует также учесть процесс производства, в ходе которого необходимо, например, соблюсти требования по изготовлению герметика, теплоотводящей пасты, созданию проводных соединений и т.д. Любые отказы, свойственные электронным сборкам, а также вызванные другими причинами, применимы и к светодиодному светильнику. На рисунке 1 представлена схема, иллюстрирующая широкий спектр факторов, которые определяют надежность системы.

В грамотно спроектированной и правильно реализованной осветительной системе основная причина отказа заключается в снижении уровня светового потока — постепенной деградации светодиодов. Однако следует учитывать и другие механизмы. По мнению одного из поставщиков светодиодов, к основным причинам жалоб заказчиков относится либо применение в светильниках несовместимых химических веществ, либо перегрузка све-

тодиодов драйверами. Эти проблемы проектирования могут на начальных этапах эксплуатации привести к отказу других компонентов или подсистем, а также к производственным дефектам. Дополнительные причины сбоя всегда существуют и могут привести либо к катастрофическому отказу, либо к деградации светового потока.

ДЕГРАДАЦИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА

Рекомендуемое определение срока службы

В стандартных технологиях номинальный средний срок службы лампы — это время, через которое половина ламп прекращает излучать свет. Световая отдача всех источников света со временем снижается, но не более чем на 15—20% в течение номинального срока службы лампы, в конце которого, по определению, происходит полный отказ оборудования. Однако правильно спроектированный светодиодный модуль имеет весьма продолжительный номинальный срок службы, но за это время световой поток снижается на большую величину, чем в стандартных технологиях. Соответственно, в этом случае требуется новый подход.

Заявляемый срок службы любого светильника является статистической характеристикой. Для светодиодного модуля срок службы рассматривается как время работы, в течение которого светоотдача падает до 70% от начального значения (L70). Сроком службы светодиодного блока, как правило, считается среднее время до первого отказа (MTTF) при нормальных рабочих условиях (B50). Другими словами, по прошествии этого времени половина элементов выходит из строя, поскольку их светоотдача становится низкой. Для некоторых приложений показатель B50 может оказаться неприемлемым. В этих случаях разработчики должны отталкиваться от времени, после которого светоотдача 10% изделий снизилась относительно определенного уровня (B10).

Таким образом, в зависимости от целевого рынка производители выбирают показатели B50 или B10 либо какой-то другой показатель, характеризующий определенное изделие. В светодиодном освещении широко используется L70, а в других менее критичных случаях приемлем и показатель L50. Другими словами, деградация светового потока нельзя описывать с помощью единой метрики.

Такое определение срока службы как деградация светового потока в большинстве случаев распространяется и на светильники, однако этого определения недостаточно. Мы должны учесть и другие механизмы отказа. Разработчик не получает полной информации, рассматривая отказ в терминах низкой световой отдачи независимо от причины (в т.ч. катастрофические отказы). Если заявленный срок службы изделия составляет 20 тыс. ч, означает ли это, что половина светильников спустя это время обеспечивает половину от начального значения светоотдачи или светоотдача половины изделий почти не отличается от изначальной, тогда как другая половина уже полностью выработала свой ресурс? Или возможен некий промежуточный вариант?

Для того чтобы ответить на этот вопрос, следует оперировать двумя показателями — например, B50 или B10 и стандартным временем отказа электрической цепи F10 или F50 (выход из строя, соответственно, 10 или 50% светильников). Оба показателя — B и F — следует измерять, используя полностью собранный светильник, чтобы учесть взаимодействие его компонентов.

Числа B и F описывают следующие четыре типа отказов светильников.

1. Все светодиоды включаются, но их уровень яркости понижен (определяется временем Bxx).

2. Имеется единичный катастрофический отказ светодиода, тогда как другие светодиоды сохранили функциональность, возможно, генерируя меньший световой поток (определяется временем Bxx).

3. У многих светодиодов произошли катастрофические отказы, однако другие светодиоды сохранили функциональность, возможно, генерируя меньший световой поток (определяется временем Bxx).

4. Ни один светодиод не включается из-за отказа самой системы (определяется временем Fyy).

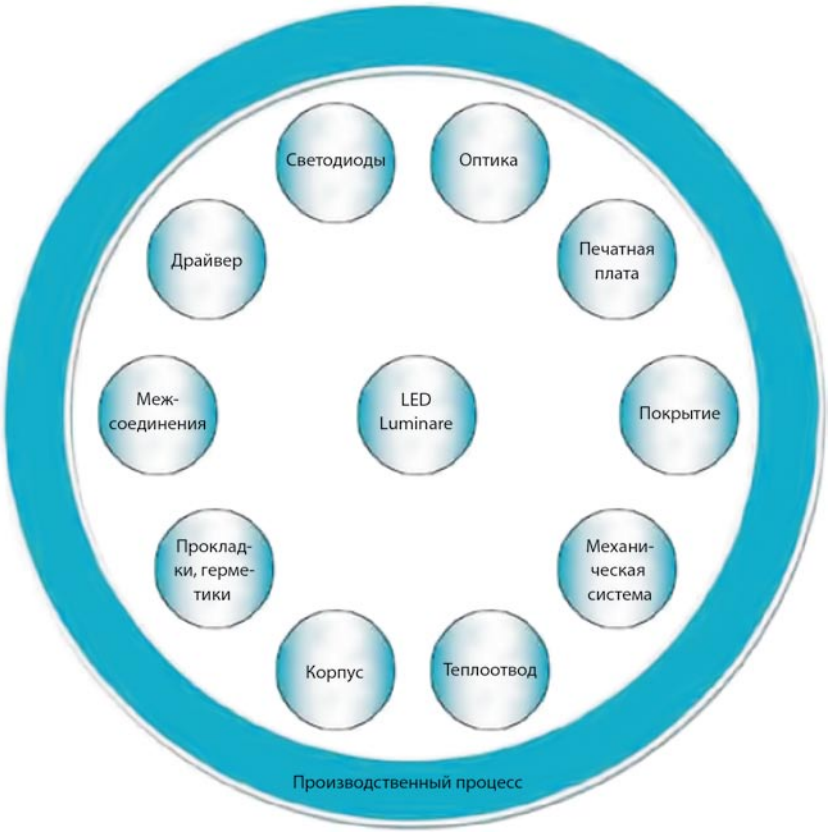

Рис. 1. Надежность системы в целом определяется совокупностью отдельных показателей надежности каждого блока

Министерство энергетики США рекомендует использовать базовое значение L70 для световой отдачи и два следующих значения.

1. Bxx — срок службы, при котором у xx% (например, 50%) светодиодов светоотдача падает ниже 70% от номинального начального значения.

2. Fyy — время до электрического отказа, через которое yy% (например, 10%) массива светодиодов выходит из строя.

В идеальном случае эти показатели должны представлять достаточно полный набор измерений, о которых можно заявлять с соответствующей степенью уверенности. Заявленный срок службы должен, по крайней мере, иметь определенную точность и объем выборки, чтобы обеспечить 50-% достоверность. Несмотря на то, что даже такое требование может на практике иметь ограничительный характер в ближайшее время, желательно, чтобы этот уровень вырос до 90%. Однако наша рабочая группа установила, что такие измерения обходятся недешево и на них затрачивается много времени. Кроме того, не у всех производителей имеется возможность удовлетворить этим требованиям, если продукт появляется на рынке впервые. В случае если не обеспечен рекомендуемый минимальный уровень достоверности, производители могут не заявлять срок службы изделий в технических характеристиках, сообщая вместо этого параметры, действующие в течение определенного времени.

Выбор значений xx и yy остается за производителем и может варьировать в зависимости от нужд заказчиков или производителя, но эти значения должны быть четко указаны. Приведенные выше примеры, возможно, окажутся непригодными для приложений с высокими эксплуатационными показателями, но могут вполне удовлетворить нужды потребителя. В сформулированное нами определение срока службы не входит понятие изменения цвета. Определение дано лишь в рамках световой отдачи и не учитывает причины ее деградации. Многие пользователи большое изменение цвета излучения расценивают как отказ, хотя данное руководство рекомендует, чтобы это изменение отдельно указывалось в дополнение к заявленному сроку службы изделия. Далее этот аспект рассматривается подробнее.

Средства определения срока службы в настоящее время не полностью стандартизованы. Дополнительные определения срока службы и методы его расчета с помощью кратковременных измерений обсуждаются далее.

Достоверность заявляемого срока службы

В этом разделе обсуждаются все необходимые шаги, доказывающие истинность заявляемого времени деградации. Отдельно рассматривается новая платформа и способы работы с ее вариациями. Приведенные примеры не служат определением стандартной процедуры. Ответственность за конкретные стандарты несут соответствующие организации, и она выходит за рамки данного руководства.

Время деградации новой платформы

Производитель, создавший новую платформу, обязан доказать соответствие заявленных данных о сроке ее службы путем тестирования светового потока определенной выборки изделий в течение некоторого времени в соответствии со стандартом LM-79. отдельный вопрос — требуемое количество времени. Комитет TM21 общества IES изучает задачу экстраполяции показателя L70 с помощью ограниченных измерений путем, например, регистрации изменений каждые 1000—6000 ч. Несколько непрерывно продолжавшихся исследований показало, насколько затруднительной может оказаться эта экстраполяция. Конечный результат экспериментов с наибольшей вероятностью покажет максимальную деградацию световой отдачи за определенный период времени, требуемого для определения значения L70.

Для установления требуемого соответствия в докладе о результатах тестирования должны быть представлены следующие данные:

– графическое представление (с планками погрешностей) зависимости светоотдачи, изменения цвета и потребляемой мощности от времени;

– сводная таблица, в которой указано, как изменилась светоотдача (в процентах) в результате деградации, потребляемая мощность (в процентах) и цвет после 6000 ч тестирования;

– данные LM-79 при T = 0 и T = 6000 ч;

– описание и узлы тестируемого изделия и испытательной установки;

– размер выборки и доверительный интервал.

Несмотря на то, что для определения срока службы светильника использовались экстраполированные данные LM-80 для светодиодных модулей (и до сих пор используются в соответствии с требованиями ENERGY STAR), такой подход не обеспечивает большую точность по многим уже упомянутым причинам. Следовательно, наша рабочая группа рекомендует проводить испытания LM-79 на полностью собранном светильнике, чтобы определить деградацию светоотдачи с течением времени.

Вариации новой платформы

Поскольку для нужд многих других приложений требуются модификации уже существующей платформы, необходимы дополнительные измерения, устанавливающие ее соответствие требованиям. Следует также минимизировать количество времени испытаний, подтверждающих долговременные данные о сроке службы изделия. В этом отношении разумнее всего рассматривать разные типы изменений (или вариации модели) и их возможное влияние на срок службы.

Например, изменения в следующих блоках могут потребовать повторных испытаний:

– корпус/шасси;

– термоуправление/теплоотвод;

– изменение метода сборки или использование других материалов;

– источник света (в т.ч. рабочий ток, напряжение Vf и смена поставщика);

– источник питания.

Другие изменения, например, отделочного покрытия или в оптическом пути, в меньшей степени требуют повторной проверки. В отдельных случаях можно использовать аналитические данные, доказывающие, что то

или иное изменение не влияет на время деградации светильника. Однако необходимо, как правило, повторно проверять небольшое количество светильников в течение короткого времени. Если производителю не удастся доказать с помощью аналитических данных или небольшого теста, что срок службы светильника не уменьшится в результате определенных изменений, его следует считать новой платформой, которая должна отвечать полному набору квалификационных требований.

Данное руководство рекомендует производителям разрабатывать и документировать процесс контроля за изменениями, т.к. эти компании отвечают за достоверность предоставляемой потребителям информации и гарантируют, что ни одно из изменений не скажется негативным образом на сроке службы предлагаемых изделий.

ИЗМЕНЕНИЕ ЦВЕТА

Связь со сроком службы

Как уже говорилось, понятие «срок службы» относится только к световой отдаче светильника, но оно подразумевает отказы, вызванные не только систематической деградацией в соответствии с определением стандарта LM-80, но и некоторые другие механизмы общей деградации светового потока, в т.ч. изменения других компонентов системы (а не светодиодов) или их отказ. В понятие срока службы не включено изменение цвета, даже несмотря на то, что в некоторых приложениях это изменение может рассматриваться пользователем как сбой. Решение в качестве главного приоритета при определении данного понятия считать световую отдачу отражает тот факт, что стабильность светового потока связана с вопросами обеспечения безопасности жизни, тогда как стабильность цвета — только с эстетическим восприятием. Однако такой подход вызывает неудовлетворенность заказчика, поэтому мы обсудим также и аспект.

Стандарт LM-80 определяет необходимость учета изменения цвета и требует, чтобы в доклад о проведении испытаний была включена графа о том, как изменяется данная характеристика с течением времени. Однако стандарт не предлагает каких-либо рекомендаций по расчету величины изменения цвета к концу срока службы светильника, а также не указывает, какие изменения допускаются на этапе разработки и производства. Если относительное изменение светового потока светодиодов при определенной наработке можно экстраполировать для оценки деградации светильника, при условии что их температура не превышает некоторой величины, а управляющий ток меняется не в широких пределах, то такой подход не работает в отношении оценки изменения цвета.

Более того, все полномасштабные измерения цвета весьма дорогостоящи, за исключением оценки изменения цвета в течение срока жизни продукта. Наконец, еще одна проблема заключается в том, что не существует доступного способа наглядно представить пользователю информацию по этому параметру. Такая характеристика как относительная цветовая температура во многих случаях не является достаточно точной метрикой для описания изменений.

Ясно, что прежде чем мы будем в состоянии правильно определить данные о достижении конкретным светильником пределов изменения цвета, предстоит проделать немалую работу. Учитывая это обстоятельство, мы рекомендуем производителям относить свою продукцию к одной из следующих категорий: «лампа для замены», «светильник (стандартное качество)» или «светильник (уровень спецификации)» и рассматривать характеристику изменения цвета дифференцированно для каждого случая. Охарактеризуем каждую категорию по отдельности.

1. Первая категория в большей мере доступна для измерения цвета в соответствии со стандартом LM-80 и для прогнозов, поскольку решения во многом однотипны, а объемы продаж велики. Цвет определяется в соответствии с программой Lighting Facts, а результаты измерения используются в некритичных приложениях.

2. В отношении светильников категории «стандартное качество» указывается максимально гарантированное изменение цвета. На текущий момент это делается с помощью такой характеристики как цветовая температура. Производитель самостоятельно определяет указываемые пределы и срок действия гарантии, который может и не совпадать со сроком службы светильника.

3. Светильники категории «уровень спецификации» предназначены для более требовательных покупателей. В спецификацию включены более сложные цветовые метрики, а также максимальное значение изменения цвета в течение заявленного срока службы.

Все три категории светильников требуют от производителя определенных средств оценки изменения цвета в течение указываемого времени, однако их точность зависит от категории. Для совершенствования этих методов необходима дополнительная работа.

Оценка изменения цвета

Стандарт LM-80 требует от производителей собирать данные об изменении цвета в течение 6000 ч работы светильника. Однако пока не существует утвержденного способа использования этих данных для экстраполяции этой характеристики. Комитет IES TM21, который в настоящее время работает над стандартами экстраполяции данных LM-80 для оценки деградации света, отложил рассмотрение вопроса по изменению цвета светильников.

К числу факторов, усложняющих экстраполяцию данных об изменении цвета, относятся различия в светодиодных решениях, материалах, процессах изготовления, оптических систмах, а также в рабочих температурах и времени эксплуатации светодиодов. Многие эксперты указывают, что потребуется немало времени (возможно, несколько лет), прежде чем будет достигнуто общее соглашение о том, как прогнозировать изменение цвета светодиода в течение продолжительного времени.

Влияние модели светильника и технологии изготовления

Стабильность цвета, как и его деградация, не определяется

только характеристиками светодиода. Ниже приводятся примеры того, как модель светильника и технология его изготовления определяют качество и изменение цвета.

– В результате различий в схемах теплоотводов светодиоды и электронные цепи работают в разных условиях, несмотря на одинаковое время эксплуатации и рабочую температуру.

– Разные материалы, применяемые во вторичной оптике, изнашиваются по-разному.

– Разные окружающие условия (включая качество воздушной среды) могут по-разному сказаться на поведении материалов, из которых изготовлены светильники.

– У разных моделей светильников могут быть неоднородные цветовые характеристики: гало или разные оттенки цвета по краям луча, причем эти характеристики могут со временем варьировать.

– Одни технологии производства обеспечивают строгое соблюдение начальных требований, тогда как другие не следуют заданным критериям, что со временем затрудняет определение изменений в цвете.

– Наконец, некоторые светильники оснащены системой активного управления цветом, в т.ч. датчиками и элементами управления. Однако параметры этих элементов со временем изменяются, что также отражается на цвете светильника.

Ограничения, учитывающие расходы

Поскольку светодиодная индустрия — относительно новое направление, нам не хватает практических данных о том, в какой мере изменение цвета светильника обусловлено светодиодом, а в какой — моделью светильника. Исходя из этого, а также из уже упомянутых факторов, единственным способом определить изменение цвета является измерение параметров всей системы, включая светодиоды, другие элементы светильника, ее рабочее время и условия окружающей среды.

Однако в настоящее время сбор информации в соответствии со стандартом LM-80 на уровне светильников обходится чрезмерно дорого для многих типов светильников по следующим причинам:

– требуется несколько часов, чтобы стабилизировать температуру большого светильника;

– светильники тестируются при установившемся токе, а не при импульсном, как в случае со светодиодами;

– для хранения и установки испытательного оборудования может потребоваться большое пространство;

– тестирование светильников по стандарту LM-79 требует опытных технических специалистов и является трудоемким.

Тестирование на уровне светильника заметным образом сдерживает внедрение новой продукции, что повышает суммарные расходы и ограничивает скорость ее появления на рынке. Если данные расходы и можно оправдать для ограниченного числа профессиональных приложений, критичных к цвету, это, скорее, является исключением, а не правилом.

Описание того, как изменяется цвет

У рядовых потребителей нет представления о том, как описывается цвет. Они не оперируют такими понятиями как «цветность», «кривые излучения абсолютно черного тела», «светодиодные бины» или «эллипсы ошибок Мак-Адама». Не существует альтернативного определения для потребителей, хотя программа Lighting Facts и описывает цвет в терминах цветовой температуры и использует такие понятия как «теплый» и «нейтральный». Этот подход можно считать адекватным, поскольку он схож с описаниями, применяемыми в настоящее время для стандартного освещения, а пример освоения покупателями информации, указанной на этикетках пищевой продукции, дает основания полагать, что потребители светильников научатся понимать данные, фигурирующие на маркировке Lighting Facts. Но даже такое представление информации не обеспечивает простого способа описания, как изменяется цвет. Простые термины, отражающие лишь относительную цветовую стабильность, могут оказаться более уместными.

Заметное падение цен на светодиоды в III кв. 2010 г.

Согласно докладу о тенденциях изменения цен на светодиоды, выпущенному отраслевым исследовательским институтом LEDinside, эти цены резко снизились в III кв. 2010 г. в связи с внезапным падением спроса на LED-приложения, в т.ч. меньшими, чем ожидалось, потребностями в панелях большого размера.

Цена светодиодов для большеразмерных панелей понизилась на 11—16%, а на мощные светодиоды для осветительных систем — более чем на 17%. На рынке мобильных приложений цена на светодиоды осталась примерно той же, снизившись на 3—4%, что связано с сезонными факторами при относительно устойчивом спросе.

Из-за снижения объемов заказов и ослабления спроса на светодиоды, что в совокупности было вызвано меньшими, чем прогнозировалось, поставками панелей, цена на светодиоды типа 5630 для подсветки ТВ упала на 11%. Цена на светодиоды для ноутбуков и ЖК-мониторов понизилась на 12—16%.

Цена на серийную светодиодную продукцию со световым потоком в 100…120 лм упала на 20% в III кв.

По прогнозам LEDinside, в IV кв. текущего года произойдет сезонное снижение спроса на рынке. При этом компании продолжат разработку новых продуктов. Из-за того, что спрос на новые системы подсветки для ТВ останется ограниченным, а потребность в новых осветительных системах значительно не увеличится, цены на светодиоды опустятся приблизительно на 10%.

Рыночная цена на светодиодную продукцию стабилизируется в конце IV — начале I кв. 2011 г. за счет увеличения спроса на поставки большеразмерных систем подсветки. При этом оживится спрос на светодиодное освещение.

www.ledinside.com

Весна в электронике!

19-21 АПРЕЛЯ 2011. МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

14-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА КОМПОНЕНТОВ И КОМПЛЕКТУЮЩИХ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

E·X·P·O ELECTRONICA

www.expoelectronica.ru

+7 (812) 380 6003/07/00, electron@primexpo.ru

Организаторы:

При содействии: