

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА И ПРИБОРОВ

И. Байнева, В. Байнев,
Мордовский госуниверситет им. Н. П. Огарева, Саранск

Информацию о надежности светодиодных источников света (СД) и приборов на их основе получают после проведения испытаний в условиях и режимах, близких к реальным условиям эксплуатации. Предложена программная модель по ускоренному анализу степени надежности этих изделий.

Светодиоды – современные перспективные источники света – вытесняют из многих приложений не только лампы накаливания, но и еще достаточно молодые люминесцентные лампы. Причин для этого много: экологически чистое производство и отсутствие серьезных проблем с утилизацией; высокая устойчивость светодиодов к механическим воздействиям и работоспособность в широком диапазоне температур; высокая пожаро- и взрывобезопасность; компактность; огромный срок службы, достигающий 100 тыс. часов [1]. Все это заявляют как “неоспоримые” преимущества и ведущие производители СД (Cree, Nichia, Osram, Lumileds, Vishay Semiconductors), и фирмы-однодневки. Хотя известно, что различные типы СД от разных производителей существенно отличаются друг от друга значениями параметров. В некоторых случаях речь идет даже о “глобальном” переходе на светодиоды в качестве альтернативного источника света. Так, в 2008 году ОАО «РЖД» назначено полигоном для освоения и внедрения светодиодных технологий [2]. Однако без недостатков пока не могут обойтись даже эти современные полупроводниковые источники света: несомненным минусом является их высокая цена. Окупаемость же современных СД составляет

2,5–3 года; при этом некоторыми специалистами делается оговорка, что это утверждение справедливо лишь при условии реконструкции, то есть замены того, что уже выработало свой ресурс [2].

Одна из основных характеристик СД, которая делает их особенно привлекательными с точки зрения альтернативы другим источникам света, – это их фантастически высокий срок службы. Срок службы является важнейшим параметром источников света, и в первую очередь с точки зрения надежности. Для характеристики используют полный срок службы. Он отражает такие неблагоприятные факторы при эксплуатации ламп, как их выход из строя – перегорание (как известно, у тепловых источников света эта причина наиболее частая). Вторая по важности характеристика – снижение светового потока в процессе срока службы (полезный срок службы). В настоящее время нет стандартов, определяющих срок службы для СД, хотя существуют предложения считать этим сроком время, в течение которого световой поток уменьшается до некоторого значения (до 70% или 50%) от начальной величины.

Сам по себе срок службы СД является величиной приближенной, полученной на данный момент лишь путем математиче-

ского моделирования. Так, наиболее часто для определения рабочего ресурса СД используют модель Аррхениуса, в основе которой лежит зависимость интенсивностей отказов $\lambda(T)$ от различных температур, в частности, производства и эксплуатации.

Основной проблемой, вызывающей снижение рабочего ресурса СД, является нарушение температурного режима при эксплуатации. В свою очередь, температурный режим определяется конструкцией светильника. Однако в рекламных проспектах производители часто указывают именно срок службы СД, тогда как в светильнике из-за перегрева они могут работать меньше заявленного производителем срока.

Отметим, что СД, как и другим источникам света, сопутствует ухудшение рабочих параметров с течением времени. Это связано с такими факторами, как величина прямого тока, теплоотвод, тип и качество используемых чипов. Более того: подавляющее большинство производимых в настоящее время СД, по словам ведущих специалистов, деградирует в течение нескольких месяцев. Так, при использовании вторичной оптики СД иногда проявляются отрицательные физические воздействия на излучающий кристалл: повышенные температуры, ме-

ханические напряжения, действия различных химически активных сред и т.д. Все они оказывают влияние на качество последующего эксплуатационного периода СД и, следовательно, светового прибора, созданного на его основе [3].

Надежность любого изделия должна обязательно определяться по стандартным методикам, принятым специалистами. Однако пока общего стандарта для тестирования СД не существует. Некоторые их производители, например Cree, опираются в тестировании на стандарт JEDEC22: СД испытывают при максимально допустимом токе – $I_{\text{макс}}$, продолжительность указанных тестов – 42 дня; критерии выхода СД из строя – снижение светового потока более чем на 15%, короткое замыкание, разрыв цепи. Если наблюдается хотя бы одно из указанных явлений, светодиод считается вышедшим из строя [3].

Кроме того, отметим влияние такого факта, как законодательная база. Законы (СНИПы и ГОСТы), регламентирующие уровень освещенности, коэффициенты дискомфорта, принятые в расчете на давно разработанные светотехнические устройства, устарели и неприемлемы для проектирования светодиодного освещения. В обществе ученых-светотехников уже давно говорят о необходимости пересмотра и дополнения законов, регулирующих светотехническую отрасль. В качестве первого шага на пути исправления ситуации, когда отсутствует общепризнанная методика оценки эффективности российских и зарубежных СД и световых приборов на их основе, можно предложить программную модель по ускоренному анализу степени надежности этих изделий [4].

Заключение о надежности конкретного светодиода можно сделать либо на основании прогноза, данного экспертами – ведущими специалистами в области производства и эксплуатации СД, либо по результатам испытаний СД-изделия. Как известно, для получения необходимой информации о надежности из-

делия и его элементов необходимо провести в соответствующем объеме испытания в условиях и режимах, по возможности близких к реальным условиям эксплуатации, и затем, используя методы математической статистики, обработать данные этих испытаний.

Основные виды испытаний на надежность – определительные и контрольные. Кроме них в ряде случаев проводятся испытания с целью прогнозирования надежности и технического состояния изделий. Определительные испытания проводят с целью нахождения фактических количественных показателей надежности после окончательного освоения изделия производством или после его модернизации на опытных образцах, изготовленных по серийному технологическому циклу. При определительных испытаниях оцениваются законы распределения отказов и параметры этих законов. Результаты определительных испытаний служат для оценки соответствия фактических показателей надежности техническим условиям. Контрольные испытания на надежность проводятся для контроля соответствия количественных показателей надежности требованиям стандартов

или технических условий (ТУ). Контрольные испытания проводятся периодически в сроки, установленные стандартами или ТУ на данное изделие.

Первичная обработка экспериментального материала включает: упорядочение выборочных наблюдений для каждого интервала наработки, определение числовых характеристик статистического распределения, графическое представление результатов в виде гистограмм, полигонов и эмпирических функций распределения вероятности и плотности вероятности. Далее, используя полученный материал, можно определять другие параметры, например вероятность безотказной работы, поток отказов и иные характерные величины. Для исследования и оценки надежности используют, в частности, следующие методики:

- методику проверки достаточности данных хронометража. По этой методике строят план последовательных испытаний и делают вывод о ходе дальнейших исследований;
- методику определения вида закона распределения. Когда по результатам опыта получен вариационный ряд некоторой интересующей исследователя характеристики и заполнены таблицы,

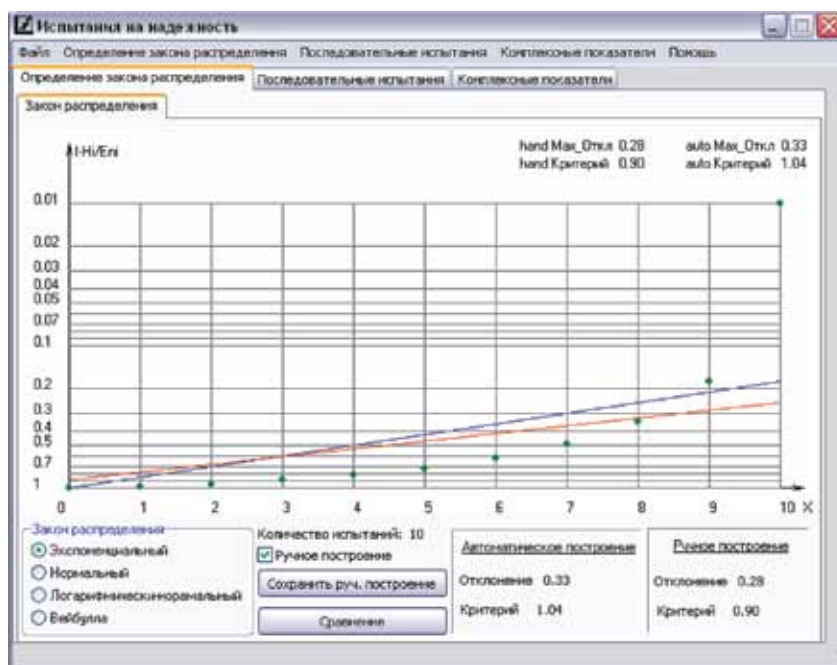


Рис.1. Результат интерполяции (автоматического и ручного построения) для экспоненциального закона распределения

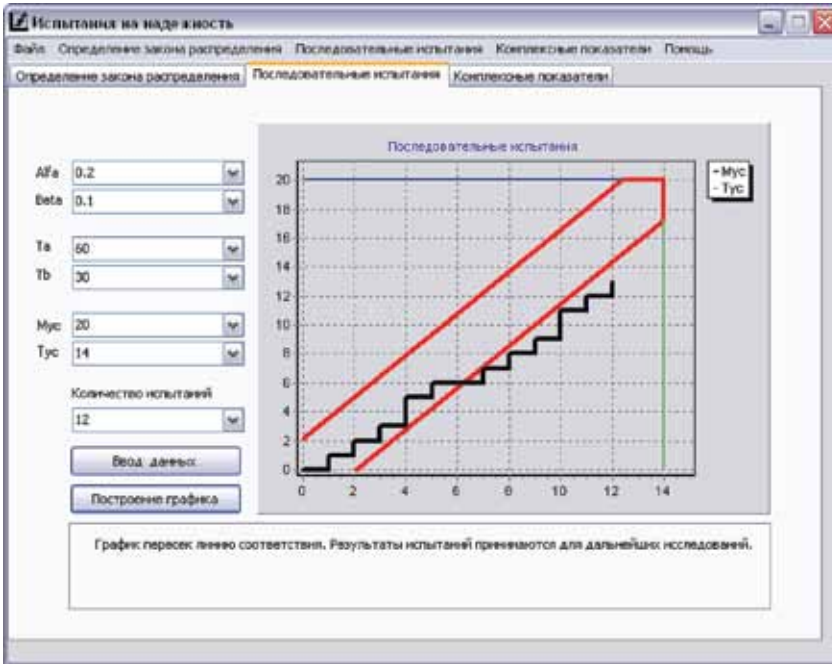


Рис.2. Проверка достаточности данных хронометража последовательным методом

то проводят процедуру проверки согласия экспериментального распределения с теоретическим распределением плотности вероятности (сравнение идет с экспоненциальным законом, нормальным, законом распределения Вейбулла и другими известными распределениями), затем рассчитывают критерий согласия Колмогорова;

- методика расчета комплексных показателей надежности.

Реализация этих методик требует достаточно много времени. Поэтому была разработана про-

грамма «Испытания на надежность» на базе среды объектно-ориентированного программирования Delphi 7. Для определения вида закона распределения необходимо предварительно ввести данные о количестве произведенных испытаний и экспериментальных результатах. После этого активизируется процесс интерполяции введенных данных применительно к первому виду закона распределения – экспоненциальному (рис.1). Если автоматическая интерполяция не устраивает пользователя или

критерий согласия Колмогорова не выполняется, то можно осуществить интерполяцию данных “вручную”. Для сравнения результатов автоматической интерполяции различными законами распределения используется режим их совместного просмотра.

После определения вида закона распределения можно решить многие задачи по оценке и анализу показателей надежности (см. таблицу). Для проверки достаточности данных хронометража последовательным методом используются следующие исходные данные (рис.2):

- риск поставщика α ,
- риск заказчика β ,
- приемочное значение средней наработки на отказ T_{α} ,
- браковочный уровень средней наработки на отказ T_{β} ,
- усечение результатов испытаний по количеству отказов m_{yc} ,
- усечение результатов испытаний по времени t_{yc} .

Кроме того, вводятся полученные экспериментально интересующие исследователя показатели (например, число отказов за период времени). При необходимости могут быть определены комплексные показатели надежности.

Таким образом, данная программа для исследования надежности, целью которой является обработка результатов последовательных испытаний и определение вида закона распределения, существенно снижает трудоемкость подобных исследований.

Показатели надежности

Показатель	Выражение
Интенсивность отказов	$\lambda(x) = \frac{f(x)}{P(x)}$
Плотность распределения	$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$
Функция распределения	$F(x) = \int_0^x \lambda e^{-\lambda x} dx$
Вероятность безотказной работы	$P(x) = 1 - F(x)$
Параметр потока отказов	$\omega(t) = \frac{1}{T_{cp}}$
Средняя наработка на отказ	$T_{cp} = \frac{\sum t_i}{n}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Гридин В.Н. и др. Полупроводниковая лампа – источник освещения, альтернативный лампам накаливания и электролюминесцентным лампам. – Компьютерная оптика, 2008, т. 32, №4, с.375.
2. Российские светодиоды: как заскочить в уходящий поезд? <http://www.magazine-svet.ru>.
3. Светодиоды-долгожители: правда или мистификация? <http://www.magazine-svet.ru>
4. Байнева И.И., Байнев В.В. Компьютерное моделирование и исследование надежности изделий электронной техники. – Учебный эксперимент в образовании, 2010, №4, с.61.