DOI: 10.17117/na.2015.04.196

Поступило в редакцию: 13.04.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.04.196.pdf>

Капитонов С.С., Капитонова А.В.
Моделирование излучательной характеристики
светодиода в среде Multisim

Kapitonov S.S., Kapitonova A.V.
Simulation of radiative characteristic of led in Multisim

В статье рассмотрена модель светодиода, разработанная в среде Multisim, которая позволяет учитывать его излучательную характеристику. Представлены результаты моделирования излучательной характеристики. Сделаны выводы о возможностях усовершенствования модели и областях её применения

Ключевые слова: светодиод, излучательная характеристика, модель, ток, поток излучения, зависимость

The article deals with a model of the LED, developed in Multisim, which takes into account its radiative characteristic. The simulation results of radiative characteristic are presented. Conclusions are made about the possibilities of improvement of the model and its application areas

Key words: LED, radiative characteristic, model, current, radiant flux, dependence

Капитонов Сергей Сергеевич

Кандидат технических наук, доцент
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва
г. Саранск, ул. Большевистская, 68

Kapitonov Sergey Sergeevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Mordovia State University named N.P. Ogarev
Saransk, Bolshevikskaya st., 68

Капитонова Анастасия Владимировна

Аспирант
Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва
г. Саранск, ул. Большевистская, 68

Kapitonova Anastasia Vladimirovna

Postgraduate
Mordovia State University named N.P. Ogarev
Saransk, Bolshevikskaya st., 68

При проектировании светодиодных ламп и светильников с целью повышения их надёжности необходимо проводить моделирование процессов, протекающих в групповых цепях светодиодов [1, 2]. Существующие программные продукты, предназначенные для моделирования электрических процессов, содержат модели светодиодов, в которых невозможно задавать их основные характеристики и параметры [3, 4]. Для решения данной задачи требуется разработка универсальной модели светодиода, учитывающей его световые, электрические и тепловые характеристики.

Одной из наиболее важных характеристик светодиода, характеризующих эффективность его работы, является излучательная характеристика, которая отражает зависимость потока излучения Φ от прямого тока I_F . В среде Multisim

на базе существующей электрической модели [5] разработана модель светодиода, позволяющая учитывать его излучательную характеристику.

В [5] представлена электрическая модель светодиода XT-E Royal Blue LED, выпускаемого компанией Cree, в которой описано влияние температуры его полупроводниковой структуры (ПС) на вольт-амперную характеристику (ВАХ). На основе данной модели разрабатывалась модель светодиода, учитывающая его излучательную характеристику.

Светодиод XT-E Royal Blue LED имеет следующие значения параметров:

1. Максимально допустимый рабочий ток – 1 А.
2. Прямое падение напряжения (при токе $I_F = 1$ А) – 3,5 В.
3. ТКС – -3 мВ/°С.
4. Максимально допустимая температура ПС – 150 °С.
5. Поток излучения – 500 мВт (при токе $I_F = 350$ мА и температуре ПС $T_j = 85$ °С).

Зависимость относительного потока излучения от величины прямого тока для данного светодиода, представленная в его паспорте, изображена на рис. 1 [6].

Рис. 1. Зависимость относительного потока излучения от величины прямого тока светодиода XT-E Royal Blue LED

Из рис. 1 видно, что зависимость относительного потока излучения от величины прямого тока исследуемого светодиода нелинейна. Как было сказано выше, при токе $I_F = 350$ мА и температуре ПС $T_j = 85$ °С поток излучения светодиода равен $\Phi = 500$ мВт, что соответствует 100 % в относительных единицах. Исходя из этих данных, можно перевести любое значение относительного потока излучения (рисунок 1), выраженное в процентах, в абсолютное значение, выраженное в мВт.

Для разработки модели светодиода с учётом вышеописанных требований нужно получить аналитическое описание зависимости относительного потока излучения от величины прямого тока. Поскольку излучательная характеристика светодиода определяется исключительно путём непосредственного из-

мерения значений потока излучения и прямого тока, то описать её с помощью математических формул возможно путём применения аппроксимации и дальнейшей обработки результатов.

Для получения математического описания излучательной характеристики в среде MS Excel отображена зависимость потока излучения светодиода от величины прямого тока, протекающего через него, и построена полиномиальная линия тренда с показателем степени, равным 2. Полученные результаты аппроксимации данной зависимости представлены на рис. 2.

Рис. 2. Результаты аппроксимации зависимости относительного потока излучения от величины прямого тока светодиода XT-E Royal Blue LED

Рис. 2 показывает, что искомая зависимость относительного потока излучения Φ от величины прямого тока i_F светодиода описывается следующим выражением:

$$\Phi(i_F) = -0,0004 \cdot i_F^2 + 1,5493 \cdot i_F \quad (1)$$

При этом величина достоверности аппроксимации составила $R^2 = 0,9997$. Данная достоверность аппроксимации позволяет применять выражение (1) при реализации излучательной характеристики модели светодиода XT-E Royal Blue LED в среде Multisim.

На основе полученной зависимости (1) и существующей электрической модели светодиода [5] в среде Multisim разработана модель, позволяющая реализовывать зависимость относительного потока излучения Φ от величины прямого тока i_F . Принцип создания модели аналогичен принципу, изложенному в [5]. Данный подход заключается в использовании специальных блоков управления (БУ), в которых заложено математическое описание процессов, протекающих в светодиодах. Применение БУ позволяет реализовать необходимые характеристики светодиода.

Рис. 3. Схема, разработанная в среде Multisim, для моделирования излучательной характеристики светодиода XT-E Royal Blue LED

На рисунке 3 показана модель светодиода, разработанная в среде Multisim, и схема для моделирования его излучательной характеристики.

На рис. 3 введены следующие обозначения:

TKH – источник напряжения, задающий значение TKN в мВ/ °С;

T – источник напряжения, задающий значение температуры ПС в °С;

БУ1 – блок управления, реализующий температурную зависимость ВАХ;

БУ2 – блок управления, реализующий излучательную характеристику;

УИН – управляемый источник напряжения;

LED – существующая модель светодиода;

ГЛНТ – генератор линейно нарастающего тока;

XCP1 – измеритель тока;

XSC1 – осциллограф.

Принцип действия электрической модели светодиода подробно описан в [5]. Для получения излучательной характеристики сигнал с измерителя тока XCP1 поступает на БУ2, где в соответствии с зависимостью (1) производится расчёт значения потока излучения. Далее сигналы с XCP1 (значение прямого тока i_F) и БУ2 (значение потока излучения Φ) поступают на осциллограф XSC1, в котором строится излучательная характеристика светодиода XT-E Royal Blue LED.

С помощью схемы, изображённой на рис. 3, в среде Multisim проведено моделирование излучательной характеристики исследуемого светодиода. Результаты моделирования зависимости относительного потока излучения от величины прямого тока сопоставлены с паспортными данными светодиода и представлены на рис. 4.

На основе информации, представленной на рис. 4, можно сделать вывод о том, что полученная в среде Multisim зависимость практически полностью совпадает с зависимостью, представленной в паспорте светодиода. Это говорит об адекватности применяемого подхода и созданной на его основе модели.

Рис. 4. Излучательная характеристика светодиода XT-E Royal Blue LED:
кривая 1 – представлена в паспорте; 2 – получена в среде Multisim

Разработанная модель светодиода, учитывающая его излучательную характеристику, может быть использована для моделирования процессов, протекающих в светодиодных лампах и светильниках. При исследовании группового соединения светодиодов данная модель позволит оценить эффективность работы каждого отдельного светодиода и сформировать лампы и светильники с учётом полученной при моделировании информации. Подобный подход к построению светодиодных источников света позволит повысить их надёжность и энергоэффективность.

Список литературы:

1. Капитонов С.С., А.В. Капитонова, А.А. Ашрятов. Обзор современных драйверов для светодиодных ламп и светильников // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики. Саранск 2013. С. 137–142.
2. Беспалов Н.Н., М.В. Ильин, С.С. Капитонов, А.А. Попов. Исследование термочувствительных параметров мощных светодиодов // Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики. Саранск 2013. С. 127–130.
3. Капитонова А.В., С.С. Капитонов, А.А. Ашрятов. Проблемы биновки светодиодов при формировании ламп и светильников на их основе // Материалы XVIII научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва. Саранск 2014. С. 221–224.
4. Капитонов С.С., Н.Н. Беспалов, А.В. Капитонова, А.А. Ашрятов. Исследование стандартной модели светодиода в среде Multisim // Сборник научных трудов SWorld. Выпуск 4(37). Т. 1. Одесса, 2014. С. 73–75.
5. Капитонов С.С., Н.Н. Беспалов, А.В. Капитонова, А.А. Ашрятов, Денис Р. Кильмямятов, Диас Р. Кильмямятов. Разработка электрической модели светодиода в среде Multisim // Научно-технический вестник Поволжья. 2015. Вып. № 1. С. 99–102.
6. Cree URL: <http://www.cree.com/>