

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В СВЕТОДИОДЕ

Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева,

В статье рассматривается методика моделирования процессов генерации тепловой энергии в светодиодах, применяемых для производства осветительных приборов.

Ключевые слова: светодиод, тепловой режим, конечно-элементная модель, нелинейный тепловой режим.

В настоящее время большое внимание уделяется оптимизации теплового режима светодиодных светильников. В связи с этим необходимо отметить, что прямое измерение температур светодиодных модулей часто вызывает затруднения чисто технического плана, а косвенные методики не всегда дают результат приемлемой точности [1-3]. На наш взгляд перспективным является использование комбинированных методик моделирования режимов теплопереноса с помощью конечно-элементных решателей, в которых уточнение начальных параметров и граничных условий производится на основе экспериментальных данных.

Для решения задачи по анализу процессов теплопереноса в осветительных приборах на основе светодиодов необходимо провести исследования в двух направлениях, это, во-первых, провести стационарный тепловой анализ, во-вторых, изучить вопросы, связанные с генерацией тепловой энергии внутри светодиодной лампы, т. е. провести нестационарный тепловой анализ.

Для конечно-элементного представления системы разрешающее уравнение процесса теплопередачи имеет вид

$$[C] \{T'\} + [K] \{T\} = \{Q\}, \quad (1)$$

где $[C]$ – матрица удельных теплоемкостей;

$\{T'\}$ – производная по времени температуры в узле;

$[K]$ – матрица эффективной теплопроводности;

$\{T\}$ – вектор узловых температур;

$\{Q\}$ – вектор эффективного теплового потока в узле.

С помощью программы ANSYS будет выполняться тепловой анализ для следующих задач:

- стационарная теплопроводность;
- неустановившийся температурный режим;
- расчет температурных напряжений и деформаций [4].

Стационарный тепловой анализ определяет установившееся распределение температур в конструкции и кондуктивные тепловые потоки [5]. Можно задавать такие “нагрузки”, как конвективная теплоотдача с поверхности, тепловые потоки, плотность тепловых потоков, мощность тепловых источников и заданные температуры. Анализ может быть линейным или нелинейным.

В линейном установившемся процессе теплопередачи отсутствует влияние “тепловых” масс (удельных теплоемкостей) и не учитывается зависимость теплофизических свойств материала от температуры. Производная температуры по времени $\{T\}$ равна нулю, а коэффициенты матрицы эффективной теплопроводности постоянны. В этом случае разрешающее уравнение приводится к виду

$$[K] \{T\} = \{Q\}. \quad (2)$$

Эта система линейных совместных уравнений решается за одну итерацию, применяется для расчета процессов кондуктивного и линейного конвективного переноса тепла.

Механизм радиационного теплообмена описывается тремя различными способами. Для моделирования переноса тепла излучением между двумя точками пространства используется линейный радиационный конечный элемент. Для описания радиационного теплообмена между поверхностью и точкой используется конечный элемент поверхностного излучения.

В нелинейном анализе матрица теплопроводности является функцией температуры, и решение задачи достигается применением итераций. В

программе ANSYS итеративная процедура имеет своей основой метод Ньютона-Рафсона, который предполагает решение последовательности линейных задач для получения нелинейного приближения. Таким образом, уравнение для нелинейной стационарной задачи теплопроводности имеет вид

$$[K]_i \{\Delta T\}_{i+1} = \{Q^A\} - \{Q^{NR}\}_i, \quad (3)$$

где i - номер итерации.

Это уравнение на первой итерации решается при некоторой начальной температуре (которая может быть задана пользователем); в последующих итерациях для вычисления коэффициентов матрицы теплопроводности используются значения температур, полученные на предыдущей итерации. Сходимость контролируется по величине невязки вектора нагрузок (потока тепла) и/или по изменению температуры от итерации к итерации.

Результаты решения, для линейного и нелинейного анализа, представляют собой значения температуры и плотности теплового потока в узлах. Эти данные могут быть использованы при постпроцессорной обработке для построения картины изотерм в расчетной модели. Средства постпроцессора можно использовать для получения такой специфической информации, как значения температурных градиентов или потоков в узлах и в центре элемента, а также плотность теплового потока через поверхности излучения (поглощения). Информация выводится в табличной или графической форме.

Нестационарный тепловой анализ используется для получения распределения температуры в конструкции, как функции времени и для определения тепловых потоков при передаче и аккумулировании тепла в системе [4]. Нестационарная теплопроводность имеет дело с линейными и нелинейными задачами. Виды тепловых нагрузок и учитываемых нелинейностей такие же, как и в случае стационарной теплопроводности. Для расчета аккумулируемого в системе тепла используется удельная теплоемкость, которая вводится как свойство материала.

После получения решения можно использовать стадию постпроцессорной обработки для построения картины распределения температур и вывода в

табличной или графической форме различной информации (температурные градиенты, плотности теплового потока и т.п.) для любого момента времени нестационарного процесса. Кроме того, для выбранных точек модели можно получить графики зависимости температуры от времени и другие выходные данные [6].

Литература:

1. Ашрятов А.А., Мышонков А.Б., Микаева С.А. Измерение температуры кристалла маломощных светодиодов. // Автоматизация и современные технологии. 2011. – №3. – С. 10-13.

2. Ашрятов А.А., Микаева С.А., Мышонков А.Б. Измерение температуры кристалла маломощного светодиода. // Приборы. 2010. – №5. – С. 56-61.

3. Ашрятов А.А., Микаева С.А., Мышонков А.Б. Измерение температуры кристалла маломощных светодиодов. // Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия «Приборостроение и информационные технологии» – Выпуск №29. Москва, 2010. – С. 95-103.

4. Каплун, А. Б. ANSYS в руках инженера: Практическое: руководство. / Каплун А. Б., Морони Е. М., Олферьева М. А. — М.: Еднториал УРСС, 2003. - 173 с.

5. Чигарев, А.В. ANSYS для инженеров: Справ, пособие / Кравчук А.С, Смалюк А.Ф., Чигарев, А.В. М.: Машиностроение, 2004. 512 с.

6. Трудношин, В.А. Конечно-элементное моделирование тепловых процессов в программной среде ANSYS / В.А.Трудношин, А.П.Носко; М.: МГТИ им. М.Э.Баумана, 2005