

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕБРИСТОГО РАДИАТОРА

Кучинский П.И.

научный руководитель канд. техн. наук Зограф Ф.Г.
ФГАОУ ВПО «Сибирский Федеральный Университет»

Актуальность

При проектировании РЭА, перед инженером конструктором, встает задача анализа и расчета тепловых режимов устройств. Одной из таких задач является задача разработки конструктивных параметров радиатора электронных устройств.

Традиционный подход заключается в проведении теплового расчета по одной из известных методик описанных в большом числе источников, например в работах Роткопа Л. Л., Скрипникова Ю. Е., Пошехонова П. В., Чернышева А.А., Дульнева Г.Н. и ряда других авторов. Затем, по рассчитанным геометрическим параметрам строится 3D-модель в САПР. На сегодняшний день процесс проектирования автоматизирован лишь частично. В основном автоматизация коснулась расчета геометрических параметров радиатора, что отражено, например в [1-3], а построение твердотельной модели, необходимой для формирования конструкторской документации, происходит в полу-автоматизированном режиме.

Актуальной является задача сокращения затрат на проектирование радиаторов за счет автоматизации процесса расчета и построения 3D-модели.

Методы решения

Автоматизировать проектирование радиатора можно, используя средства современных САПР и возможности параметрического моделирования.

Параметрическое моделирование (параметризация) – моделирование (проектирование) с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами. Параметризация позволяет за короткое время «проиграть» (с помощью изменения параметров или геометрических соотношений) различные конструктивные схемы и избежать принципиальных ошибок.

Параметрическое моделирование существенно отличается от обычного двухмерного черчения или трёхмерного моделирования. Конструктор в случае параметрического проектирования создаёт математическую модель объектов с параметрами, при изменении которых происходят изменения конфигурации детали, взаимные перемещения деталей в сборке и т. п.

Выделяют следующие виды параметризации модели.

Табличная параметризация заключается в создании таблицы параметров типовых деталей. Создание нового экземпляра детали производится путём выбора из таблицы типоразмеров. Возможности табличной параметризации весьма ограничены, поскольку задание произвольных новых значений параметров и геометрических отношений обычно невозможно.

Однако табличная параметризация находит широкое применение во всех параметрических САПР, поскольку позволяет существенно упростить и ускорить создание библиотек стандартных и типовых деталей, а также их применение в процессе конструкторского проектирования.

Иерархическая параметризация (параметризация на основе истории построений) заключается в том, что в ходе построения модели вся последовательность построения

отображается в отдельном окне в виде «древа построения». В нем перечислены все существующие в модели вспомогательные элементы, эскизы и выполненные операции в порядке их создания.

Вариационная или размерная параметризация основана на построении эскизов (с наложением на объекты эскиза различных параметрических связей) и наложении пользователем ограничений в виде системы уравнений, определяющих зависимости между параметрами.

Геометрической параметризацией называется параметрическое моделирование, при котором геометрия каждого параметрического объекта пересчитывается в зависимости от положения родительских объектов, его параметров и переменных.

Реализация

Для реализации параметрической модели радиатора была выбрана система *SolidWorks*, как одна из наиболее распространенных в России систем 3D-проектирования и моделирования, обладающая широкими возможностями для параметрического моделирования.

В системе *Solidworks* доступны все перечисленные виды параметризации моделей, включая табличный способ на базе электронных таблиц *Excel*, а также комбинированная параметризация с использованием *API*-технологий (запись и редактирование макросов *VBA*, программирование на языках *Visual Basic*, *Visual C++* и др.).

Для построения параметрической модели ребристого радиатора недостаточно использовать иерархическую и размерную (формулы) параметризации, поскольку большинство алгоритмов теплового расчета радиаторов носят итерационный характер, а указанные инструменты не позволяют реализовывать циклы.

Для решения поставленной задачи было решено использовать комбинацию иерархического, вариационного и табличного метода параметризации на основе электронной таблицы *Excel*. Такой способ параметризации проще *API*-технологий, но его возможности вполне удовлетворяют поставленной задаче.

В основу параметризации модели ребристого радиатора в условиях естественной конвекции положен расчет, приведенный в [4].

Расчет был алгоритмизирован, блок схема алгоритма приведена в [5]. На основе были определены входные и выходные переменные данные. Входные переменные (мощность рассеиваемая радиатором, температура среды, коэффициент теплопередачи радиатора), задаются конструктором. Выходные переменные (размеры основания, количество ребер, межреберное расстояние, площадь поверхности и основания радиатора, допустимый среднеповерхностный перегрев) частично рассчитываются, а частично определяются эмпирически на основе рекомендаций приведённых в [4].

Процедура построения параметрической модели включает в себя следующие основные операции:

- переименование элементов и размеров;
- отображение размеров элемента;
- определение и подтверждение геометрических взаимосвязей;
- создание таблицы параметров (электронная таблица, как внешний файл *Excel*);
- отображение конфигураций детали;
- редактирование таблицы параметров.

Затем, в сформированный файл, с помощью инструментов построения формул *Excel*, вводится алгоритм, при этом выходные переменные алгоритма, расположены в

ячейках, из которых происходит считывание данных для 3D-модели. В результате описанной процедуры была построена 3D-модель (рис. 1).

Моделирование

Для оценки работоспособности выбранного алгоритма расчета, было проведено тепловое моделирование в модуле *SolidWorks Flow Simulation* при следующих параметрах: материал радиатора – алюминий, $K_3 = 0.8$ (коэффициент среднеповерхностного перегрева радиатора), $K_4 = 1$ (коэффициент формы основания радиатора), $K_s = 6$ (коэффициент оребрения радиатора), $a = 7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ (коэффициент теплопередачи радиатора), $P = 5 \text{ Вт}$ (мощность рассеиваемая радиатором), $R_{kp} = 1 \text{ К/Вт}$ (тепловое сопротивление зависящее от качества теплового контакта между транзистором и радиатором), $R_{pk} = 1 \text{ К/Вт}$ (тепловое сопротивление между переходом и корпусом), $T_{pmax} = 373 \text{ К}$ (температура коллекторного перехода), $t_c = 300 \text{ К}$ (температура среды), $h = 0.02 \text{ м}$, $q = 0.001 \text{ м}$, $Q = 0.004 \text{ м}$, внешний вид и конструктивные параметры рассчитанного радиатора приведены на рис. 1.

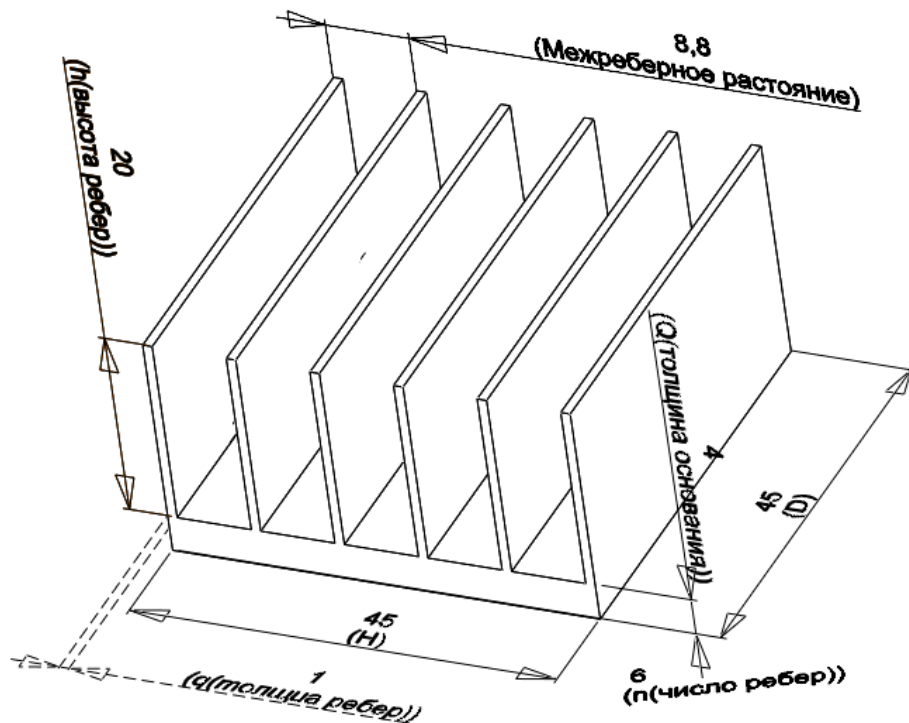


Рис. 1. Твёрдотельная геометрическая модель ребристого радиатора с рассчитанными параметрами

Модель для теплового моделирования помимо радиатора включает в себя модели подстилающей поверхности и полупроводникового элемента. Полупроводниковый элемент заменён алюминиевой пластиной с площадью контакта равной 1 кв. см. Окружающая среда – воздух; давление, влажность и др. параметры равны заданным в программе *Flow Simulation* по умолчанию, и приблизительно соответствуют стандартным условиям.

На рис. 2 приведены диаграммы распределения температур полученные в результате моделирования. В итоге, температура прибора не превысила 75 градусов Цельсия, что свидетельствует о правильности выбранного алгоритма расчета.

Заключение

Описанная параметрическая модель ребристого радиатора позволяет автоматизировать не только расчет геометрических параметров, но и построение 3D-модели. Для этого конструктору достаточно ввести исходные данные для расчета в *Excel* файл.

В дальнейшем планируется разработать аналогичные модели для других типов радиаторов, а так же реализовать разработанные модели в виде динамической библиотеки или приложения. При этом, важно обеспечить максимальную гибкость такого приложения при выборе входных параметров для расчета радиатора. Широкую вариативность входных параметров можно получить при использовании нескольких методов расчетов.

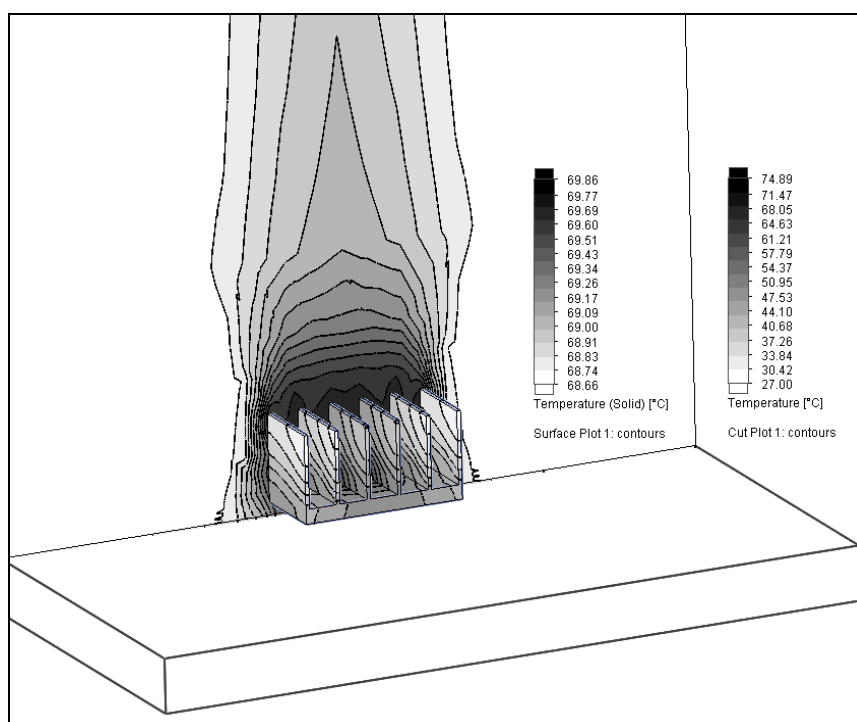


Рис. 2. Твёрдотельная геометрическая модель ребристого радиатора с рассчитанными параметрами

Список литературы

1. Карьгин И. П. Создание компьютерной модели расчета системы охлаждения светодиода // Светотехника и электроэнергетика. 2011. №1.
2. Колпаков А. С. Тепловое моделирование просто и доступно // Электронные компоненты. 2008. №6.
3. Шило Г. И. Проектирование радиаторов с оптимальными массогабаритными параметрами / Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2011. №1-2.
4. Бородин С. М. Обеспечение тепловых режимов в конструкциях радиоэлектронных средств. Ульяновск: УлГТУ, 2008. 52 с.
5. Кучинский П. И., Зограф Ф. Г. Параметрическая модель ребристого радиатора // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. С.399-402.