

В. И. Азаренков

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕПЛОВОЙ МОДЕЛИ И МЕТОДОВ АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ КОНСТРУКЦИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

На основе решения уравнения теплопроводности для прямоугольного параллелепипеда с аналогичными источниками тепла предлагается инженерная методика расчета теплового режима конструкции радиоэлектронной аппаратуры

Ключевые слова: моделирование, тепловой режим, расчет температурного поля

1. Введение

Современное общество характеризуется использованием радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры (РЭА и ЭВА) во всех областях научной, производственной и повседневной деятельности человека. РЭА и ЭВА эксплуатируются в очень жестких температурных условиях (космос, атомная энергетика, горячее производство, эксплуатация техники во всех широтных поясах часто в автономном режиме) при значительных механических нагрузках и электромагнитных воздействиях. Это приводит к необходимости обеспечения высокой её надежности работы, сокращения веса и габаритов, увеличения срока службы изделий. Таким образом, актуальность данной работы заключается в необходимости разработки единых универсальных инженерных методов, математических моделей и алгоритмов анализа температурного поля проектируемой конструкции электронной аппаратуры (ЭА) с целью гарантированного обеспечения надёжной эксплуатации современных электронных устройств в различных, в том числе, весьма суровых внешних условиях.

2. Постановка проблемы

Совершенствование используемых и разработка новых тепловых моделей и математических методов анализа температурных полей конструкций электронной аппаратуры различного класса.

3. Основная часть

3.1. Анализ литературных источников по теме исследования

В работе [1] проведены обзор и анализ возможностей математических методов решения уравнения теплопроводности и анализа температурных полей ЭА. Рассмотрены различные современные методы расчетов теплового режима радиоэлектронной и вычислительной аппаратуры, осуществлены их анализ и классификация. Обозначена перспектива метода разделения переменных для решения конструктор-

ских задач. Обоснованно предсказана необходимость и неизбежность разработки достаточно точной и, одновременно, универсальной инженерной методики расчета температурных полей различной электронной и вычислительной аппаратуры.

В работе [2] в результате анализа показано, что ни один из подходов к решению теоретических вопросов обеспечения теплового режима при конструировании элементов и изделий радиоэлектронной аппаратуры не обходится без рассмотрения вопроса о тепловой модели. И выбор тепловой модели во многом определяет дальнейшую работу конструктора-аналитика: выбор метода расчета, сложность вычислений, точность будущих результатов. В работе осуществлена попытка обоснования предлагаемой тепловой модели ЭА на основании обзора и сравнительного анализа существующих подходов к рассмотрению данного вопроса и проведенных автором исследований.

В работе [3] автором исследован теоретический вопрос о возможности создания единой тепловой и математической моделей температурных полей электронных аппаратов различной геометрической формы, которая может стать основой для разработки общей методики анализа теплового режима проектируемых и существующих изделий электроники.

В работе [4] исследована погрешность математических моделей в задачах теплопроводности твердых тел с плоским представлением одного или нескольких размеров источника тепла. Расчет ошибки пренебрежения реальным размером источника мощности производится вычислением отношения выражений температурного поля в теле с объемным и точечным источниками тепла. Получены выражения для расчета погрешности при плоском, линейном и точечном представлении источников. Построена графическая зависимость относительной погрешности от основных параметров конструкции.

В работе [5] экспериментально доказано, что конструкцию ЭА с малой плотностью монтажа можно представить тепловой моделью в виде квазиоднородного анизотропного твердого тела с различным теплообменом на гранях нагретой зоны; что влияние теплофизических параметров составляющих конструкции и ее элементов при малой плотности монтажа на общую эффективную

теплопроводность нагретой зоны пренебрежимо мало; что полученные средние значения коэффициентов эффективной теплопроводности могут быть использованы для инженерных расчетов теплового режима изделий стоечного типа различного конструктивного исполнения.

В работе [6] показана практическая реализация разработанной модели в виде инженерной методики анализа температурного поля разрабатываемой конструкции РЭА и ЭВА. Изложен единый универсальный алгоритм расчета теплового режима электронной аппаратуры различного конструктивного исполнения: стойка, блок, микросхема.

В работе [7] разработанная модель и инженерная методика расчета температурного режима изделий электроники различного конструктивного исполнения реализована в виде стандарта предприятия и предложена всем его подразделениям, занимающимся разработкой аппаратуры, как основной инструмент проверки работоспособности проектируемых изделий по тепловому критерию.

В работе [8] на примере сравнения теоретического анализа температурного режима стойки оперативного контроля и управления технологическим оборудованием «Кварц-2М» в реальных условиях эксплуатации в пустыне под г. Бухарой и практических замеров реальных перегревов блоков доказана работоспособность созданной инженерной методики.

3.2. Результаты исследований

В рамках проведенных исследований впервые предложены модель, универсальный алгоритм и инженерный метод расчета теплового режима ЭА различного конструктивного исполнения: стойка, блок, микросхема, дающие возможность нахождения значения температуры в любой точке изделия аналитически. Как известно, аналитический метод дает наиболее точное решение. Разработанный метод отличается от существующих отсутствием эмпирических коэффициентов и универсальностью по отношению к различным видам конструкции изделий. Экспериментально на практике доказана высокая эффективность и точность предложенной методики.

В этой же работе впервые получены из решения уравнения теплопроводности выражения для расчета эффективной теплопроводности конструкции вдоль основных координатных осей исходя из максимального/заданного перегрева элементов конструкции. На основании этих зависимостей впервые предложен инженерный метод проектирования аппаратуры с заданным тепловым режимом за счет конструктивного обеспечения предварительно рассчитанных теплофизических параметров изделия. При этом параллельно могут быть реализованы требования по электромагнитной совместимости, габаритам и стоимости ЭА.

Литература

1. Азаренков, В. И. Анализ методов расчета температурных

полей РЭА [Текст] / В. И. Азаренков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2006. — Вып. 4/3 (22). — С. 20–36.

2. Азаренков, В. И. Анализ тепловых моделей РЭА [Текст] / В. И. Азаренков // Вестник национального технического университета «ХПИ»: сб. науч. тр. — Харьков, 2006. — Вып. 10. — С. 39 — 46.
3. Азаренков, В. И. К вопросу разработки общего подхода к расчету нестационарных температурных полей электронных аппаратов различной геометрической формы [Текст] / В. И. Азаренков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2005. — Вып. 5/2 (17). — С. 64–68.
4. Азаренков, В. И. Оценка погрешности расчёта температурных полей РЭА [Текст] / В. И. Азаренков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2008. — Вып. 4/5 (34). — С. 27–29.
5. Азаренков, В. И. Экспериментальное исследование эффективной теплопроводности в электронных аппаратах с малой плотностью монтажа [Текст] / В. И. Азаренков, А. М. Синотин // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. — 2005. — Вып. 140. — С. 111 — 117.
6. Азаренков, В. И. Методика инженерного расчета конструктивных и теплофизических параметров конструкции радиоэлектронной аппаратуры заданной надежности [Текст] / В. И. Азаренков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2008. — Вып. 3/2 (33). — С. 27–31.
7. Азаренков, В. И. СТП 8830-2-79. Комплексная система управления качеством продукции. Аппаратура радиоэлектронная. Методика расчета тепловых режимов [Текст] / В.И. Азаренков, О.М. Дерфель, И.М. Майко, О.В. Хомичский, А.А. Чернышенко // Стандарт предприятия ВНИИАСУГазПром. — Харьков, 1979. — 30 с.
8. Азаренков, В.И. Анализ теплового режима стойки «КВАРЦ» / В.И. Азаренков, И.М. Майко, А.Л. Оксман, А.М. Синотин // Автоматизация, телемеханизация и связь в газовой промышленности: Реферативный сборник ВНИИАСУГазПром. — 1979. — Вып. 5. — С. 5–7.

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ МОДЕЛІ І МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ КОНСТРУКЦІЙ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

В. І. Азаренков

На основі рішення рівняння теплопровідності для прямокутного паралелепіпеда з аналогічними джерелами тепла пропонується інженерна методика розрахунку теплового режиму конструкції радіоелектронної апаратури

Ключові слова: моделювання, тепловий режим, розрахунок температурного поля

Володимир Ілліч Азаренков, старший викладач кафедри системного аналізу та управління Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», тел. (050) 524-84-84, e-mail: azarnikov@ukr.net

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THERMAL MODELS AND METHODS FOR THE ANALYSIS OF TEMPERATURE FIELD STRUCTURES RADIOELECTRONIC EQUIPMENT

V. Azarenkov

Based on the solution of the heat equation for a rectangular parallelepiped with similar heat source is proposed engineering method of calculation of the thermal regime of the design of electronic equipment

Keywords: modeling, thermal conditions, the calculation of the temperature field

Vladimir Azarenkov, senior lecturer of Department of System Analysis and Management, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", tel. +38050 524-84-84, e-mail: azarnikov@ukr.net