

УДК 621.396.6-042.4(076)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ В СРЕДЕ ANSYS



В.Ф. Алексеев
Доцент кафедры ПИКС
БГУИР, кандидат
технических наук, доцент



Д.В. Лихачевский
ФКП БГУИР, кандидат
технических наук, доцент



Г.А. Пискун
Доцент кафедры ПИКС
БГУИР, кандидат
технических наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

E-mail: alexvikt.minsk@gmail.com, likhachevskiyd@bsuir.by, piskunbsuir@gmail.com

В.Ф. Алексеев

Окончил Минский радиотехнический институт. Область научных интересов связана с исследованием проблем тепловой нестационарности полупроводниковых структур, изучением проблем обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Д.В. Лихачевский

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем радиочастотной идентификации объектов, моделированием антенн, разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Г.А. Пискун

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием воздействия электростатических разрядов на микроконтроллеры и интегральные схемы, изучением проблем обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Аннотация. Показана необходимость оценки теплового режима электронной системы на ранних стадиях проектирования. Для этих целей рекомендуется моделирование тепловых процессов, протекающих в ЭС. Показано, что наиболее часто тепловое моделирование выполняется методами изотермических поверхностей, однородного анизотропного тела и экспериментальными методами. Рассмотрено моделирование тепловых процессов модели устройства в среде ANSYS.

Ключевые слова: электронная система, тепловые процессы, моделирование, ANSYS, математическая модель теплофизических процессов, метод конечных элементов.

Введение. На этапе проектирования электронных систем (ЭС) при выборе вариантов конструкции и компоновки наряду с задачами обеспечения помехоустойчивости, повышения надежности, технологичности и других конструктивно-технологических требований необходимо решать задачи обеспечения нормального теплового режима. Микроминиатюризация ЭС в условиях повышенной нагрузки на аппаратуру и температуры окружающей среды приводит к необходимости решения задач оценки тепловых полей таких систем.

Наиболее значимые результаты по исследованию тепловых процессов были получены авторами [1–12], а также белорусскими и российскими учеными, которые проводили исследования тепловых процессов в микроэлектронных структурах: А.И. Белоус, А.С. Шалумов, Н.В. Малютин, В.В. Жаднов, А.В. Сарафанов, Ю.Н. Кофанов [13–16].

Авторами разработана методика моделирования виртуальных картин тепловых полей в двумерных и трехмерных конструктивных модулях ЭС, базирующуюся на разбиении конструкции ЭС на конечные элементы, позволяющая создать базы данных параметров изделий электронной техники и деталей конструкций ЭС, зависящих от температуры.

Описание задачи исследования. Анализ уравнений математической физики, описывающей тепловые поля в двумерном и трехмерном пространствах, с учетом особенностей компьютерного моделирования, позволил авторам провести комплексные исследования, направленные на получение научно-обоснованных технических и методических решений, способствующих созданию моделей теплофизических процессов.

Были решены следующие задачи:

1. Построены математические модели тепловых процессов для двумерных и трехмерных конструктивных модулей ЭС

2. Осуществлена аппроксимацию непрерывной искомой функции температуры, зависящей от двух координат, кусочно-непрерывной, определенной на множестве двумерных конечных элементов (КЭ).

3. Смоделировать тепловые процессы ЭС с помощью программных продуктов ANSYS.

Установлено, что исследование теплового режима конструкции ЭС состоит в определении температуры в некоторой точке $t_j = t_j(\tau, P)$ и температурного перегрева $\Delta t_j = \Delta t_j(\tau, P)$. В установившемся (стационарном) режиме Δt_j , не зависит от времени τ , а зависимость $\Delta t_j = \Delta t_j(P)$ называемой тепловой характеристикой j -й точки (области) конструкции.

Показано, что наиболее часто тепловое моделирование выполняется методами изотермических поверхностей, однородного анизотропного тела и экспериментальными методами.

При построении математической модели теплофизических процессов выведено уравнение описывающее тепловые процессы в трехмерном пространстве. Начальное условие в отличие от уравнения гиперболического типа состоит в задании функции $u(x, y, z, t)$ в начальный момент t_0 . Для выделения единственного решения уравнения теплопроводности к уравнению присоединены начальные и граничные условия. Показано, что граничные условия могут быть различны в зависимости от температурного режима на границах.

Описана реализация метода конечных элементов (МКЭ) в ANSYS. Выполнено имитационное моделирование тепловых процессов на примере устройства состоящего из корпуса и печатной платы в среде ANSYS.

Авторами показано решение МКЭ поставленной краевой задачи программой ANSYS.

Рассмотрено моделирование тепловых процессов модели устройства в среде ANSYS. Электронный модуль, предлагаемый для моделирования в качестве примера, включает в себя карты памяти, микропроцессор (МП), резисторы, конденсаторы, разъемы для периферийных устройств.

В ходе моделирования были получены изображения распределения температур на электронном модуле. Графическая модель нагрева платы представлена на рисунке 1. Выполнено моделирование распределения воздушных потоков внутри устройства, при различных вариантах размещения системы охлаждения в виде вентилятора. На рисунке 2 представлена модель распространения воздушных потоков внутри устройства при первом варианте размещения вентилятора.

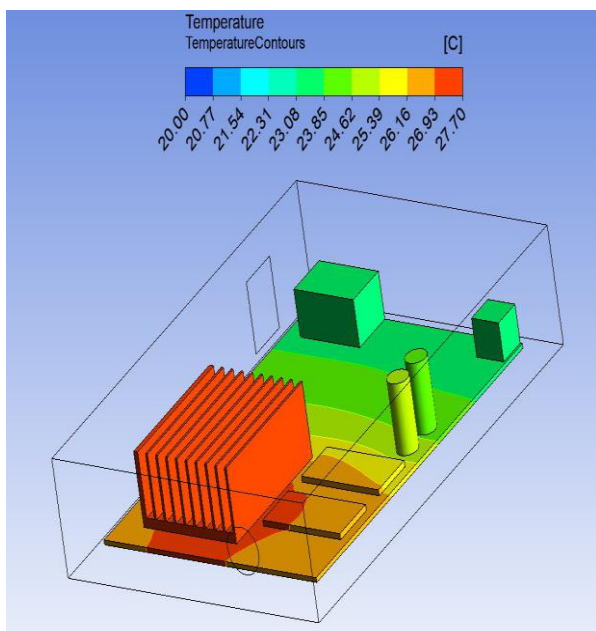


Рисунок 1 – Распределение температуры в электронном модуле

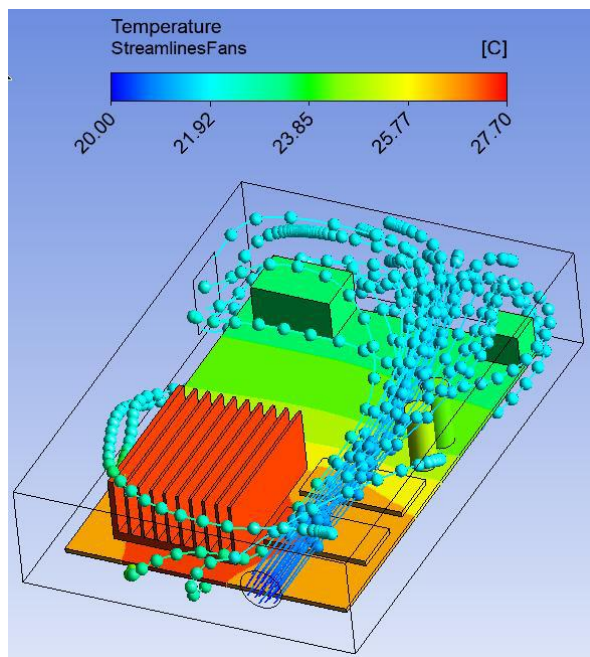


Рисунок 1 – Распределение воздушных потоков внутри ЭС при первом варианте размещения вентилятора

На рисунке 3 представлена модель распространения воздушных потоков внутри устройства при втором варианте размещения вентилятора. На рисунке 4 показано распределение температур в электронном модуле, после изменения расположения вентилятора.

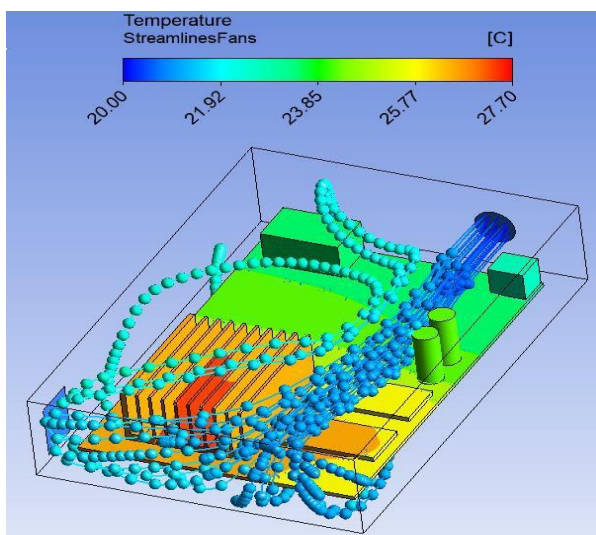


Рисунок 3 – Распределение воздушных потоков внутри ЭС при втором варианте размещения вентилятора

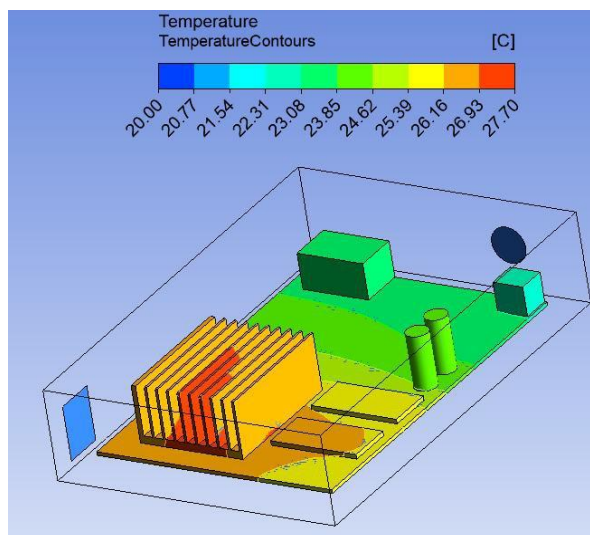


Рисунок 4 – Распределение температур в электронном модуле, после изменения расположения вентилятора

Анализ данных, полученных в ходе моделирования, позволяет сделать вывод, что второй вариант расположения системы охлаждения позволяет достичь меньшего нагрева устройства.

Заключение. В результате анализа уравнений математической физики, описывающих тепловые поля в двумерном и трехмерном пространствах, определен математический аппарат для применения его при моделировании картин тепловых полей в ЭС при их конечноэлементной (КЭ) дискретизации. Построены математические модели тепловых процессов для двумерных и трехмерных конструктивных модулей ЭС.

Осуществлена аппроксимация непрерывной искомой функции температуры, зависящей от двух координат, кусочно-непрерывной, определенной на множестве двумерных КЭ. Определены наиболее подходящие функции формы для дискретизирующих конструкции ЭС КЭ.

Выполнено моделирование тепловых процессов в среде ANSYS. Получены графические результаты распределения температур. Промоделировано движение воздушных потоков внутри устройства.

Список литературы

- [1]. The Impact of ESD on Microcontrollers / Gennady A. Piskun, Viktor F. Alexeev, Sergey M. Avakov, Vladimir E. Matyushkov, Dmitry S. Titko ; Edited by PhD, Associate professor Viktor F. Alexeev. - Minsk : Kolorgrad, 2018. – 184 p.
- [2]. Моделирование джоулевого нагрева в среде COMSOL Multiphysics / В. Ф. Алексеев и др. // Доклады БГУИР. - 2018. – № 7 (117). – С. 90–91.
- [3]. Алексеев, В.Ф. Программная реализация процесса оценки теплового режима средства медицинской электроники / В.Ф. Алексеев, Д.В. Лихачевский, Г.А. Пискун // Медэлектроника – 2018. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XI Международная научно-техническая конференция, Минск, 5–6 декабря 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – С. 255–258.
- [4]. Оптимизация теплового режима приемопередающего устройства по результатам моделирования тепловых процессов в среде SolidWorks Flow Simulation / Пискун Г. А., Алексеев В. Ф., Романовский П. С., Стануль А. А. // Znanstvena misel journal. – 2019. – Vol. 1, № 35. – P. 47–60.
- [5]. Алексеев, В.Ф. Совершенствование математической модели расчета надежности КМОП СБИС с учетом особенностей воздействия электростатического разряда / В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун // Технологии электромагнитной совместимости. – 2016. – № 1 (56). – С. 49–54.
- [6]. Алексеев, В.Ф. Особенности формализации задач принятия проектных решений при автоматизации проектирования радиоэлектронных средств / В.Ф. Алексеев // Известия Белорусской инженерной академии. – Минск, 2004. – № 1 (17/4). – С. 250–259.
- [7]. Алексеев, В.Ф. Тепловые модели отказов полупроводниковых структур при воздействии мощных электромагнитных импульсов / В.Ф. Алексеев, В.И. Журавлев // Доклады БГУИР. – 2005. – № 2 (10). – С. 65–72.
- [8]. Пискун Г.А. Методы технической диагностики микроконтроллеров при воздействии электростатических разрядов / Г.А. Пискун, В.Ф. Алексеев, О.А. Брылева // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2013. – №2 (39). – С. 130–137.
- [9]. Пискун, Г. А. Методика расчета распределения температуры в токоведущих элементах печатной платы при воздействии электромагнитного импульса до 2-х наносекунд в Comsol Mypthysics / Г. А. Пискун, В. Ф. Алексеев, А. А. Денисов // Электронный депозитарий научных изданий БелИСА. – 2018 . – №Д201807 от 05.01.2018.
- [10]. Пискун, Г. А. Распределение температуры в токоведущих элементах печатной платы при воздействии электромагнитного импульса длительностью до 2-х наносекунд / Г. А. Пискун, В. Ф. Алексеев, А. А. Денисов // Электронный депозитарий научных изданий БелИСА. – 2018 . – №Д201806 от 05.01.2018.
- [11]. Пискун, Г. А. Распределение температуры в токоведущих элементах интегральных схем при воздействии электромагнитного импульса длительностью до 2-х наносекунд / Г. А. Пискун, В. Ф. Алексеев, А. А. Денисов // Электронный депозитарий научных изданий БелИСА. – 2018 . – №Д201805 от 05.01.2018.
- [12]. Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2017. – 124 с.
- [13]. Белоус, А.И. Полупроводниковая силовая электроника / А.И. Белоус, С.А. Ефименко, А.С. Турцевич. – М. : Техносфера, 2013. – 216 с.
- [14]. Жаднов, В.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств : Учебное пособие для вузов / В.В. Жаднов, А.В. Сарафанов – М. : Солон-Пресс, 2012. – 464 с.
- [15]. Автоматизированная система АСОНИКА для проектирования высоконадежных радиоэлектронных средств на принципах CALS-технологий. Том 1. Научное издание. / А.С. Шалумов и [др.]; под ред. Ю.Н. Кофанова,

Н.В. Малютина, А.С. Шалумова. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 368 с.

[16]. Моделирование радиоэлектронных средств с учетом внешних тепловых, механических и других воздействий с помощью системы АСРНИКА : моногр. / А.С. Шалумов [и др.]; под ред. проф. А.С. Шалумова. – Минск : ВА РБ, 2014. – 373 с.

MODELING OF THERMAL FIELDS OF ELECTRONIC SYSTEMS ON ANSYS

V.F. Alekseev

*Associate Professor, Chair of
Information and Computer
Systems Design, BSUIR, PhD,
Associate Professor*

D.V. Likhachevsky

*Dean of the Faculty of
Computer Engineering
BSUIR, PhD,
Associate Professor*

G.A. Piskun

*Associate Professor, Chair of
Information and Computer
Systems Design, BSUIR, PhD,
Associate Professor*

Abstract: The necessity of evaluating the thermal regime of an electronic system at the early stages of design is shown. For these purposes, it is recommended to model the thermal processes occurring in the ES. It is shown that most often thermal modeling is performed by methods of isothermal surfaces, a homogeneous anisotropic body, and experimental methods. Modeling of thermal processes of the device model in the ANSYS environment is considered.

Keywords: electronic system, thermal processes, modeling, ANSYS, mathematical model of thermophysical processes, finite element method.