

05, май 2016

УДК 621.38+004

Моделирование тепловых режимов элементов на печатной плате средствами САПР

*Москаленко К.И., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»*

*Научный руководитель: Соловьев В.А., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры»
shakhnov@iu4.bmstu.ru*

Введение

Современные тенденции рынка электроники накладывает жесткие требования на время обновления продукционного ряда изделий, их качественные и надежность характеристики. Добиться конкурентных преимуществ возможно только с внедрением синхронных сквозных автоматизированных методов проектирования и производства изделий электронной техники [1]. В настоящее время САПР негласно разделяют на 3 категории: легкие, средние, тяжелые. Для их оценки используют ГОСТ 23501.108-85, устанавливающий следующие признаки классификации САПР [2]:

- тип/разновидность и сложность объекта проектирования;
- уровень и комплексность автоматизации проектирования;
- характер и количество выпускаемых документов;
- количество уровней в структуре технического обеспечения.

Соответственно, «легкие» программы ориентированы на автоматизирование базовых операций с минимальным набором компонентов. «Средние» являются расширенными версиями «легких» с несколькими дополнениями: автоматическая

трассировка и размещение элементов, проверка целостности сигнала, инструменты библиотек и простая САМ. «Тяжелые» являются полноценными средами разработки. Такие системы обычно поддерживают идею сквозного синхронного проектирования, т.е. охватывают подготовку производства на всех этапах с возможностью внесения и передачи на все последующие этапы изменений [3-6]. Для них характерны централизованное управление библиотеками, возможность работы со сложными платами, бессеточные алгоритмы трассировки, оценка моделирования. Анализу синхронных технологий сквозного проектирования изделий электронной техники и посвящена данная работа.

С развитием технологий стоимость потребительских электронных изделий уменьшается, но новые разработки требуют значительных материальных вложений. Дабы сократить выход брака и повысить качество продукции, необходимо усовершенствовать расчеты надежности в САЕ системах. В «тяжелых» САПР есть устоявшиеся алгоритмы вычисления температурных режимов, т.е. эта область изучена на уровне экспертов. Но нельзя сказать, что ей некуда развиваться. «Тяжелые САПР» не рентабельны для малых проектов и небольших групп разработчиков. В остальных САПР эта проблема затронута поверхностно, либо не раскрыта вообще.

1. Анализ программных средств для оценки тепловых режимов электронных средств

Оценка тепловых режимов электронных средств остается важной задачей. На производстве термический контроль производится с помощью приборов входного контроля, позволяющих получить картину распределения температур. Это может происходить несколькими способами: внешнее тестирование платы в рекомендованных температурных режимах либо помещение устройства в тепловизор с внутренней камерой. Последний метод позволяет получить фотографическую картинку, где цветом указаны тепловые режимы в заданных условиях эксплуатации. Так же они позволяют количественно оценить тепловые параметры в определенных технических условиях, что важно и для поставляемых изделий: интересующие параметры могут отсутствовать в технических характеристиках на устройство или плату. Такие «термошкафы» удобны, когда мы имеем поток различной электроники. В случае собственных разработок гораздо

удобнее и экономичнее оценивать тепловые режимы средствами САПР.

Имея электрические и коммутационные схемы легче оценить возможные критические ситуации и установить предельные режимы использования сразу в среде разработки: внесенные изменения будут исходным условием для дальнейших этапов. Таким образом, уменьшается количество брака, материальные издержки; увеличивается срок службы; проводится предпроизводственная оценка моделирования. Как уже было сказано, такие программы достаточно дороги; их алгоритмы являются закрытым кодом и не могут быть внедрены в более простые системы проектирования. Решением этой проблемы являются узкоспециализированные продукты, решающие только одну задачу.

2. Программы и их продукты

«Тяжелые» САПР представлены на российском рынке следующими компаниями [6]:

- ANSYS (<http://www.ansys.com/Products/Electronics/Electronics+Cooling>);
- АСОНИКА (www.asonika.ru);
- Mentor Graphics (<http://www.megratec.ru/products/11>).
- Creo Simulate (PTC, <http://ru.ptc.com/cad/simulation/creo-simulate>)
- NX Thermal, Advanced Thermal, Electronic system cooling (Siemens PLM, http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/products/nx/for-simulation/thermal-analysis/)

Каждая компания выпускает собственный продукт для проектирования тепловой надежности, но в целом они схожи. Российская разработка АСОНИКА использует метод критического пути, заграничные аналоги построены на методе конечных элементов; нет библиотеки базовых элементов; экспорт и импорт для узкого круга систем.

Компания ANSYS выпускает ANSYS Icepak. Получив данные из SIwave, этот продукт, после завершения своей работы, передаст данные в Mechanical: механическая надежность требует моделирования тепловых нагрузок. Для взаимодействия физики нескольких дисциплин реализован подход Multiphysics. Этот метод обеспечивает целостное представление о надежности конструкции печатной платы, может оценить суммарные электрические и тепловые эффекты. Термическое моделирование работает с теми же библиотеками, что и остальные продукты линейки. ANSYS Icepak позволяет

имитировать физические явления. В этом тесном взаимодействии получается общий профиль рассеиваемой мощности и температуры. Имеются библиотеки тепловых решений; прямой импорт из других САПР; возможность задания граничных условий периода для теплового моделирования. По сравнению с конкурентами, ANSYS Icepak максимально сокращает время расчетов, что является огромным плюсом.

Mentor Graphics выпускает 2 продукта: FloTHERM и FloEFD. Продукты основаны на МКЭ. Первый позволяет инженерам создать математические модели и выполнить тепловой анализ; содержит подсистемы для анализа работы устройств защиты от теплового воздействия и библиотеку тепловых моделей. FloEFD имеет автоматическую сетку и широкую интеграцию с CAD системами.

Компания PTC выпускает программное решение Simulate в составе семейства Creo. В этой САПР используется метод конечных элементов, при этом изменение КЭ-сетки достигается за счет изменения порядка аппроксимирующего полинома, а не повторного разбиения, что существенно ускоряет процесс проектирования и снижает требования к аппаратному обеспечению. Система позволяет проводить идеализацию модели, задавая балочные, оболочечные и прочие идеализированные элементы, выполнять анализ установившегося состояния тепловых режимов, задавая стационарные температуры, условия конвекции в пространстве (в том числе импортируемые) и тепловые нагрузки (абсолютные и удельные). Система обладает развитым функционалом обработки результатов анализа в виде графиков, диаграмм и пространственных распределений тепловых полей, в том числе анимированных. Тепловую нагрузку возможно передать в модуль анализа на механические воздействия, чтобы исследовать, к примеру, коробление (деформацию) компонента или сборки на печатной плате вследствие ее перегрева. Модуль расширения Advanced Simulation дополнительно дает возможность проводить нелинейный тепловой анализ, задавая температурно зависимые условия конвекции и характеристики материалов, а также выполнять термическое моделирование переходных процессов.

Компания Siemens PLM Software предлагает развитые средства CAE-анализа в области тепловых режимов. Решения NX Thermal и Advanced Thermal позволяют учесть теплопередачу как конвекцией, так и за счет теплопроводности и излучения, выполнять оптимизацию тепловых потоков, находить проблемные «горячие» точки конструкции на

ранних этапах проектирования. Системы также выполняют идеализацию моделей, позволяют задавать нелинейные тепловые свойства материалов. Модуль Advanced Thermal учитывает омический нагрев, эффект Пельтье и пр., обладает развитыми возможностями расчета нагрева излучением, способен моделировать одномерные гидравлические сети. Специализированный модуль Electronic system cooling дополнительно учитывает устройства управления охлаждением, выполняет построение тепловых моделей моделирование электрических и электронных компонентов, строит модели сборок на многослойных печатных платах с пространственным распределением тепловых характеристик. Модуль способен моделировать ламинарные и турбулентные охлаждающие потоки, внешние и внутренние потоки, учитывать высоту над уровнем моря, моделировать потоки в корпусе и проводить геометрическую оптимизацию конструкции. Модуль Electronic system cooling обладает развитой библиотекой устройств управления охлаждением и самих охлаждающих вентиляторов и прочих устройств.

АСОНИКА является российской разработкой. Этот продукт предназначен для моделирования различных тепловых процессов, протекающих в стойках, узлах и микросборках РЭА. Моделирование термических процессов происходит по следующим направлениям:

- определение тепловых режимов всех элементов узла;
- выбор варианта конструкции, учитывая распределение тепла;
- выбор варианта защиты от теплового воздействия;
- испытание узла в различных температурных диапазонах.

При анализе сложных конструкций определяются температуры выделенных изотермических объёмов; при анализе типовых — температуры ЭРИ [7]. Так же, как и в ANSYS Icepak, полученные результаты используются в качестве граничных условий для моделирования следующего этапа разработки; имеет обширные библиотеки; качественную поддержку.

В множестве пакетов для тепловых расчетов можно выделить Solid Works Flow Simulation 2013. Система относится к «средним» САПР, но может составить конкуренцию более дорогим аналогам: дружелюбный интерфейс, удобная система расчетов устройств защиты от термического влияния, впечатляющие объемом библиотеки (в том числе для

материалов печатных плат с разным количеством слоев).

Заключение

Таким образом, представленные на рынке системы имеют много общего: положительные стороны варьируются незначительно, отрицательные равнозначны. Автоматизация проведена частично; цена лицензионного продукта высока и не оправдывает ожиданий разработчика; необходим импорт-экспорт в более широкий круг САПР, или как альтернатива создание промежуточных узкоспециализированных продуктов.

Список литературы

- [1] Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.В. Конструкторско-технологические расчеты электронной аппаратуры: учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 165 с.
- [2] Потапов Ю. Выбор САПР для проектирования печатных плат // Электронные компоненты. 2003. № 7. С. 1–7.
- [3] Адамова А.А., Власов А.И. Визуальное моделирование адаптации подготовки производства к выпуску новой продукции // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2014. № 2 (154). С. 46-56.
- [4] Власов А.И., Михненко А.Е. Информационно-управляющие системы для производителей электроники // Производство электроники. 2006. № 3. С. 15-21.
- [5] Власов А.И., Михненко А.Е. Принципы построения и развертывания информационной системы предприятия электронной отрасли // Производство электроники. 2006. № 4. С. 5-12.
- [6] Горячев Н.В. Программные средства теплофизического проектирования печатных плат электронной аппаратуры // Молодой ученый. 2013. № 10. С.128-130.
- [7] Андреев К.А., Власов А.И., Камышная Э.Н., Тиняков Ю.Н., Лавров А.В. Автоматизированная пространственная оптимизация компоновки блока управления датчика давления по тепловому критерию // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 6 (18). С. 51.

- [8] Панфилова С.П., Власов А.И., Гриднев В.Н., Червинский А.С. Бесконтактный тепловой контроль электронно-вычислительных средств // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2007. № 6 (72). С. 42-49.
- [9] Панфилова С.П., Власов А.И., Гриднев В.Н., Червинский А.С. Бесконтактный тепловой контроль изделий электронной техники // Производство электроники. 2007. № 3. С. 25-30.
- [10] Власов А.И. Системный анализ технологических процессов производства сложных технических систем с использованием визуальных моделей // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 10-2 (17). С. 17-26.
- [11] Маркелов В.В., Власов А.И., Камышная Э.Н. Системный анализ процесса управления качеством изделий электронной техники // Надежность и качество сложных систем. 2014. № 1 (5). С. 35-42.
- [12] Курносенко А.Е., Соловьев В.А., Арабов Д.И. Программные модули для организации совместного проектирования электронной и механической составляющих изделия в САПР Solid Edge/NX // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2014. № 3 (155). С. 85-89.
- [13] Шахнов В.А., Зинченко Л.А., Соловьев В.А., Курносенко А.Е. Основы конструирования в Solid Edge. Пособие по проектированию изделий в приборостроении. М.: ДМК Пресс, 2014. 272 с.: ил.