

1.10. КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ В РАМКАХ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Цель лекции: изучение основных положений концепции систем инженерного анализа изделий приборостроения в рамках поддержки жизненного цикла.

Тенденции развития САПР в конструкторско-технологическом проектировании электронных средств характеризуются интеграцией технологий пространственного параметрического моделирования в концепцию поддержки жизненного цикла изделия. Такая тенденция, в частности, предполагает интеграцию конструкторской (CAD) подсистемы и подсистемы инженерного анализа (CAE), что позволяет организовать параллельную работу инженеров и, в свою очередь, существенно сокращает временные затраты на разработку изделия и ускоряет вывод его на рынок. Одной из ключевых проблем интеграции является обеспечение взаимной миграции данных проектных моделей и гибкого изменения параметров проектирования различными подсистемами и реализующими их инструментами. Эта задача, в частности, встает на этапе подготовки (препроцессинга) данных для инженерного анализа моделей.

При проектировании изделий приборостроения на печатных платах инженерный анализ, как правило, применяют в целях моделирования тепловых режимов, определения собственных частот конструкции и откликов исследуемой системы на механические воздействия – статические и динамические. На ранних этапах процесса конструирования изделия инструменты моделирования целесообразно использовать для предварительной оценки тепловых и механических режимов работы модулей в заданных условиях эксплуатации. Использование результатов анализа позволяет сократить цикл проектирования устройств путем исключения из него этапа изготовления опытных образцов и, соответственно, их испытаний на надежность под воздействием тепловых и механических нагрузок. Проблемы, которые могут быть выявлены на этой ранней стадии проектирования изделий, устраняются, как правило, без существенных затрат путем внесения изменений в компоновку модуля или конструкции в целом.

Результаты анализов моделей на тепловые и механические воздействия следует учитывать в смежных этапах сквозного цикла проектирования. Одним из важных этапов проектирования является выбор компонентов и их размещение на печатной плате. Следует учитывать различные аспекты результатов температурного анализа в алгоритмах размещения, в том числе запрещение установки компонентов с жесткими температурными ограничениями близко к мощным источникам тепла. Необходимо использовать данные теплового анализа для оценки соответствия характеристик создаваемого устройства требо-

ваниям технического задания, сравнивая значения температур компонентов, полученных в результате моделирования теплового поля, с максимальными заданными значениями. В случае, если значение рассчитанной температуры превышает установленную в техническом задании или собственную максимальную температуру элемента, то необходимо преобразование модели сборки, которое может заключаться в модификации размещения компонентов на плате, изменения элементной базы, условий охлаждения и пр.

Следующий этап, в котором необходимо учитывать температурные ограничения – это задача трассировки коммутационных структур. Алгоритмы трассировки и компоновки должны принимать во внимание распределение плотностей токов и изменять геометрию проводников в соответствии с заданными ограничениями по токам в трассах.

Таким образом, в проектировании изделий приборостроения различного уровня можно выделить два ключевых направления инженерного анализа коммутационных структур:

- анализ тепловых полей;
- анализ собственных частот;

Комплексное проектирование изделий приборостроения и их инженерный анализ осуществляется, как правило, посредством применения комплекса инструментов (различных специализированных пакетов САПР). Одна САПР может эффективно решать задачи компоновки и трассировки модулей на печатных платах (ЕСАD-системы), вторая – задачи проектирования корпусных деталей и сборок (САD-система), третья – задачи анализа конструкций на механические и тепловые воздействия, расчета принудительного охлаждения, анализа электромагнитной совместимости (САЕ-система/системы) и т.д. Задачи проектирования достаточно сложного изделия далеко не всегда можно решить в рамках какой-либо одной САПР.

При этом часто возникает проблема, что для работы в рамках одного предприятия может быть необходимы лишь часть функционала от систем различного назначения. Например, для проведения разных видов инженерных анализов зачастую необходимы различные САЕ-системы, что приводит к увеличению необходимого количества конверторов между этими системами. Конечно, данной проблемы могло бы не быть, если бы для каждого предприятия или отрасли существовала бы универсальная система, которая имела бы только необходимый функционал для полного цикла проектирования. В настоящее время создание такой системы для каждой организации является затруднительным и дорогостоящим.

Современные инструменты автоматизированного инженерного анализа конструкций включают следующие основные программные модули: препроцессор, процессор и постпроцессор. Препроцессор обеспечивает анализ исходных данных, их приведение к необходимому формату, начальную параметризацию и генерацию сеток конечных элементов (при необходимости), решает задачи построения макромоделей и их детализацию. Процессор обес-

печивает выполнение процедур расчета и анализа согласно выбранным задачам. Постпроцессор обеспечивает визуализацию результатов моделирования в различных режимах отображения, сохранение данных и интеграцию с другими инструментальными средствами САПР.

Здесь важно обеспечить общую универсальность, благодаря которой пре- и постпроцессор могли бы работать с различными «ядрами» расчетных систем. Вариантом решения этой проблемы синхронного взаимодействия между различными инструментами проектирования является создание универсального пре- и постпроцессора, который может обращаться к различным системам через нейтральный формат. Данный пре- и постпроцессор может использоваться для проведения инженерных анализов конструкций на механические и тепловые воздействия и, одновременно – для интеграции с ECAD-системами. Таким образом, функционал разных систем включается в промежуточную систему, которая создает единую среду для работы в различных инженерных дисциплинах. В данном случае важно, чтобы САПР имели открытую библиотеку и единый стандарт взаимодействия компонентов, например OLE/COM. Это обеспечивает сокращение времени, затрачиваемого на проектирование, за счет переноса испытаний разрабатываемого изделия на его цифровой макет, а также за счет более тесной интеграции разработчиков электронной и механической части устройства.

1.10.1. АНАЛИЗ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕ- И ПОСТПРОЦЕССОРА

Рассмотрим подробнее концепцию реализации универсального пре- и постпроцессора для инженерного анализа. Представим пре- и постпроцессор в виде модели «черный ящик» (контекстной диаграммы в нотации IDEF) с использованием метода абстрагирования (рис. 1.82). Слева расположим входные воздействия на исследуемый объект, в данном случае, на электронный модуль первого уровня, справа выходные данные по инженерному анализу, сверху управляющие воздействия, способствующие изменению параметров электронного модуля, снизу способы отображения и моделирования сборки.



Рис. 1.82. Контекстная диаграмма исследуемого объекта

Под входными воздействиями понимаются воздействия, формирующие 3D-модель электронного модуля первого уровня, которая впоследствии будет подвергаться анализу.

На рис. 1.83 представлена архитектура пре- и постпроцессора для инженерного анализа электронного модуля первого уровня. На диаграмме показаны основные факторы, влияющие на работу пре- и постпроцессора, а также управляющие воздействия и методы моделирования.

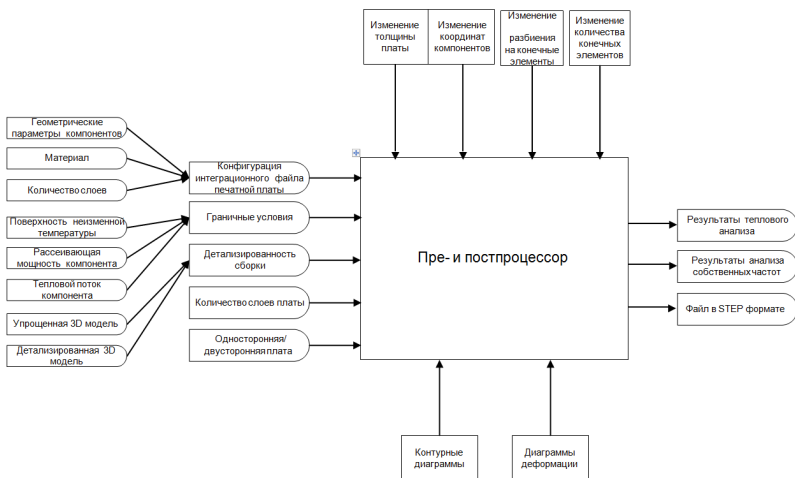


Рис. 1.83. Концепция архитектуры пре- и постпроцессора для инженерного анализа

С использованием разработанной модели возможно создание пре- и пост-процессора, которые на основе информации о 3D-модели электронного модуля и граничных условиях способны готовить и, соответственно, визуализировать данные по инженерному анализу. Далее рассматриваются основные критерии, влияющие на работу пре- и постпроцессора в рамках проведения инженерного анализа.

Посредством диаграммы вариантов использования представим описание функциональности разрабатываемой подсистемы для инженерного анализа электронных модулей на тепловые и механические воздействия, то есть выделим актеров и прецеденты, непосредственно относящиеся к ним, а также покажем отношения между ними. Разработанная диаграмма вариантов использования представлена на рис. 1.84.

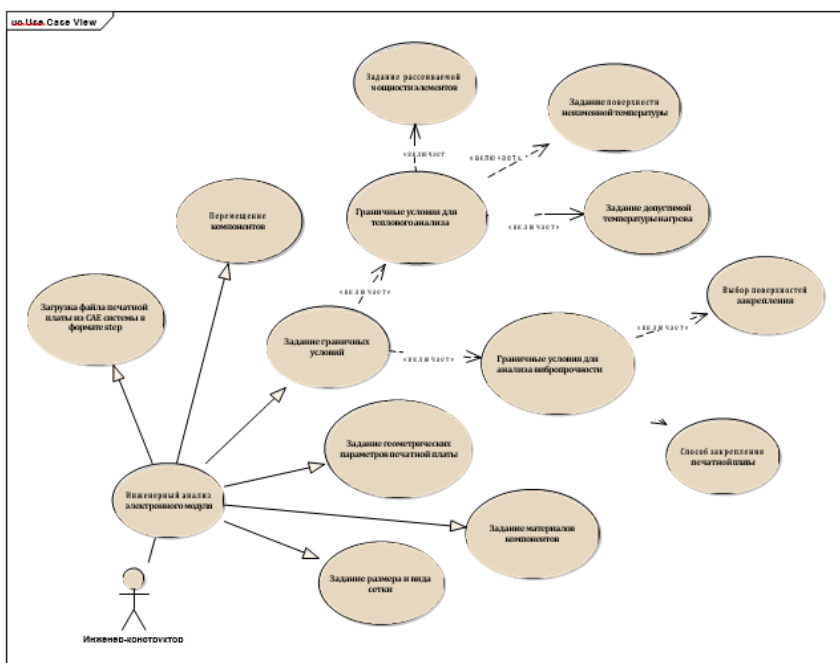


Рис. 1.84. Диаграмма вариантов использования препроцессора для инженерного анализа электронных модулей первого уровня на основе COM-стандарта

Из диаграммы вариантов использования видно, что подсистема для инженерного анализа электронных модулей первого уровня на основе COM-стандарта позволяет регулировать большинство параметров, влияющих на инженерный анализ, а также производить подготовительные расчеты для передачи в САПР Femar. На рис. 1.85 изображена диаграмма состояний, описывающая проведение инженерного анализа на примере электронных модулей первого уровня.

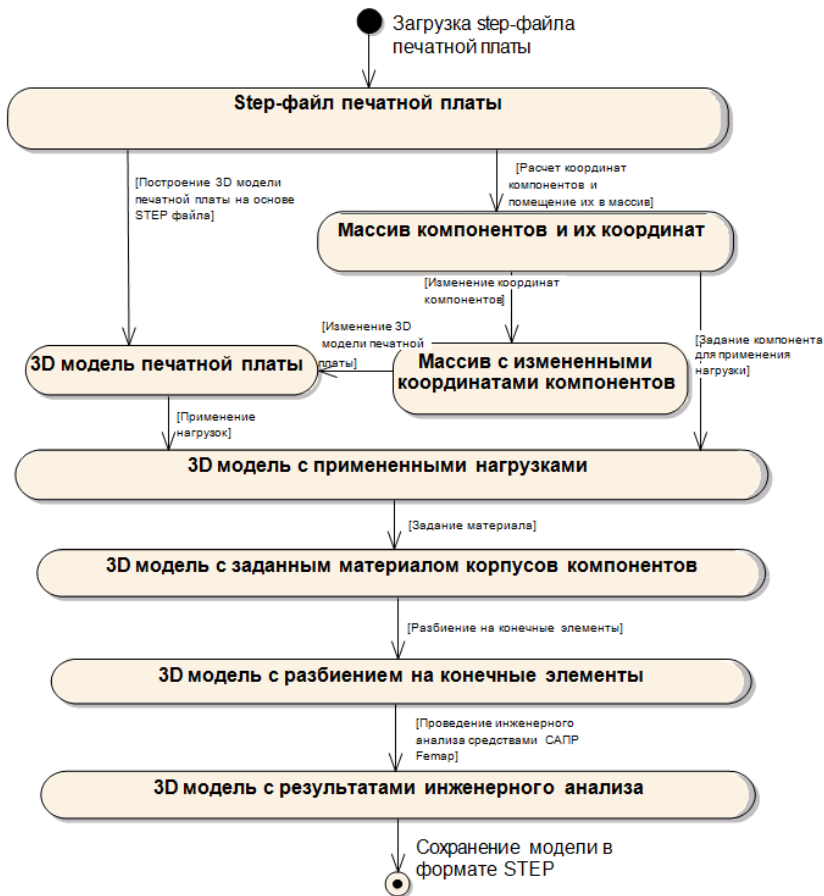


Рис. 1.85. Диаграмма состояний подсистемы для инженерного анализа электронных модулей первого уровня на основе COM-стандарта

Программе анализа пересылается полностью определенная конечно-элементная модель со всеми параметрами. После проведения анализа полученное решение подготавливается постпроцессором к визуализации.

С точки зрения механических воздействий чаще всего требуется вывод данных о собственных частотах конструкции, а также о возникающих деформациях и напряжениях. Для этой цели традиционно используются контурные графики, где отображаемые параметры кодируются различными цветами непосредственно на изображении исследуемого объекта. Данный способ визуализации результатов анализа используется и в разрабатываемом пре- и постпроцессоре в качестве одного из самых наглядных способов представления теплового поля и деформации печатной платы (см. рис. 1.86).

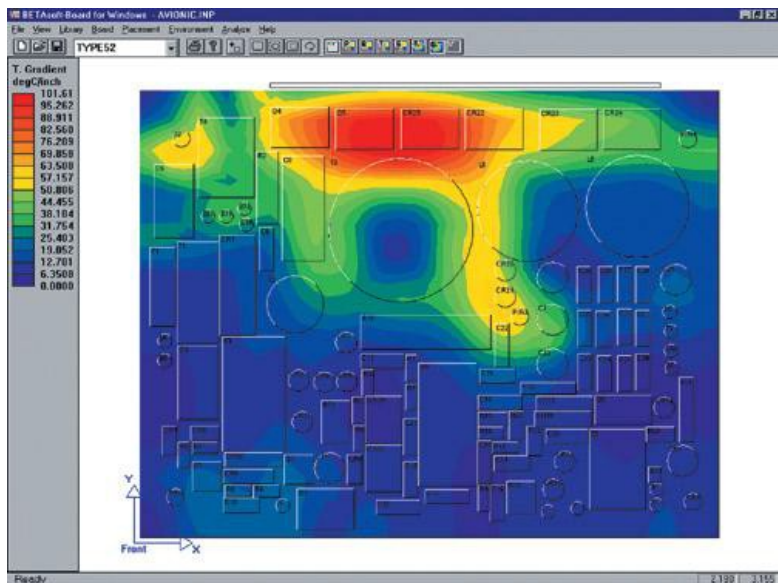


Рис. 1.86. Пример отображения результатов теплового анализа платы в пакете BETASoft-Board

Для динамических анализов, таких как анализ откликов на вибрационные и ударные воздействия, более оправдано применение средств анимации изображения. Пре- и постпроцессор позволяет выводить анимированную модель деформации электронного модуля, а также сохранять изображение теплового поля или деформации печатной платы (подобно примеру, представленному на рис. 1.87) в качестве конечного результата анализа.

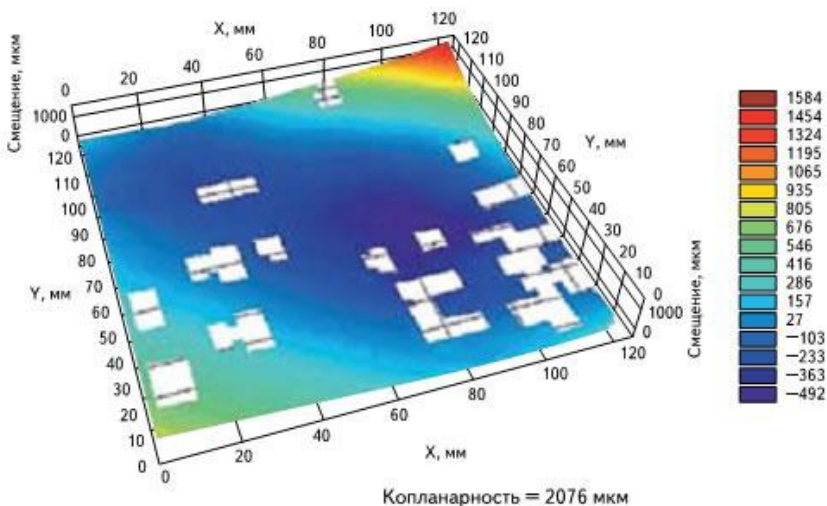


Рис. 1.87. Пример отображения результатов анализа деформации печатной платы

1.10.2. ОПИСАНИЕ ПОДХОДА К ПРОЦЕССУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Моделирование изделий – процесс, требующий от пользователя понимания содержания расчета и цели исследований. Ведущая роль в проведении расчета отведена пользователю – конструктору изделия приборостроения.

Рассматривать процесс моделирования будем на примере программного обеспечения Creo/Simulate – универсального инструмента прочностного и теплового расчета, предназначенного для решения очень широкого круга задач методом конечных элементов. Универсальные инструменты всегда требуют большей подготовки пользователя, нежели специальные, предназначенные для решения какого-либо определенного класса задач. В связи с этим на начальных этапах использования Creo/Simulate начинающими конструкторами или студентами, не имеющими опыта компьютерного или ручного моделирования, рекомендуется консультации с опытными преподавателями и инженерами. Более подробно данный материал изложен в [25].

Целью любого моделирования является получение расчетных данных, дающих представление о работоспособности изделия. На каждом этапе анализа эти данные являются специфическими. Более подробно это рассматривается в соответствующих разделах.

Процесс моделирования состоит из следующих основных этапов:

- упрощение изделия и создание расчетной модели;
- задание граничных условий;
- постановка задачи;
- решение;
- проведение анализа рассчитанных данных на этапе постпроцессинга,
- принятие решения о внесении изменений в конструкцию или выработка рекомендаций по проектированию.

Для каждого из видов анализа (статический, вибрационный и т.д.) процесс повторяется за исключением первых двух этапов. Дополнительным этапом моделирования может быть оптимизация конструкции.

Далее в курсе лекций и практических занятий подробно описан обобщенный алгоритм проведения всестороннего анализа изделия на воздействие линейных ускорений, вибраций, ударных воздействий и тепловых нагрузок на примере расчета типового изделия приборостроения при помощи модулей САПР Creo/Parametric и Creo/Simulate (Structure and Thermal Simulation) компании PTC.

Препроцессор обеспечивает анализ исходных данных, их приведение к необходимому формату, начальную параметризацию и генерацию сеток конечных элементов (при необходимости), решает задачи построения макромоделей и их детализацию. Процессор обеспечивает выполнение процедур расчета и анализа согласно выбранным задачам. Постпроцессор обеспечивает визуализацию результатов моделирования в различных режимах отображения, со-

хранение данных и интеграцию с другими инструментальными средствами САПР

Тесты к лекции 10

1. Какие основные задачи решает препроцессор? (Выберите один или больше правильных ответов.)

- а) анализ исходных данных и их приведение к необходимому формату;
- б) начальную параметризацию и генерацию сеток конечных элементов (при необходимости);
- в) задействование многоядерности при анализе.

2. Какие основные задачи решает процессор? (Выберите один или больше правильных ответов.)

- а) генерацию сеток конечных элементов;
- б) построение макромоделей и их детализацию;
- в) выполнение процедур расчета и анализа.

3. Какие основные задачи решает постпроцессор? (Выберите один или больше правильных ответов.)

- а) визуализацию результатов моделирования в различных режимах отображения;
- б) сохранение данных;
- в) интеграцию с другими инструментальными средствами САПР.