

УДК 53.091; 53.072.23

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ НА ПЕЧАТНУЮ ПЛАТУ В COMSOL MULTIPHYSICS

Занько И.С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Яцук В.А. – магистр, ассистент кафедры ПИКС

Аннотация. В данной статье рассмотрены методы анализа посредством использования САПР Comsol Multiphysics. Процесс анализа нагрузки ПП можно разделить на три этапа: на первом этапе производится моделирование и создается модель печатной платы; на втором этапе проводится подготовка модели к анализу и на последнем этапе проводится анализ, результатом которого является график нагрузки печатной платы.

Ключевые слова. ударная нагрузка, динамические воздействия, печатная плата, Comsol Multiphysics, моделирование физических процессов, САПР, САЕ.

Введение. В наши дни происходит заметное усложнение электронных устройств, они чаще эксплуатируются при неблагоприятных условиях, ужесточаются требования к точности их функционирования, повышается цена отказов [1]. Возникает необходимость проверять изготавливаемые изделия на соответствие предъявляемым к нему требованиям прочности и надежности. Тестирование на реальных моделях может быть весьма дорогостоящим, хоть оно и обеспечивает достаточно высокую точность результатов. Вместо этого можно прибегнуть к компьютерному моделированию физических процессов протекающих в устройстве под воздействием внешних сил. Результаты моделирования могут быть использованы для того, чтобы сократить затраты и время на изготовление изделия.

Это становится возможным благодаря системам автоматизированного проектирования (САПР), которые представляют собой сложный комплекс математических методов, предназначенный для автоматизации проектирования объектов и изделий [2]. САПР имеют функционал для осуществления работ на всех этапах жизненного цикла изделия, начиная от создания проекта и заканчивая подготовкой к производству. Их использование позволяет значительно упростить процесс проектирования изделия.

Ударная нагрузка – один из наиболее часто встречающихся видов воздействий внешних сил при эксплуатации или транспортировке изделий. Ударом принято называть мгновенное изменение скорости движения тела на конечную величину за очень короткий промежуток времени. Кинетическая энергия соударяющихся тел преобразуется в энергию упругой деформации. Ударные нагрузки характеризуются направленностью действия и кратковременностью приложения механической силы [3].

Однако упругая деформация может перейти в неупругую, то есть она не исчезает после прекращения действия силы. Возникает вопрос о том, каким образом оценить степень уязвимости к удару. Для этого существуют различные критерии. Один из них – критерий максимального напряжения по Мизесу – основывается на теории Мизес-Хенки. Теория утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному напряжению [4].

Основная часть. САПР COMSOL Multiphysics, как следует из названия, занимается симуляцией и моделированием широкого спектра физических процессов. Методика моделирования внешних воздействий на печатную плату (ПП) описана далее [5].

Методика моделирования состоит из следующих этапов:

- постановка задачи;

- разработка модели, анализ и исследование задачи;
- компьютерный (натурный, физический) эксперимент;
- анализ результатов моделирования.

Процесс моделирования можно разделить на шесть последовательных шагов, которые приведены ниже.

Шаг №1 – создание проекта. При открытии программы следует выбрать опцию Model Wizard, на этапе выбора размерности проекта выбираем 3D. Далее идет выбор типа решаемой задачи – Multibody Dynamics, заканчивается подготовка проекта выбором решателя – в данной задаче требуется Time Dependent.

Шаг №2 – добавление геометрии. Можно добавить готовую модель опцией Import вкладки Geometry и указать путь к ней в окне Settings (или через контекстное меню дерева модели Model Builder, что работает и с другими вкладками). Также программа предоставляет свои инструменты для создания модели. Кроме модели платы, требуется добавить поверхность падения на интересующем расстоянии, например, инструментом Block. Используемая модель печатной платы была создана в программе Altium Designer и упрощена в SolidWorks утилитой CircuitWorks. Изображение исследуемой печатной платы приведено на рисунке 1.

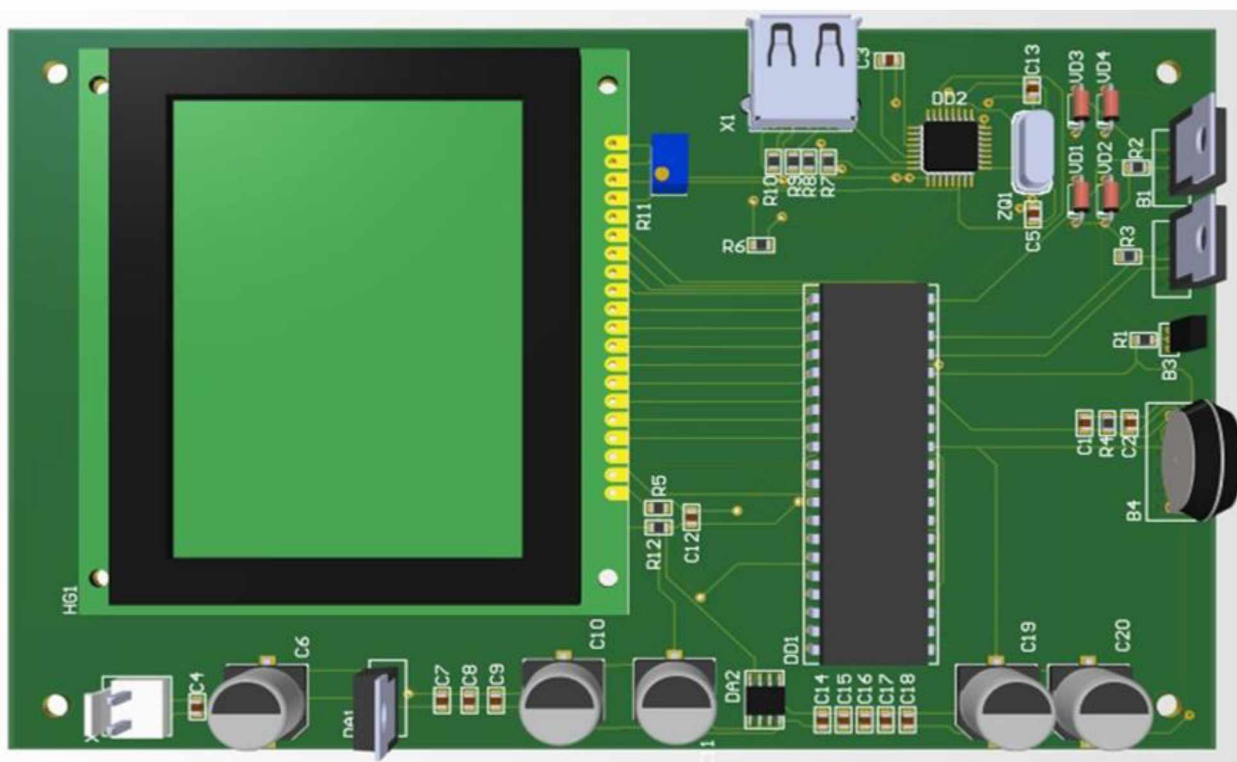


Рисунок 1 – Изображение печатной платы

Шаг №3 – задание материалов. Осуществляется это через кнопку Add Material вкладки Materials. Для данного моделирования материалам необходимо указать три свойства: коэффициент упругости или же модуль Юнга (Young's modulus), плотность (Density), и коэффициент Пуассона (Poisson's ratio). Следует помнить, что для некоторых материалов из встроенной библиотеки может быть не указано одно или несколько свойств.

Шаг №4 – добавление физики. Сначала необходимо указать поверхности, которые будут взаимодействовать между собой. Для этого в меню инструментов Definitions следует добавить Contact Pair, после открытия которого в окне Settings выбираются две группы взаимодействующих поверхностей: падающего тела и препятствия, после выбора меняющие цвет на желтый и фиолетовый. При необходимости можно вызвать контекстное

меню в окне Graphics и воспользоваться инструментом Select Box, что позволит выбрать все поверхности модели в определенной области.

В панели инструментов Physics из меню Pairs необходимо добавить Contact и в окне Settings выбрать ранее созданную пару взаимодействующих объектов.

Кроме этого, в той же вкладке в меню Boundaries необходимо выбрать Fixed Constraint для фиксации нижней грани препятствия, а в меню Domains – Linearly Accelerated Frame, где нужно указать ускорение по интересующей оси (вместо числа достаточно написать g_const , что соответствует ускорению свободного падения).

Шаг №5 – определение временных параметров. В дереве моделирования пункт Time Dependent содержит строку Time unit следующего содержания: $range(0,0.1,1)$. Первое и последнее число определяют интервал времени, для которого будет рассчитываться падение платы, среднее число – шаг расчета. При маленьком шаге увеличится точность результатов и продолжительность вычислений, при большом – наоборот, кроме того, плата может пролететь сквозь препятствие.

Шаг №6 – отображение результатов. Необходимо добавить в дерево моделирования раздел 3D Plot Group, которому можно дать свое название, из вкладки Results, а в него поместить объемный график (Volume). Для оценки повреждений необходимо вывести график, отражающий напряжение по Мизесу для ПП. В настройках графика из выпадающего меню Replace Expression выбирается отображение данного напряжения ($\nu\sigma_{mises}$ stress) или другого интересующего параметра.

Программа позволяет анимировать движение тела и заданных ему параметров. Анимация добавляется через вкладку Results.

После выполнения всех требований производятся вычисления нажатием кнопки F8 или Compute через вкладку Study.

Результатом анализа ударных нагрузок является график распределения напряжения по Мизесу в печатной плате (рисунок 2). Проанализировав его с использованием справочных данных о предельной нагрузке материалов, из которых состоит плата, можно сделать вывод о том, соответствует ли она заданным требованиям. В случае несоответствия можно прибегнуть к изменению конструкции устройства: избегать концентрации элементов с наибольшей массой в одном месте, и уменьшать массу самого изделия, использовать более прочные материалы, увеличить толщину платы.

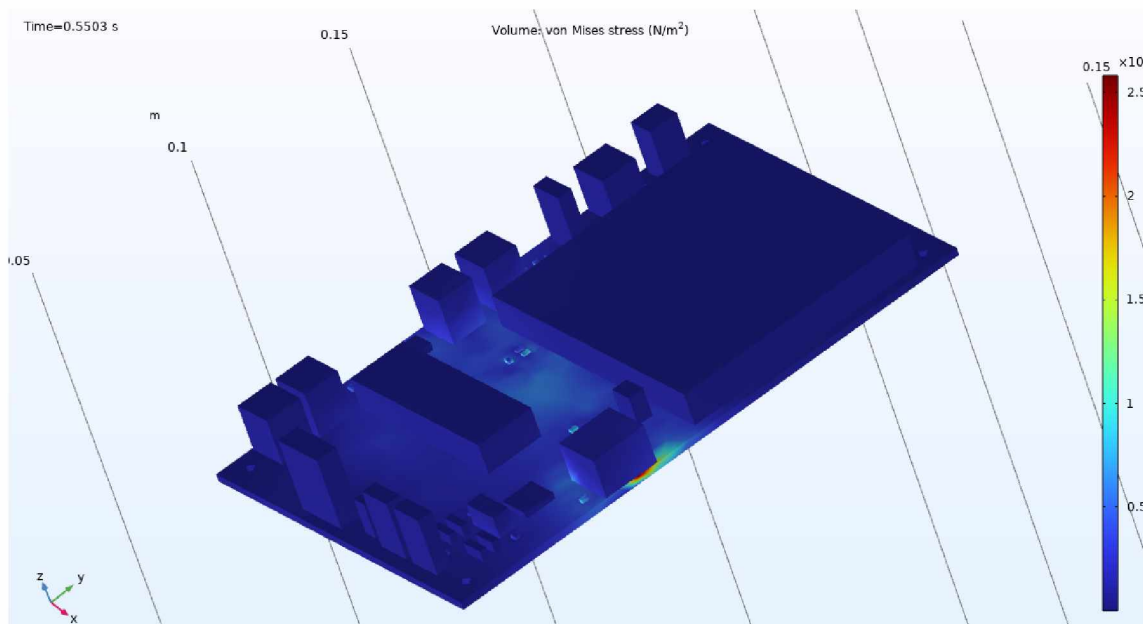


Рисунок 2 – Распределение напряжения по Мизесу в печатной плате

Заключение. Приведенная методика моделирования позволяет получить информацию о распределении нагрузочной характеристики по поверхности печатной платы в результате воздействия ударных нагрузок, что можно в дальнейшем использовать в процессе разработки конструкции с учетом условий эксплуатации.

Список литературы

1. Боровиков, С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности / С.М. Боровиков. – Мн. : Дизайн ПРО, 1998. – 336 с.
2. Системы автоматизированного проектирования и их использование [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.pointcad.ru/novosti/sistemyi-avtomatizirovannogo-proektirovaniya-iix-ispolzovanie> – Дата доступа: 19.02.2024.
3. Молодечкина, Т.В. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств : учеб.-метод. Комплекс для студентов специальности 1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС». В 2 ч. Ч. 1 / Т.В. Молодечкина, В.Ф. Алексеев, М.О. Молодечкин. – Новополоцк : ПГУ, 2013. – 204 с.
4. Критерий: максимальное напряжение по Мизесу [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://help.solidworks.com/2013/russian/SolidWorks/cworks/r_Maximum_von_Mises_Stress_Criterion.htm – Дата доступа: 19.02.2024.
5. Eigenfrequency Analysis (comsol.com) [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.comsol.com/multiphysics/eigenfrequency-analysis> – Дата доступа: 19.02.2024.

UDC 53.091; 53.072.23

MODELING OF SHOCK LOAD IMPACT ON PRINTED CIRCUIT BOARD USING COMSOL MULTIPHYSICS

Zanko I.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Yashchuk V.A. – master, assistant of the Department of ICSD

Annotation. This article discusses analysis methods using the Comsol Multiphysics CAD system. The process of PCB load analysis can be divided into three stages: in the first stage, modeling is carried out and a printed circuit board model is created; at the second stage the model is prepared for analysis and at the last stage the analysis is carried out, the result of which is a load graph of the printed circuit board.

Keywords. shock load, dynamic effects, printed circuit board, Comsol Multiphysics, modeling of physical processes, CAD, CAE.