

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНОВОК ЭЛЕМЕНТОВ

Жевнов И.В., Рагиня Г.В., Зубарь Д.С.

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

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к.т.н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс моделирования собственной частоты колебаний печатной платы (РСВ) с использованием различных компоновок электронных компонентов. Актуальность исследования обусловлена значительным влиянием механических характеристик печатных плат на надежность и устойчивость работы электронных устройств, особенно в условиях повышенных нагрузок и вибраций. В работе представлен метод численного моделирования, который позволяет оценить собственные частоты колебаний РСВ в зависимости от размещения компонентов, их размеров и характеристик материалов. Используя программное обеспечение для инженерного моделирования, проведен анализ различных компоновок, что позволило выявить оптимальные решения для минимизации влияния резонансных явлений на работу устройства.

Ключевые слова: печатная плата, собственная частота, миллиметровые волны, механические характеристики, компоновка элементов.

Введение. Современные электронные устройства становятся все более компактными и сложными, что вызывает необходимость в детальном анализе механических характеристик печатных плат (РСВ). Важно учитывать, что резонансные частоты колебаний печатных плат могут оказывать значительное влияние на функциональность и надежность работы электронных систем, особенно в условиях воздействия вибраций, статических и динамических нагрузок [1]. Моделирование собственных частот колебаний стоимости РСВ является критически важным этапом на этапе проектирования, позволяющим избежать возможных повреждений и сбоя в работе устройства.

Различные компоновки электронных компонентов на печатных платах могут существенно изменить распределение массы и жесткости, что, в свою очередь, влияет на собственные частоты колебаний [2]. Процесс оптимизации компоновки элементов становится актуальной задачей для инженеров, занимающихся проектированием схем, так как это позволяет не только снизить резонансные эффекты, но и улучшить электрические характеристики устройства, такие как импеданс и проводимость [3].

В данной статье будет представлен метод моделирования собственных частот колебаний печатных плат в зависимости от различных компоновок компонентов. Использование численных методов и инженерного программного обеспечения позволит получить практические рекомендации по оптимизации проектирования РСВ. Результаты исследования могут послужить основой для дальнейших исследований в области механики и электроники и способствовать разработке более надежных и эффективных электронных устройств.

Двусторонние печатные платы (ДПП) широко применяются в устройствах с высокой плотностью монтажа. В процессе эксплуатации устройства ДПП подвергаются механическим воздействиям, включая вибрации, что может привести к резонансу и повреждению компонентов. Определение собственных частот ДПП позволяет минимизировать риск резонансных явлений, повышая надежность изделий [5, 6].

Вибрационная устойчивость печатной платы зависит от распределения компонентов и топологии проводящих слоев. В данной работе рассматривается влияние расположения

элементов на плате на ее собственную частоту путем проведения частотного анализа печатной платы с использованием трех различных вариантов компоновок элементов.

Для проведения моделирования собственной частоты рассматриваемой ДПП была использована среда SOLIDWORKS Simulation.

Методика моделирования собственных частот ДПП в среде SolidWorks Simulation. Методика включает подготовку модели, определение физических свойств материалов, применение граничных условий и выполнение анализа модальных колебаний.

В среде SolidWorks были созданы три сборки, содержащие печатную плату с тремя различными компоновками. Рассматриваются три варианта компоновок:

- равномерная – элементы распределены равномерно по плате;
- центральная – элементы расположены в центре платы;
- крайняя – элементы располагаются по краям платы.

Авторами была выполнена подготовка модели. С помощью инструментов моделирования создана 3D-модель печатной платы, включая все необходимые элементы, такие как слои меди, диэлектрики, и вспомогательные компоненты (например, отверстия для крепления). Учтено расположение компонентов так как это может существенно повлиять на собственные частоты.

Определены свойства материалов. Материал рассматриваемой печатной платы – стеклотекстолит FR-4. Данный материал является основным для производства печатных плат благодаря оптимальному сочетанию механических и диэлектрических свойств. На рисунке 1 показан выбор свойств материала в среде SolidWorks Simulation.

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2000000000	N/m ²
Poisson's Ratio	0.394	N/A
Shear Modulus	318900000	N/m ²
Mass Density	1020	kg/m ³
Tensile Strength	30000000	N/m ²
Compressive Strength		N/m ²
Yield Strength		N/m ²
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.2256	W/(m·K)
Specific Heat	1386	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Рисунок 1 – Задание свойств материала печатной платы

Установлены граничные условия. Заданным граничным условием для проведения частотного анализа во всех случаях является жесткое закрепление по двум противоположным боковым сторонам.

После задания материалов и граничных условий для проведения моделирования была создана сетка конечных элементов.

Результаты моделирования и обсуждение. Результат частотного анализа для платы, использующей первый вариант компоновки, показан на рисунке 2. Шкала показывает результирующую амплитуду колебаний в данной точке платы.

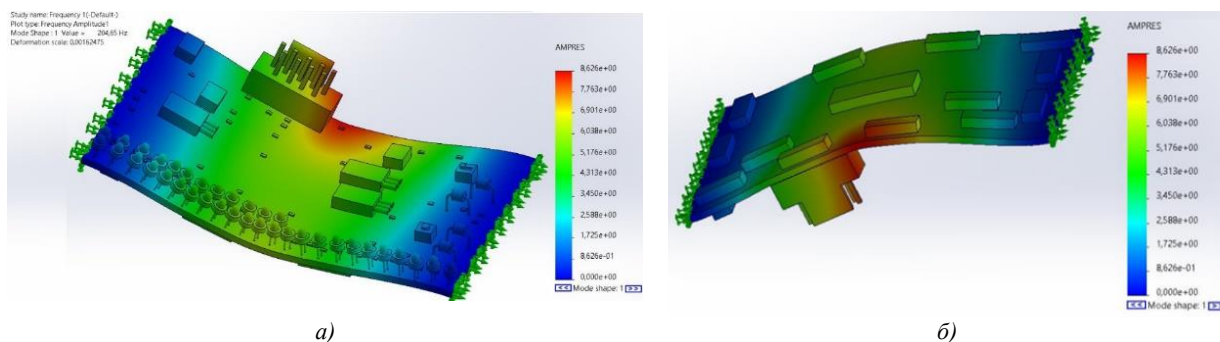


Рисунок 2 – Результат для первого варианта компоновки: *а* – первая сторона; *б* – вторая сторона

Собственная частота для первого варианта компоновки – 204,65 Гц.

На рисунке 3 показан результат частотного анализа для второго варианта компоновки.

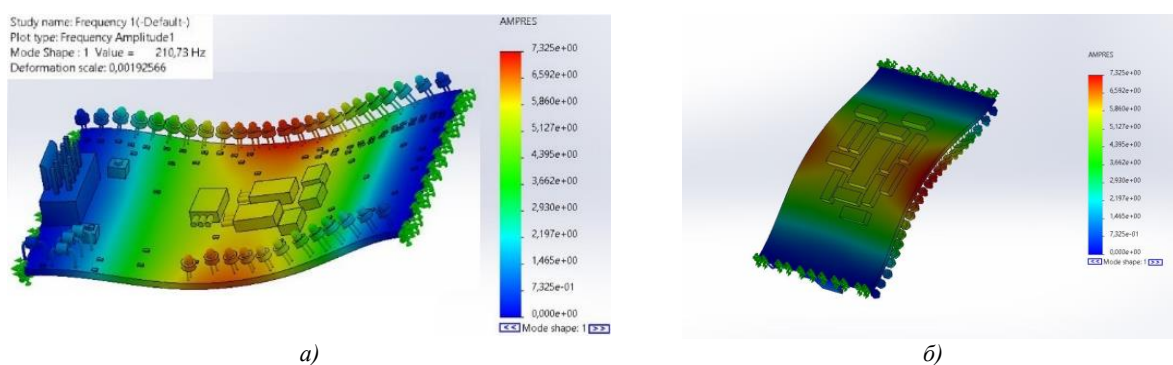


Рисунок 3 – Результат для второго варианта компоновки: *а* – первая сторона; *б* – вторая сторона

Собственная частота для второго варианта компоновки – 210,73 Гц.

На рисунке 4 показан результат частотного анализа для третьего варианта компоновки.

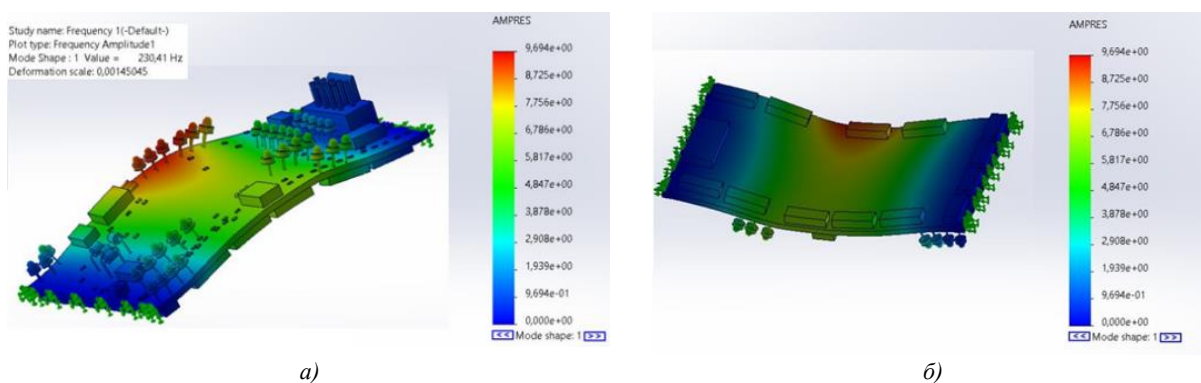


Рисунок 3 – Результат для третьего варианта компоновки: *а* – первая сторона; *б* – вторая сторона

Собственная частота для второго варианта компоновки – 230,41 Гц.

В таблице представлены результаты проведенного моделирования.

Таблица 1 – Результаты проведенного моделирования

Вариант компоновки	Собственная частота, Гц
Равномерная	204,65
Центральная	210,73
Крайняя	230,41

Анализ результатов показывает, что рассматриваемая ДПП будет иметь наименьшую частоту при использовании равномерной компоновки элементов. На основе анализа моделирования и условий эксплуатации устройства можно либо выбрать оптимальный из рассмотренных вариантов компоновки, либо доработать существующий, чтобы уменьшить возможность появления в данной ДПП явления резонанса.

Заключение. Использование среды SolidWorks Simulation для исследования собственных частот колебаний печатных плат позволяет быстро и просто получить значимые результаты, что позволяет, при необходимости, изменять конструкцию платы, снизить в дальнейшем трудозатраты и себестоимость продукции.

Список литературы

1. Бейкер, К., Нгуен, Т., Рейнольдс, Р. Механические характеристики печатных плат в электронных устройствах // *Journal of Electronics Manufacturing*. 2020. Т. 22, № 3. С. 45-57.
2. Хуан, Й., Чжан, Цз., Лю, Ц. Влияние размещения компонентов на механическое поведение печатных плат // *International Journal of Electronic Engineering Research*. 2019. Т. 11, № 2. С. 101-109.
3. Чжао, Х., Ли, С., Чен, Р. Оптимизация дизайна печатных плат для механической стабильности и электрической производительности // *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*. 2021. Т. 11, № 4. С. 689-698.
4. Моделирование и оптимальное проектирование технических систем : учебно-методическое пособие / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун, В. В. Шаталова. – Минск : БГУИР, 2024. – 99 с.
5. 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. - Новополоцк : ПГУ, 2013. - 204 с.
6. 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.

УДК 621.396.6

SIMULATION OF THE NATURAL FREQUENCY OF OSCILLATION OF A PRINTED CIRCUIT BOARD USING VARIOUS ARRANGEMENTS OF ELEMENTS

Zhevnov I.V., Raginya G.V., Zubar D.S.

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

Viktor F. Alexeev – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. This article discusses the process of modeling the natural frequency of printed circuit board (PCB) oscillations using various layouts of electronic components. The relevance of the study is due to the significant influence of the mechanical characteristics of printed circuit boards on the reliability and stability of electronic devices, especially under high loads and vibrations. The paper presents a numerical modeling method that allows you to estimate the natural frequencies of PCB oscillations depending on the placement of components, their sizes and material characteristics. Using engineering modeling software, an analysis of various layouts was carried out, which made it possible to identify optimal solutions for minimizing the impact of resonance phenomena on the operation of the device.

Keywords: printed circuit board, natural frequency, millimeter waves, mechanical characteristics, layout of elements.