

ПОДСЕКЦИЯ 2.6

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ

Председатель – Заболоцкий А.М., зав. каф. СВЧиКР, д.т.н.;
зам. председателя – Белоусов А.О., доцент каф. ТУ, к.т.н.

УДК 621.3.049.75

ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗЛУЧАЕМОЙ ЭМИССИИ ОТ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ С МОДАЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ

Т.Ф. Данг, аспирант каф. ТУ;

А.Ф. Алхадж Хасан, м.н.с. НИЛ «БЭМС РЭС», к.т.н.

Научный руководитель Т.Р. Газизов, зав. каф. ТУ, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, dang.p.2213-2023@e.tusur.ru

Разработан графический интерфейс программы для оценки излучаемой эмиссии от печатных плат с модальным резервированием. Представлена информация об использованных библиотеках и функциях при ее реализации. Программа позволяет пользователям в системе TALGAT ввести входные данные платы и рассчитать распределение тока в ее проводниках и напряженность электрического поля в дальней зоне.

Ключевые слова: TALGAT, Python, печатная плата, графический интерфейс пользователя, излучаемая эмиссия, модальное резервирование.

Система TALGAT предназначена для решения электромагнитных задач и анализа свойств сложных проводящих и диэлектрических структур [1]. К таким задачам относится и оценка излучаемой эмиссии от печатных плат с модальным резервированием (MP) [2]. Однако это довольно сложно для пользователей, которые не сталкивались с языком TALGAT_Script. Поэтому цель данной работы – разработать графический интерфейс пользователя (ГИП), помогающий ему легко оценить излучаемую эмиссию от печатных плат с MP.

Разработанный ГИП позволяет осуществить:

- Построение поперечного сечения структуры печатной платы и ее эквивалентной электрической схемы.

- Вычисление матриц погонных сопротивлений, коэффициентов электромагнитной и электростатической индукции, проводимостей и вектора результирующего тока.
- Построение эквивалентной проводной структуры.
- Построение графиков частотной зависимости максимальной напряженности поля и токов в проводах структуры в зависимости от их сегментов.
- Трехмерное отображение диаграммы направленности (ДН) структуры в дальней зоне с распределением поверхностного тока в ее проводах.
- Вычисление затрачиваемого времени на выполнение каждого этапа расчета.

Алгоритм работы ГИП следующий. Сначала пользователь задает параметры структуры: количество и параметры проводников, количество сегментов, параметры материалов, вид схемной земли (бесконечная или конечная), исследуемый диапазон частот. Далее задаются параметры эквивалентной электрической схемы: частота, на которой будет вычисление частотного отклика, амплитуда ЭДС, сопротивления согласующих нагрузок. Для построения ДН необходимо задать начальные и конечные значения углов θ и φ , их шаг и расстояние.

ГИП создан на языке программирования Python [3], поскольку он популярен, и в нем интегрировано множество библиотек, позволяющих легко создавать интерфейсы (tkinter, tkinter.ttk, matplotlib, FigureCanvasTkAgg). В ГИП использованы разные виджеты [4]: Label, Button, Checkbox, Radio button и Entry.

Функции и классы, используемые в ГИП: Tooltip – для отображения объяснения всех меток. В Main объявляются все переменные, кнопки и вводимые элементы. Multi_return служит для связи вводимых элементов с функциями вычисления, set_inf_ground – выбора вида схемной земли, draw_one_structure – построения и отображения структуры, calc_R, calc_L, calc_C, calc_G и calc_res_curt – вычисления погонных матриц R , L , C , G и тока, equivalent_wiregrid_structure – построения и отображения эквивалентной проводной структуры, calc_pole – вычисления и отображения ДН, draw_current – 3D-трехмерного отображения распределения поверхностного тока в проводах, change_axis_I – двухмерного отображения распределения токов в проводах структуры в зависимости от номера сегмента.

При запуске программы появляется основное окно (рис. 1). Для проверки работоспособности ГИП проведен тестовый запуск на примере двухпроводной линии передачи (рис. 2). Двухмерное отображение распределения тока вдоль сегментов на частоте $f = 1$ ГГц и частотные зависимости E_{\max} представлены на рис. 3.

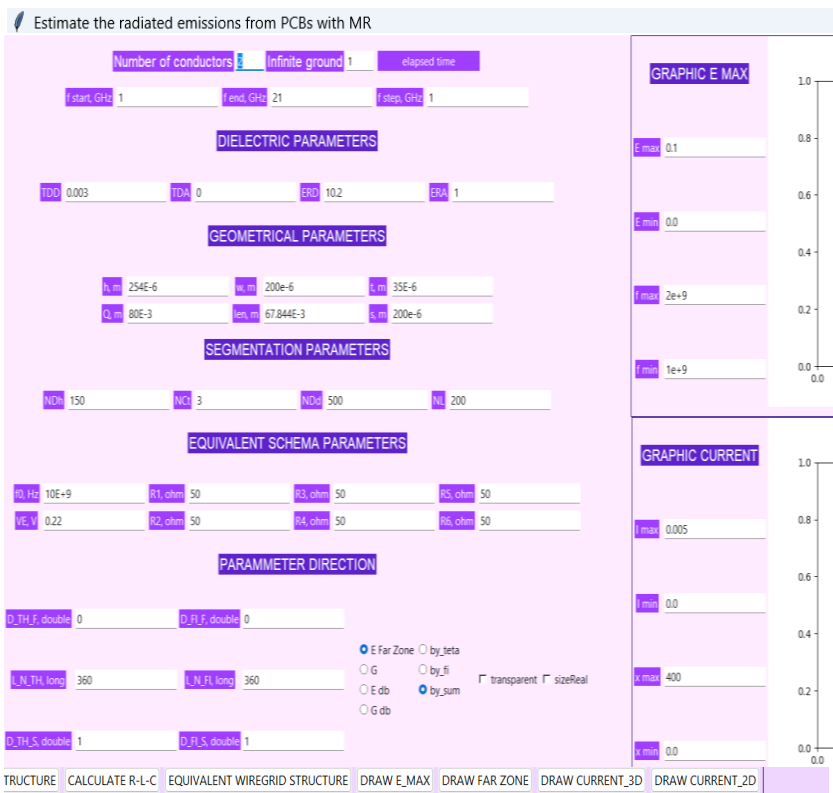


Рис. 1. Основное окно ГИП

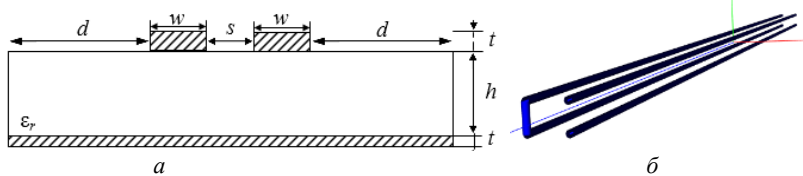


Рис. 2. Поперечное сечение исследуемой структуры (а) и ее эквивалентная проводная структура (б)

Таким образом, разработан ГИП программы для оценки излучаемой эмиссии от печатных плат с модальным резервированием. Показана его работоспособность. В будущем программу можно развивать путем, например, добавления условия проверки ввода данных и параллелизации ее реализации для ускорения работы.

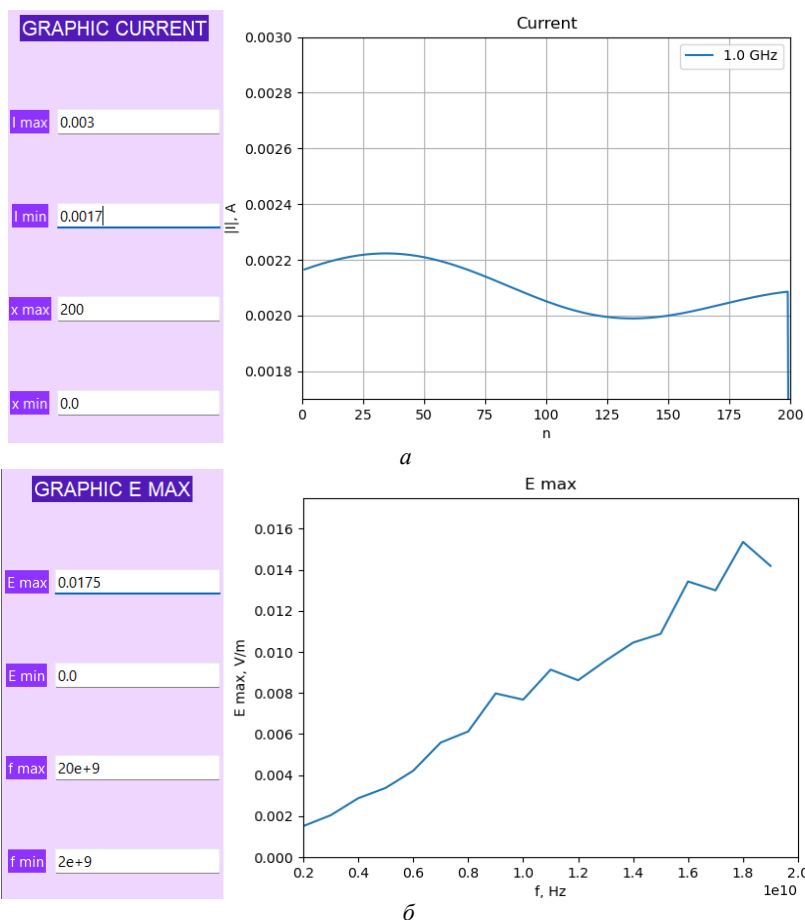


Рис. 3. Двухмерное отображение распределения тока вдоль сегментов на частоте $f = 1$ ГГц (а) и частотные зависимости E_{\max} (б)

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по проекту FEWM-2022-0001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куксенко С.П. Разработка программного обеспечения для моделирования радиоэлектронных средств с учетом электромагнитной совместимости в ТУСУРе / С.П. Куксенко, Т.Р. Газизов // Наноиндустрия. – 2023. – Т. 16, № S9-1 (119). – С. 170–178. DOI: 10.22184/1993-8578.2023.16.9s.170.178.

2. Алхадж Х.А. Обзор исследований по модальному резервированию / Х.А. Алхадж, Т.Р. Газизов // Доклады ТУСУР. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 54–67. DOI: 10.21293/1818-0442-2022-25-4-54-67.

3. Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/python/tutorial/>, свободный (дата обращения: 15.02.2024).

4. Python and Tkinter Programming [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://electrovolt.ir/wp-content/uploads/2017/07/Python_And_Tkinter_Programming_ElectroVolt.ir_.pdf, свободный (дата обращения: 01.02.2024).

5. Алхадж Хасан А.Ф. Модель и методики для оценки уровня электромагнитного излучения печатных плат с модальным резервированием и антенн с аппроксимацией проводной сеткой: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2023. – 214 с.

УДК 621.396, 004.514

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ УПРОЩЕНИЯ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ РУПОРНОЙ АНТЕННЫ ПРОВОДНОЙ СЕТКОЙ В СИСТЕМЕ TALGAT

М.Т. Нгуен, аспирант каф. ТУ;

А.Ф. Алхадж Хасан, м.н.с. НИЛ «БЭМС РЭС», к.т.н.

Научный руководитель Т.Р. Газизов, зав. каф. ТУ, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, nguyen.t.2213-2022@e.tusur.ru

Разработан программный модуль с графическим интерфейсом пользователя для моделирования рупорной антенны проводной сеткой в системе TALGAT. Данный модуль позволяет задать размеры рупорной антенны, количество элементов проводной сетки, а также источник возбуждения. Кроме того, модуль позволяет выбрать различные методы численного интегрирования и рассчитать основные характеристики антенны на одной или в диапазоне частот. Показана работоспособность модуля.

Ключевые слова: метод моментов, рупорная антенна, проводная сетка, Python, TALGAT, программный модуль, графический интерфейс пользователя.

Моделирование антенн позволяет инженерам и специалистам лучше определить производительность, характеристики и эффективность антенн в различных условиях без необходимости создания реальных прототипов. Благодаря этому достигаются уменьшение времени и затрат на разработку изделий, а также повышение гибкости и адаптации процесса проектирования.

В настоящее время одной из известных отечественных программ для моделирования является система TALGAT [1]. Она предназначена для компьютерного моделирования различных электромагнитных задач, в том числе и моделирования антенн на основе метода моментов (МоМ). В частности, используется подход к аппроксимации проводящей поверхности антенны с помощью проводной сетки (ПС) из-за его