

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ГЕКСАЭДРАЛЬНОЙ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОНОЙ СЕТИ

С.В. Смирнов, магистрант;

А.А. Иванов, к.т.н., с.н.с. НИЛ «БЭМС РЭС»

г. Томск, ТУСУР, seroga64-30@yandex.ru

Статья посвящена разработке программного модуля для генерации гексаэдральной расчетной сетки с использованием модели искусственной нейронной сети (ИНС). Описаны инструменты и выборка данных, использованные при обучении. Приведена структура обученной модели ИНС. Представлены сведения об инструментах разработки и возможностях модуля. Выполнено тестирование модуля на примере построения сеток для двух печатных антенн.

Ключевые слова: гексаэдральная сетка, искусственная нейронная сеть, программный модуль, печатные антенны, генерация расчетной сетки.

Как известно, генерация расчетной сетки является одним из наиболее затратных этапов, выполняемых при подготовке к электродинамическому моделированию. Для снижения этих затрат при формировании сеток часто применяются методы аппаратного или программного ускорения. Однако использование искусственных нейронных сетей (ИНС) может существенно сократить вычислительные затраты на формирование сетки и избавить от необходимости в ускорении расчетов.

Данная работа посвящена созданию программного модуля для генерации гексаэдральной расчетной сетки для метода конечных разностей во временной области с использованием модели ИНС.

Обучение нейросетевой модели. Перед началом разработки программного модуля выполнено обучение нейросетевой модели для генерации расчетной сетки. При обучении использовались язык программирования Python, а также библиотеки Keras [1] и TensorFlow [2]. Для формирования обучающей и тестовой выборок, используя генераторы сеток с открытым исходным кодом [3, 4], сформированы наборы данных из 12 000 пакетов.

Для обучения выбрана модель ИНС с полной связью. Модель состояла из 7 скрытых слоев с числом нейронов от 250 до 100. На входном слое вводились координаты моделируемого объекта, а также параметры сетки: шаг дискретизации (число ячеек, отведенное на одну длину волны) и максимально допустимое различие между размерами соседних ячеек сетки. На выходном слое задавались координаты ли-

ний сетки, полученные открытыми генераторами, вдоль осей x , y и z . Число эпох обучения составило 10 000. При таких параметрах средне-квадратическая ошибка модели составила не более 3.

Разработка программного модуля. На основе обученной нейросетевой модели разработан программный модуль для генерации расчетной сетки. Разработка выполнялась на языке Python в среде PyCharm. Для создания графического интерфейса пользователя использовалась среда QtDesigner. Работа с массивами данных (координатами моделируемых объектов и линиями сеток) осуществлялась с помощью библиотеки NumPy. Для визуализации объектов и расчетной сетки на графической сцене применялась библиотека PyVistaQt. Графический интерфейс пользователя программы показан на рис. 1.

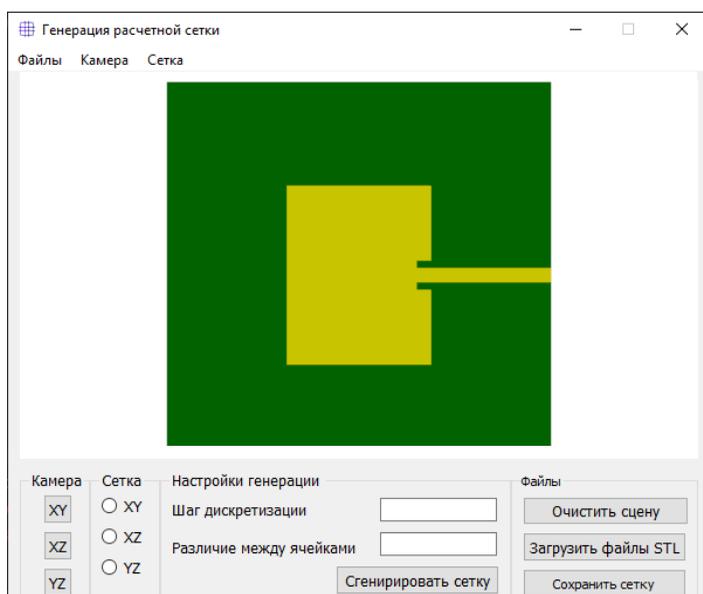


Рис. 1. Графический интерфейс пользователя программы

Программный модуль позволяет загружать файлы в формате *.stl*, отображая модели на графической сцене. Пользователь может изменять ориентацию камеры и очищать сцену. После загрузки доступна настройка нейросетевой модели для генерации сетки. При использовании вводятся шаг дискретизации и максимальное различие между ячейками. Нажатие на кнопку «Сгенерировать сетку» формирует расчетную сетку и выводит её проекции на плоскости xy , xz и yz . Сетку можно сохранить в файле *.txt* для использования в других программах.

Тестирование. Выполнено функциональное тестирование разработанного программного модуля. Для этого сформированы сетки для двух печатных антенн с прямоугольным и круглым излучающими элементами. В обоих случаях сетка формировалась при грубой (с шагом 5 мм) и частой (с шагом 2 мм) сегментации, а максимально допустимое различие соседних ячеек задавалось равным 1,5 для прямоугольной антенны и 4 – для круглой. Результаты работы программы приведены на рис. 2.

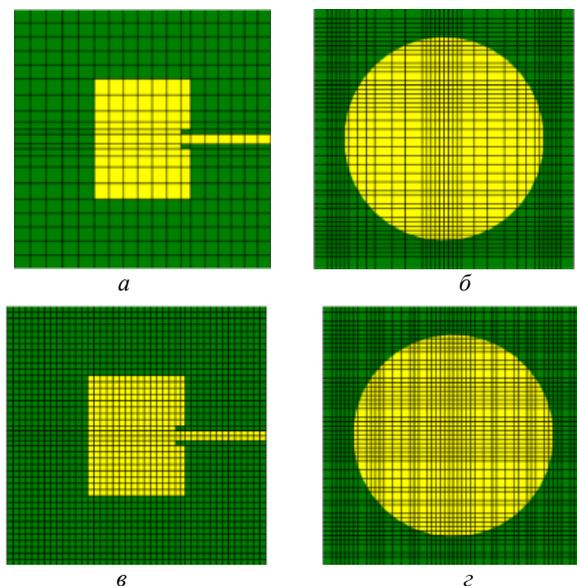


Рис. 2. Результат генерации расчетной сетки для прямоугольной (слева) и круглой (справа) антенн: грубая (*а*, *б*) и частая (*в*, *г*) сегментации

Из результатов видно, что сетки формируются корректно (см. рис. 2). Изменение шага дискретизации и максимально допустимого различия между ячейками приводит к изменению сетки. Таким образом, программа выполняет предусмотренные функции в полном объеме.

Заключение. Разработана модель на основе полносвязной ИНС для генерации расчетной сетки при моделировании методом конечных разностей во временной области. На основе этой модели разработан программный модуль и проведено его тестирование на примере двух печатных антенн. Показано, что модель ИНС и программный модуль позволяют получить корректную расчетную сетку.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-10165, <https://rscf.ru/project/23-79-10165/>.

ЛИТЕРАТУРА

1. Документация по библиотеке Keras [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru-keras.com/home> (дата обращения: 16.12.2023).
2. Документация по библиотеке TensorFlow [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tensorflow.org/> (дата обращения: 16.12.2023).
3. AEG Mesher: An Open Source Structured Mesh Generator for FDTD Simulations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/flintoftid/aegmesher>, свободный (дата обращения: 16.12.2023).
4. OpenEMS: OpenEMS is a free and open electromagnetic field solver using the FDTD method [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.openems.de/>, свободный (дата обращения: 16.12.2023).

УДК 621.315

АНАЛИЗ МАТРИЦЫ РАССЕЯНИЯ И ПОГОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ, ПРОХОДЯЩЕЙ ЧЕРЕЗ ЭКРАН ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

А.О. Зайков, магистрант

*Научный руководитель А.А. Иванов, к.т.н., с.н.с. НИЛ «БЭМС РЭС»
г. Томск, ТУСУР, artem.o.zaikov@tusur.ru*

Представлены результаты анализа матрицы рассеяния для микрополосковой линии (МПЛ), проходящей через апертуру в типовом экране печатной платы. Также с помощью квазистатического моделирования оценено влияние экрана на погонные параметры (R , L , C , G) МПЛ. Полученные результаты показывают, что при перекрытии МПЛ экраном её коэффициент отражения может сильно увеличиться (на 35 дБ на частоте 10 ГГц).

Ключевые слова: целостность сигнала, микрополосковая линия, печатная плата, экранирование, электромагнитный экран.

Обеспечение целостности сигналов является важным аспектом проектирования печатных плат (ПП) для современной высокоскоростной электронной техники [1, 2]. Вместе с тем не менее значима защита ПП и расположенных на ней компонентов от воздействия электромагнитных помех. Поэтому на ПП часто устанавливаются электромагнитные экраны, обычно выполненные в виде замкнутых металлических оболочек [3–5]. При этом влияние экрана ПП на целостность проходящих по ней сигналов ранее не исследовалось. Цель данной работы – оценить влияние экрана ПП на погонные параметры микрополосковой линии передачи (МПЛ), а также на матрицу рассеяния.

Исследуемая структура. Для исследования выбрана 50-омная МПЛ общей длиной l , половина которой находится внутри