

СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОВОДЯЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РАЗРЕЖЕННОЙ ПРОВОДНОЙ СЕТКОЙ

В.А. Назаров, магистрант; А. Алхадже Хасан, аспирант

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

г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, dalv.1999@inbox.ru

Рассмотрен способ моделирования электромагнитного поля проводящей поверхности разреженной проводной сеткой. Он позволяет выявить проводники, в которых протекают малые токи, вклад которых в излучение поля мал после первого моделирования исходной сетки, а в последующих моделированиях использовать разреженную сетку с меньшим числом проводников. Использование полуразреженной разреженной сетки в последующем моделировании сокращает затраты времени и памяти.

Ключевые слова: метод моментов, разреженная проводная сетка, моделирование, электромагнитное поле.

При создании антенны важной частью является её предварительное моделирование в программном обеспечении. При этом важно уменьшение затрат времени и памяти, но при условии, что полученная антенна должна удовлетворять необходимым требованиям [1]. Обычные методы моделирования могут быть затратными, особенно для сложных структур, тем более, если необходимо выполнять моделирование неоднократно. Один из самых известных методов решения задач вычисления электромагнитного поля – метод моментов (МоМ) [2]. Он широко используется в системах автоматизированного проектирования и, несмотря на его ограничения, считается эффективным, так как он обладает простым алгоритмом и малыми затратами на дискретизацию, а также способен получить приемлемые результаты, используя меньше ресурсов, чем другие методы [3]. Поэтому важно развивать этот метод в части новых способов и подходов для повышения точности и эффективности моделирования. Цель данной работы – представить способ моделирования электромагнитного поля проводящей поверхности разреженной проводной сеткой на основе метода моментов.

В работе предлагается после первого моделирования определить и не использовать проводники с токами меньше заданного уровня и в последующем моделировании использовать разреженную проводную сетку, что позволит сократить затраты памяти и времени на моделирование. Для апробации предложенного способа разработан скрипт в системе TALGAT [4] и выполнено его тестирование. Для этого моде-

лировалась структура, представляющая собой диполь на прямоугольной проводной сетке. Геометрические размеры сетки $12,5 \times 50$ мм², а длина диполя 12,5 мм. Диполь находился на расстоянии $\lambda/4$ от края пластины. Радиус диполя 0,015 мм, а проводников сетки – 0,5 мм. Диполь состоял из трёх частей. Длины первой и третьей составили 5 мм, а второй – 2,5 мм. Она имитирует зазор с воздействием. Исходная сетка, разбитая на 8 частей с каждой стороны, представлена на рис. 1, а. Моделирование проводилось на частоте 7 ГГц. Сначала вычислялись элементы вектора тока в структуре, после чего, изменяя углы сферических координат θ от 0 до 360° с шагом 1° и при $\varphi = 0^\circ$, рассчитана напряженность электрического поля для исходной сетки. Далее выполнялось сравнение модулей тока с заданным уровнем после нормировки. Уровень модуля тока задается коэффициентом Tol. Проводники с уровнем модуля тока меньше заданного уровня убираются, что в итоге позволяет получить разреженную сетку (рис. 1, б). Полученные ДН для исходной и разреженной сеток при Tol = 2% представлены на рис. 2.

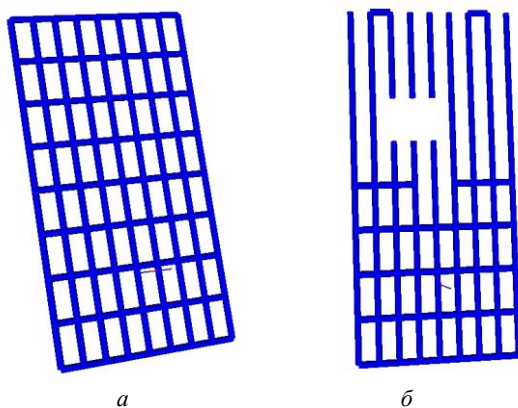


Рис. 1. Исходная (а) и разреженная (б) сетки

Разреженная сетка, полученная при 7 ГГц, использована далее для получения ДН на частоте 7,5 ГГц. Отдельно выполнено моделирование исходной сетки на 7,5 ГГц. Полученные ДН для исходной и разреженной сеток на частотах 7 и 7,5 ГГц представлены на рис. 3. На рис. 3 ДН, полученные при 7 ГГц для разреженной при Tol = 2% и исходной сеток, близки, а ДН, полученная на 7,5 ГГц, при использовании полученной ранее разреженной сетки согласуется с ДН, полученной отдельно для исходной сетки при 7,5 ГГц.

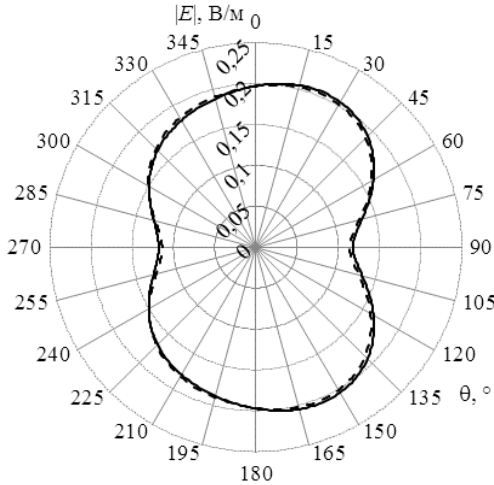


Рис. 2. Полученные ДН на частоте 7 ГГц при $\varphi = 0^\circ$ для исходной (—) и разреженной при Tol = 2% (- -) проводных сеток

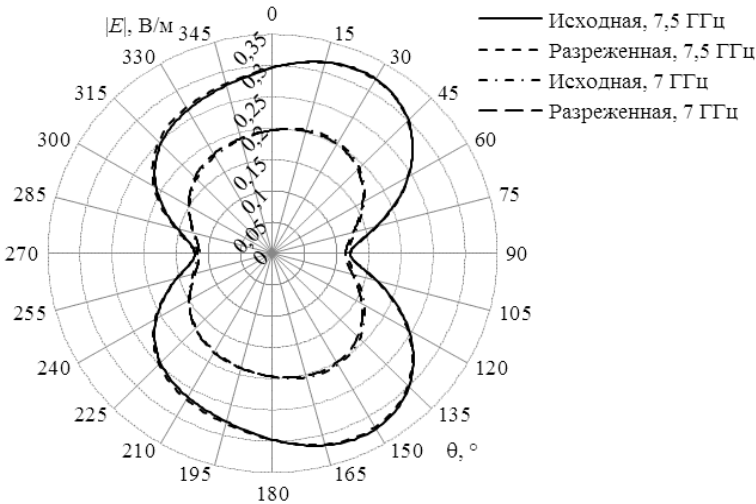


Рис. 3. ДН исходной и разреженной проводных сеток при частотах 7 и 7,5 ГГц для $\varphi = 0^\circ$

За счёт уменьшения числа отрезков проводов с 147 до 112 затраты времени на моделирование, используя разреженную сетку, которая получена после первого моделирования на 7 ГГц, уменьшились в

$(147/112)^3 = 2,26$ раза, а памяти – в $(147/112)^2 = 1,72$ раза. При небольшом коэффициенте ToI полученные значения остаются приемлемыми, а при его увеличении их точность уменьшается, однако это обратно пропорционально затратам памяти и времени.

Таким образом, данный способ позволяет получить разреженную структуру, анализ которой, в заданном диапазоне изменения параметров, дает приемлемые результаты с контролируемой точностью и гораздо меньшими затратами.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Газизов Т.Р. Система компьютерного моделирования сложных структур проводников и диэлектриков // Матер. Всерос. науч.-практ. конф., посвящённой 40-летию ТУСУР. 2–4 октября 2002 г.: в 2 т. – Т. 1. – Томск. – С. 126–128.

2. Харрингтон Р.Ф. Применение матричных методов к задачам теории поля // Труды Института инженеров по электронике и радиотехнике. – 1967. – № 2. – С. 5–19.

3. Harrington R.F. Field computation by moment methods. – USA, NY: Macmillan, 1968. – 240 p.

4. Новые возможности системы моделирования электромагнитной совместимости TALGAT / С.П. Куксенко и др. // Доклады ТУСУР. – 2015. – С. 45–50.

УДК 621.396.967

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДАРА КРУГОВОГО ОБЗОРА X-ДИАПАЗОНА

Д. Азимбаев, студент

*Научный руководитель С.П. Куксенко, проф. каф. ТУ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, azimbaev.d@micran.ru*

Представлены результаты исследования электромагнитной совместимости радара кругового обзора X-диапазона. Выявлены основные источники электромагнитных помех. Представлены предложения по доработке печатных плат и внутрисистемных связей радиолокационной станции.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, радар кругового обзора, радиолокационная станция, чувствительность приемника.

Исследуемым устройством является радар кругового обзора X-диапазона, основное назначение которого – обнаружение наземных