

50-я научная конференция МФТИ
Факультет проблем физики и энергетики
Секция физико-математических проблем волновых процессов

УДК 691.396.67

Макурин М.Н., Чубинский Н.П.

Московский физико-технический институт (государственный университет)

**Особенности решения задачи о возбуждении
симметричного биконуса методом FDTD**

Для расчёта антенн с коническими поверхностями (в том числе дискоконусных) удобно применять метод сеток — FDTD (finite difference time difference).

При постановке задачи методом FDTD были использованы результаты расчёта биконической антенны методом частичных областей. В частности, было выяснено, что полый конус, используемый на практике, может быть заменен конической поверхностью со сферическим торцом более удобным для расчёта и уменьшающим область вычислений, погрешность вычислений при этом составляет не более 5%. Дальняя зона излучения антенны, необходимая для ограничения объёма пространства, в котором проводятся вычисления, также была оценена методом частичных областей.

Метод сеток основан на замене частных производных конечными разностями в уравнениях Максвелла. Существует большое количество публикаций, посвящённых этому методу, но в большинстве работ (в том числе и пакет HFSS) структуры со сферической геометрией рассчитываются в декартовых координатах, что значительно усложняет расчёт и приводит к дополнительным погрешностям. В данной работе метод конечных разностей применяется к уравнениям Максвелла в сферической системе координат.

Метод FDTD позволяет выполнить расчёт антенн во временной области, что позволяет моделировать излучение короткого сверхширокополосного импульса, а также производить расчёт частотной характеристики входного импеданса как отношение компонент преобразования Фурье напряжения и тока в интересующем диапазоне частот.

Решение задач методом FDTD требует учёта реальных условий возбуждения, поэтому в работе моделировалось возбуждение коаксиальным кабелем с конечными радиусами внешнего и внутреннего проводников [1].

В силу того, что размеры области запитки много меньше длины волны сигнала, можно воспользоваться квазистатическим приближением и приравнять напряжение между проводниками подводящей коаксиальной линии и проводниками (коническими поверхностями) антенны.

В качестве генератора сигнала использовался источник ЭДС с конечным внутренним сопротивлением $R = 50$ Ом, что соответствует стандартной коаксиальной линии и стандартным генераторам сигналов. При такой схеме запитки отражённая волна будет поглощаться в сопротивлении источника ЭДС, а не отражаться от точки возбуждения, как в случае $R = 0$.

Для ограничения объёма пространства, в котором вычисляется поле, использовался PML (perfectly matched layer) — идеально согласованный слой [2, 3]. При использовании такого слоя можно обеспечить коэффициент отражения падающей волны порядка $R \sim 10^{-5}$.

Минимальный радиус от центра антенны до PML слоя выбирается исходя из того, что на границу должна падать только уходящая волна. На основании ранее проведённых вычислений методом частичных областей такой радиус должен быть не менее 10 длин волн.

Максимальный шаг сетки выбирался с помощью дисперсионного уравнения:

$$\frac{c_\nu}{c_0} = \frac{\pi dx}{\lambda \arcsin \frac{\pi dx}{\lambda}},$$

где c_ν — численная фазовая скорость.

Реально используемый шаг сетки при расчёте биконической антенны был $\lambda/10$, что соответствует $c_\nu/c_0 \approx 0,98$. Для вычисления сопротивления при длине антенны $1,5\lambda$ разность фаз за счёт дисперсии составит $0,14\pi$, что вполне приемлемо при расчёте антенн. Известно, что область вычисления задачи ограничена сферой радиусом 10λ , при этом разность фаз составит $0,4\pi$, что также вполне приемлемо для расчёта диаграммы направленности антенны.

Вычисления показали, что результаты расчёта коррелируют с результатами, полученными методом частичных областей в диапазоне длин антенны от $0,1\lambda$ до $1,5\lambda$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gang Liu, Craig A.Grimes, Dale M.Grimes.* A time-domain technique for determining antenna Q // Microwave and optical technology letters. — 1999. — V. 21, N. 6.
 2. *Teixeira F.L, Chew W.C.* PML-FDTD in Cylindrical and Spherical Coordinates // IEEE Microwave and Guided Wave Let. — 1997. — V. 7, N. 9. — P. 285–287.
 3. *Berenger J.P.* A Perfectly Matched Layer for the Absorption of Electromagnetic Waves // Journal of Computational Physics. — 1994. — N. 114. — P. 185–200.
-

Представленная выше версия доклада является ознакомительной.

Версию доклада, предназначенную для печати,
можно найти в факультетском сборнике трудов конференции.
Электронные материалы конференции публикуются по адресу
http://www.mipt.ru/nauka/conf50/plen_sections/