

УДК 621.396.677

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ ОДНОЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ

М.М. ДГАЛИ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 28 ноября 2012

Приводятся результаты численного моделирования характеристик рассеяния однозеркальной антенны в коммерческой программе FEKO и в специализированной программе. Результаты сравниваются по различным критериям. Делается вывод о том, что при практически одинаковых результатах программа FEKO требует значительно больших компьютерных ресурсов. При сложном облучателе, например в моноимпульсной антенне, моделирование в программе FEKO становится невозможным.

Ключевые слова: зеркальная антенна, диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, метод физической оптики, метод моментов.

Введение

При проектировании зеркальных антенн необходимым этапом является численное моделирование, которое проводится с целью определения оптимальных геометрических параметров, при которых удовлетворяются заданные требования к электрическим характеристикам. Эта задача может быть решена с помощью известных коммерческих программ общего назначения, например CST Microwave Studio или FEKO. Если ориентироваться на рекламные материалы, можно сделать вывод о том, что программа FEKO использует максимальное число методов вычислительной электродинамики и, следовательно, обеспечивает наиболее точное моделирование электродинамических структур. Опыт работы с этой программой по моделированию различных типов антенн показывает, что задача моделирования зеркальных антенн требует применения довольно мощных компьютеров. И даже в этом случае время решения задачи при волновом диаметре рефлектора порядка 40–50 составляет несколько часов. Моделирование же, например, моноимпульсной зеркальной антенны с четырехмодовым облучателем на компьютере с 4-х ядерным процессором, тактовой частотой более 3 ГГц и оперативной памятью 32 ГБ требует более суток времени. Это становится неприемлемым при оптимизации антенны методом перебора параметров геометрии. В связи с этим представляет практический интерес вопрос о возможности применения для решения этой задачи специализированной программы, предназначенной для моделирования только зеркальных антенн. В данной статье описываются результаты сравнительного анализа решения задачи моделирования зеркальной антенны с использованием программы FEKO и специализированной программы Ref_ZZ [1]. В программе Ref_ZZ используется комбинация метода физической оптики при определении поля рассеяния рефлектора и метода интеграла Кирхгофа при определении поля рупора облучателя на поверхности рефлектора.

Геометрия задачи

В обеих программах анализируется однозеркальная антенна с рефлектором двух типов – с параболоидом полного профиля и с параболоидом типа «Оффсет». Геометрия задачи поясняется рис. 1, где 1 – параболоид вращения полного профиля; 2 – внеосевая вырезка из па-

рабочей поверхности (рефлектор типа «Оффсет» - далее «вырезка»); D_p – диаметра параболоида полного профиля; F – фокус параболоида; F_p – фокусное расстояние параболоида. D_x, D_y – диаметры эллипса, являющегося контуром раскрыва вырезки; Y_{\min} – расстояние от нижней кромки вырезки до фокальной оси параболоида OZ ; F_1 – точка положения фазового центра рупора облучателя; DrY, DrZ – смещение точки F_1 из фокуса в плоскости YOZ (используется для сканирования и фокусировки антенны в ближнюю зону).

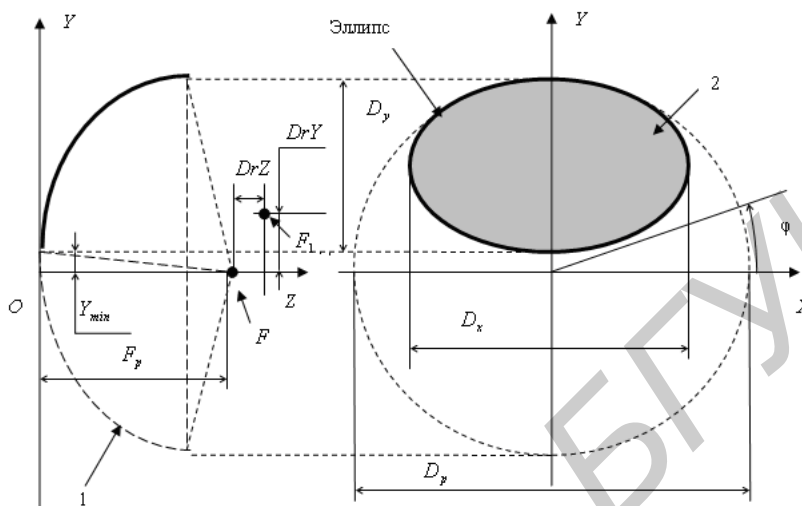


Рис. 1. Зеркальная антенна с обозначениями

При $Y_{\min} = 0,5 D_p$ внеосевая вырезка превращается в симметричную вырезку относительно фокальной оси с размерами вдоль осей X и Y – D_x и $D_y = D_p$

В качестве облучателя рефлектора использован пирамидальный рупор с волной TE_{10} . Размеры раскрыва рупора: A_r – в плоскости H ; B_r – в плоскости E . Глубина рупора – R_r . Плоскость E рупора совпадает с плоскостью YOZ (рис.1). Плоскость поляризации антенны – плоскость YOZ ($\varphi = 90^\circ$). В этой плоскости основная составляющая поля – \vec{E}_0 , составляющая по ортогональной поляризации – \vec{E}_φ . В плоскости H ($\varphi = 0$) основная составляющая поля – \vec{E}_φ , составляющая по ортогональной поляризации – \vec{E}_0 .

При моделировании поля рупора на поверхности рефлектора учитывалось нелинейное фазовое распределение на его раскрыве и то, что рефлектор расположен в ближней зоне рупора.

Далее для иллюстрации степени взаимного соответствия результатов, полученных в двух программах, приводятся результаты моделирования зеркальных антенн на частоте 10 ГГц при $F_p = 0,5 D_p$ (как это часто используется). Размеры рупора облучателя выбраны так, чтобы на краях поверхности рефлектора поле рупора составляло 0,3 от максимума в центре рефлектора. Это примерно соответствует максимуму коэффициента направленного действия (КНД) зеркальной антенны [2, 3].

Результаты численного моделирования

Результаты расчета основных параметров диаграммы направленности (ДН): ширины главного лепестка ($2 \cdot Q \cdot 0,5$) и максимального бокового лепестка (Fbm) при двух значениях волнового диаметра рефлектора (D_p / λ) для антенны с параболоидом полного профиля представлены на графиках рис. 2 – 3. Результаты показаны в виде зависимостей от DrY / λ , где DrY – смещение облучателя вдоль оси Y (используется для сканирования), λ – длина волны.

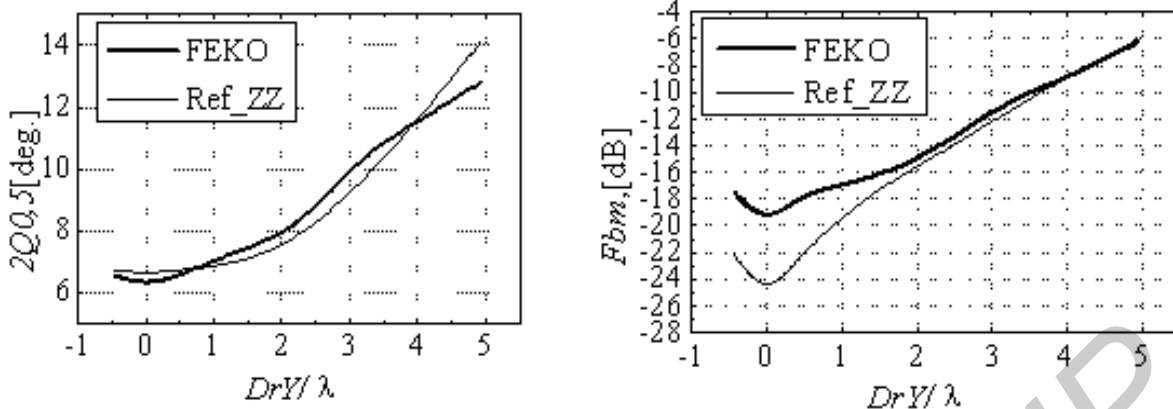


Рис.2. Зависимость параметров ДН от смещения облучателя из фокуса: $D_p / \lambda = 30$

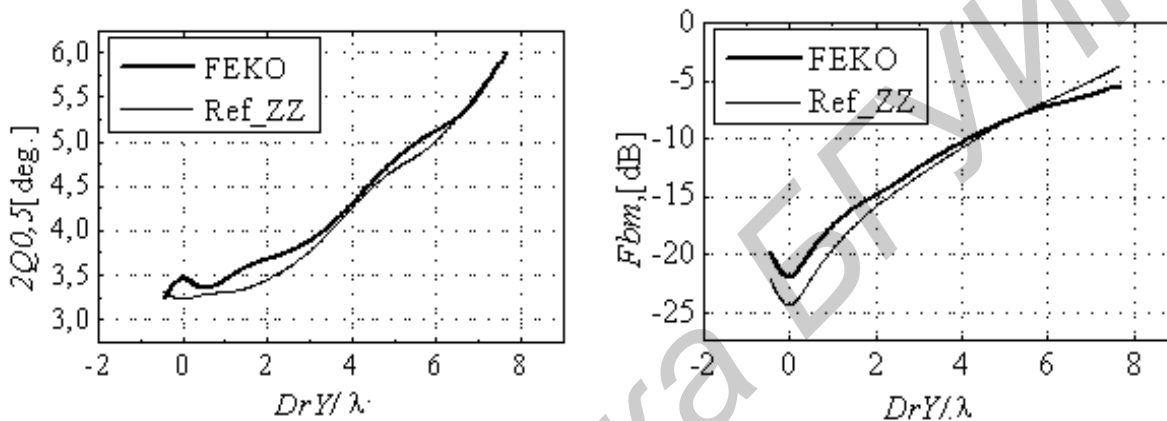


Рис.3. Зависимость параметров ДН от смещения облучателя из фокуса: $D_p / \lambda = 60$

Из рис. 2 и рис. 3, а также из других результатов, не приведенных в статье, следует:

- программы FEKO и Ref_ZZ дают одинаковое значение отклонения главного лепестка ДН от фокальной оси при сканировании (изменении величины DrY);
- программа Ref_ZZ дает заниженное значение уровня максимально бокового лепестка, но различие в значениях этого параметра, полученных в двух программах, уменьшается при увеличении волнового диаметра рефлектора и при увеличении угла сканирования. Эти расхождения объясняются тем, что метод физической оптики, использованный в программе Ref_ZZ, не учитывает краевых эффектов;
- вследствие указанных различий в уровне боковых лепестков программа Ref_ZZ дает завышенное значение КНД (примерно на 1 дБ).

Рис. 4 иллюстрирует степень различия в ДН, рассчитанных в двух программах.

Принципиальным вопросом сравнения двух программ является сравнение требуемых для работы компьютерных ресурсов. На графиках рис.5 приведены результаты сравнения по времени решения задачи и объему требуемой оперативной памяти.

На графике рис.5, a обозначено отношение T_f/T_{ref} , где T_f – время решения задачи в программе FEKO, T_{ref} – время решения задачи в программе Ref_ZZ. Как видно, программа Ref_ZZ требует на порядки меньше компьютерных ресурсов.

Аналогичные результаты сравнения получены при моделировании зеркальной антенны типа «Оффсет».

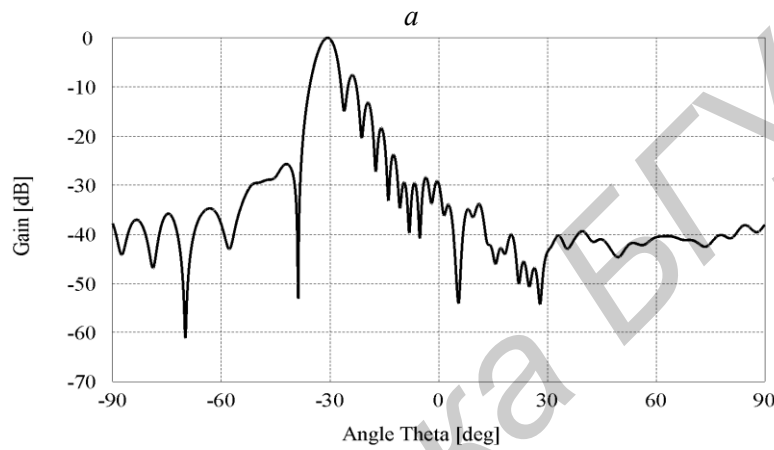
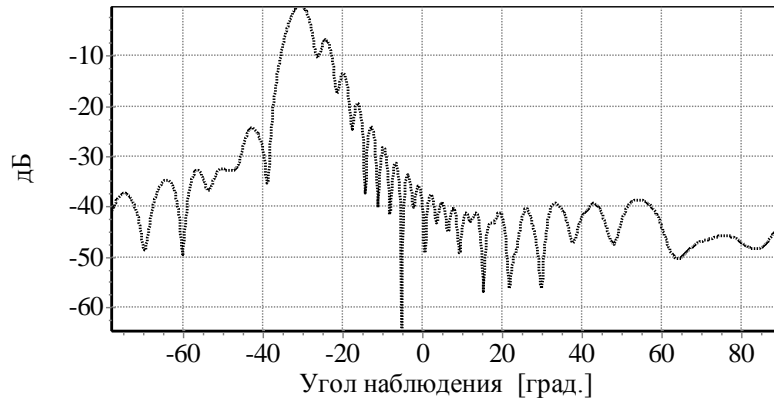


Рис. 4. Диаграммы направленности, рассчитанные в программах: *a* – Ref_ZZ; *б* – FEKO; $D_p/\lambda=60$; $DrY/\lambda=5,85$

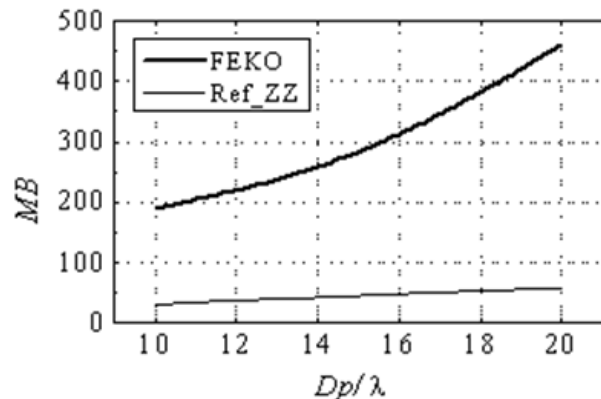
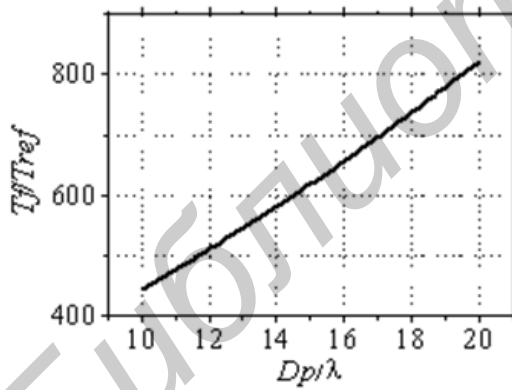


Рис.5. Зависимости от волнового диаметра рефлектора (D_p/λ):
a – отношения времени счета в двух программах;
б – объема оперативной памяти компьютера в двух программах

Заключение

Проведенный анализ позволяет сформулировать рекомендации при решении задачи численного моделирования зеркальной антенны. При волновом диаметре рефлектора $D_p/\lambda < 20$ для моделирования целесообразно использовать программу FEKO, при большем диаметре целесообразно использовать специализированную программу, построенную с применением метода физической оптики.

NUMERICAL SIMULATION OF SINGLE-DISH ANTENNA RADIATION CHARACTERISTICS

M.M. DGHALI

Abstract

The numerical simulation results of scattering characteristics of a single-dish antenna obtained by commercial Program FEKO and in the specialized program are given. The results are compared on different criteria. The Conclusion is that in almost identical results FEKO program requires much more computing resources. If the feeder is complex, such as monopulse antenna, has simulation using program FEKO becomes impossible.

Список литературы

1. *Юрцев О.А.* // Матер. VII межд. НТК «Wyksztalcenie I nauka bez granic-2011». Польша, 7–15 декабря 2011 г. Т. 29. С. 31–37.
2. *Шифрин Я.С.* Антенны. Харьков, 1978.
3. *Stutzman Warren L., Thiele Gary A.* Antenna theory and design: third edition. Danvers, 2012.

Библиотека БГУИР