

ПРОВЕДЕНИЕ РАСЧЕТОВ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ БОЛЬШИХ ТЕЛ НА ОСНОВЕ WAVELET-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

© 2016 А. С. Фролов, С. А. Фомин

Воронежский институт высоких технологий
Российский новый университет

В настоящее время, задачи, связанные с решением рассеяния электромагнитных волн на сложных телах с электрически большими размерами рассматриваются во многих практических приложениях. Проведение точных и эффективных расчетов для различных условий электромагнитного излучения представляет собой вычислительно сложную задачу для обычных электромагнитных подходов, основанных на методе моментов, где требуется много памяти, и существуют требования к времени вычислений, поскольку у тел большой размер по сравнению с рабочей длиной волны. В данной работе представлен быстрый способ решения с использованием вейвлет-преобразований при расчете рассеяния от больших сложных объектов. Знающих членов в матрице будет немного, поскольку используются вейвлеты, и, следовательно, индукционный ток и эквивалентный магнитный ток могут быть получены быстро. Кроме того, данный подход может быть использован совместно с итерационными методами.

Ключевые слова: рассеяние, электромагнитная волна, wavelet-преобразование, метод.

Бурный рост телекоммуникационных и информационных систем в последние годы, в том числе достижения в области высокочастотной связи, навигационные, радиолокационные системы и компьютерные сети, создают огромный спрос для моделирования более сложных структур и систем.

За исключением очень простых систем, электромагнитный анализ необходим для оценки электрических характеристик и для проектирования высокопроизводительных телекоммуникационных и информационных систем, что всегда ведет к большим числам степеней свободы, и поэтому возникает большое количество неизвестных в электромагнитных моделях.

Следовательно, такие масштабные проблемы, как правило, находятся за пределами диапазона применения многих классических численных алгоритмов из-за вычислительных сложностей и огромных требований к памяти. Также мы можем столкнуться с также неадекватностью аппроксимационных моделей, применяемых в этих способах.

Для моделирования сложных, крупномасштабных электромагнитных проблем, необходимо стремиться к уменьшению сложности применяемых методик.

В последние лет были проведены исследования нескольких сложных быстрых численных методов на разных этапах построения методик электромагнитных расчетов, включая формулирование математической задачи, использование метода конечных трехмерных проекций и решение дискретных задач таких как: оценка на основе быстрого метода мультиполей, метод быстрого преобразования Фурье и др.

Для электрически больших объектов при расчете эффективной площади рассеяния, метод моментов при обычном его применении и использовании пробных функций приводит к большим и сильно заполненным матричным уравнениям, устранение проблем при этом является весьма затруднительным.

Можно использовать быстрый метод решения, на основе вейвлет-преобразования, чтобы обработать сильно заполненную матрицу и метод моментов на основе вейвлетов позволяет справиться с электрически большими проблемами.

Для того, чтобы осуществить вейвлет-преобразование по вейвлет-функциям должны соответствовать таким критериям:

1. У вейвлета должна быть конечная энергия;
2. Должно выполняться условие допустимости.
3. По комплексным вейвлетам, необходимо, чтобы Фурье-преобразование было

Фролов Александр Серафимович – ВИВТ АНОУ ВО, студент, e-mail: florrasc1shm@yandex.ru.
Фомин Сергей Александрович – РосНОУ, аспирант, e-mail: fl105648kondy@yandex.ru.

вещественное и убывать при отрицательных частотах.

4. Вейвлет должны быть непрерывными, интегрируемыми, иметь компактный носитель и быть локализованными и по времени и частоте.

Преобразования на основе вейвлетов имеют все достоинства преобразований Фурье.

Базисные вейвлеты можно реализовывать на основе функций в разностной гладкости.

Интегральное уравнение для электромагнитного поля может быть на основе процедуры дискретизации в методе моментов сведено к следующему матричному уравнению

$$Z \cdot J = E,$$

где Z , J и E обозначают матрицу моментов, имеющую размер $N \times N$, возбуждаемый при падении электромагнитной волны ток, который требуется найти, и, собственно, возбуждающая первичная волна.

Мы определяем комплексные матрицы

$$F = \begin{bmatrix} T(x) & K(x) \\ T(-x) & K(-x) \end{bmatrix},$$

$$U = \begin{bmatrix} G(x) & G(-x) \\ S(x) & S(-x) \end{bmatrix}^*,$$

а также матрицы H и D , имеющие размер $N \times N$.

Матрицы T , K , G и S раскладываются по последовательности вейвлетов.

Мы можем записать эквивалентное выражение

$$M = R \cdot Z \cdot R^T, Q = R^T \cdot J, Y = R \cdot E,$$

тогда

$$M \cdot Q = Y.$$

Должна быть эквивалентность между

$$F \cdot U = I$$

и

$$H \cdot D = I.$$

Матрицы H и D используются для того, чтобы формировать матрицу R . Когда при разложении вейвлетов мы имеем большое число нулевых коэффициентов, то умноже-

ние матриц F и U даст в результате большое число нулей.

Вследствие этого вейвлет-преобразование матрицы R приведет к разреженности матрицы M .

Можно использовать два вида вейвлет-последовательностей, которые мы можем применять в расчетах: для ортонормированной последовательности, например, вейвлет Добеши-последовательность и последовательность Хаара.

Из проведенного выше анализа, мы видим, что вейвлет-преобразование может быть принято в качестве матрицы преобразования.

Поэтому оно может быть широко использовано при решении задач рассеяния электромагнитных волн.

Число обусловленности матрицы импедансов в методе моментов не изменится после использования ортонормированного базиса вейвлет-преобразования.

Для того, чтобы быстро решить получившуюся в методе моментов систему линейных уравнений, можно применять методы итерации или метод сопряженных градиентов, что ведет к уменьшению числа обусловленности в этой матрице.

При варьировании размеров объектов от 3λ до 15λ значение числа обусловленности не превышало значения 300.

ЛИТЕРАТУРА

1. Canning, F. X. Diagonal preconditioners for the EFIE using a wavelet basis / F. X. Canning, J. F. Scholl // IEEE Transactions on Antennas Propagation, 1996. – Vol. 44. – No. 9. – P. 1239-1246.
2. Юрочкин А. Г. Возможности использования итерационного метода при расчетах характеристик рассеяния комбинированных объектов / А. Г. Юрочкин, А. В. Данилова, И. А. Гусарова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 2. – С. 11.
3. Глотова Т. В. Модификация метода моментов в задачах рассеяния электромагнитных волн / Т. В. Глотова, Т. В. Мельникова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 2. – С. 11.
4. Львович Я. Е. Решение задач оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн на дифракционных структурах при их проектировании / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский // Вестник Воро-

нежского института высоких технологий. 2010. – № 6. – С. 255-256.

5. Косилов А. Т. Методы расчета радиолокационных характеристик объектов / А. Т. Косилов, А. П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2005. – Т. 1. – № 8. – С. 68-71.

6. Преображенский А. П. Алгоритм расчета радиолокационных характеристик полостей с использованием приближенной модели / А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // Системы управления и информационные технологии. – 2005. – Т. 21. – № 4. – С. 17-19.

7. Преображенский А. П. Оценка возможностей комбинированной методики для расчета ЭПР двумерных идеально проводящих полостей / А. П. Преображенский // Телекоммуникации. – 2003. – № 11. – С. 37-40.

8. Львович И. Я. Разработка информационного и программного обеспечения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И. Я. Львович, А. П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2006. – Т. 2. – № 12. – С. 63-68.

9. Преображенский А. П. Прогнозирование радиолокационных характеристик идеально проводящей полости в диапазоне

длин волн / А. П. Преображенский // Телекоммуникации. – 2005. – № 12. – С. 29-31.

10. Болучевская О. А. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / О. А. Болучевская, О. Н. Горбенко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 4.

11. Казаков Е. Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети WI-FI / Е. Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 13.

12. Щербатых С. С. Метод интегральных уравнений как основной способ анализа в САПР антенн / С. С. Щербатых // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 10.

13. Глотова Т. В. Применение методов оптимизации для проектирования поглотителей электромагнитных волн / Т. В. Глотова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 8.

14. Глотова Т. В. Применение гибридного метода для расчета характеристик рассеяния объектов над шероховатой поверхностью / Т. В. Глотова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1. – С. 11.

THE CALCULATIONS OF SCATTERING CHARACTERISTICS OF ELECTRICALLY LARGE BODIES ON THE BASIS OF WAVELET-TRANSFORMATION

© 2016 A. S. Frolov, S. A. Fomin

Voronezh Institute of high technologies
Russian new University

Currently, the tasks associated with the solution of electromagnetic scattering on complicated objects with electrically large size are considered in many practical applications. Conducting accurate and effective calculations for various conditions of electromagnetic radiation is a computational challenge to conventional electromagnetic approaches based on the method of moments, which requires a lot of memory, and there are requirements for computation time, because bodies of large size in comparison with the working wavelength. This paper presents a faster method using wavelet transforms in the calculation of scattering from large complex objects. Significant of the members in the matrix will be little, since the use of wavelets and, consequently, the induction current and equivalent magnetic current can be obtained quickly. In addition, this approach can be used in conjunction with iterative methods.

Keywords: scattering, electromagnetic wave, wavelet transform, method.