

УДК 621.396

ПРИМЕНЕНИЕ ИТЕРАЦИЙ В РАСЧЕТНОМ МЕТОДЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Панкова В.А.

Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: app@vvt.ru

Данная работа посвящена разработке алгоритма, базирующегося на применении итераций в методе расчета характеристик рассеяния объектов. В объектах происходит выделение периодической части, в которой используется итерационный подход. В качестве базового метода оценки характеристики рассеяния электромагнитных волн применялся метод интегральных уравнений. При проведении математического моделирования мы установили, что требуется рассмотрение только небольшого количества членов по разложению в матрице импедансов. Использование итерационного подхода позволяет заметным образом уменьшить время расчетов – в несколько раз. Был определен сектор углов наблюдения, в котором наиболее эффективным образом работает рассматриваемый подход. Дан пример угловой зависимости рассеянной мощности комбинированного объекта, которая была рассчитана на основе метода интегральных уравнений и метода, использующего итерации.

Ключевые слова: рассеяние радиоволн, интегральное уравнение, моделирование, итерация.

THE USE OF THE COMBINED OF METHODS FOR CALCULATING ELECTRODYNAMIC CHARACTERISTICS

Pankova V.A.

Voronezh institute of high technologies, Voronezh, e-mail: app@vvt.ru

This paper is dedicated to the development of an algorithm based on the use of iterations in the method of calculation of scattering characteristics of objects. In the object highlighted is the periodic part, which uses the iterative approach. As the basic valuation method characteristics of scattering of electromagnetic waves using the method of integral equations. When conducting mathematical modeling, we found that required consideration of only a small number of members of the decomposition in the matrix of impedances. Using the iterative approach allows the visible image to reduce the computation time by several times. Identified a sector of angles, which are most effectively working of the approach. An example of the angular dependence of the scattered power of the combined object, which was calculated based on the method of integral equations and method that uses iteration.

Keywords: scattering of radio waves, integral equation, simulation, iteration

Задачи, связанные с обработкой рассеянных радиосигналов, в существующих условиях имеют много практических приложений. Для тех, объектов, на которые идет падение радиосигналов, имеющих разные частоты, можно указать то, что существуют характерные отражательные возможности.

Появляются проблемы, определяемые тем, каковы особенности распознаваний рассеянных электромагнитных волн (происходят процессы их классификации, различения), то есть исследователями может проводиться перенесение наблюдаемых объектов к заданным классам и типам.

Для задач, направленных на распознавание радиосигналов, можно отметить то, что есть схожие черты по сравнению с подобными сложными задачами, которые касаются распознавания изображений.

Основываясь на этом, мы можем осуществлять соответствующие аналогии, связанные с тем, что идет автоматизация распознавания симптомов в медицинских сферах и в сферах, относящихся к распознаванию радиосигналов. При процессах распознавания образов, есть возможности осуществлять комбинацию радиоинформа-

ции с данными, которые были получены относительно других диапазонов частот.

В связи с тем, что наблюдается повышенный интерес к анализируемой теме, появляются вопросы относительно того, на базе каких принципов проводить разработки по эффективным алгоритмам, которые касающихся расчетов и прогнозирования радиоволн, которые рассеиваются на сложных объектах.

В качестве достоинства метода интегральных уравнений можем считать то, что на основе компьютерных экспериментов во многих случаях есть возможность замены натуральных, при адекватном формировании совокупностей соответствующих моделей.

Данные есть возможность применять не только когда проводится анализ решений относительно прямых задач, но и в тех случаях, если осуществляются исследования, направленные на обратные задачи, то есть, когда идет определение формы объектов или отражающих характеристик для их соответствующим поверхностей.

Когда решаются задачи, которые связаны с процессами распространения радиосигналов по каналам связи, требуется, что-

бы большое внимание уделялось тому, как происходит изменение в информационных параметрах сигналов, так как это направлено на задачи, для них идет стремление к тому, чтобы максимальным способом обеспечить сохранение информации, которая будет переноситься сигналами.

Для тех случаев, когда информацию закладывают в форму сигналов (обычно эта форма достаточно простая), то в задачах, в которых целью является обеспечение сохранения информации, стремятся к тому, чтобы обеспечить сохранение формы (или спектральных составляющих) сигналов.

В качестве основной задачи при проведении исследования дифракции можно считать расчет амплитуд, фаз и поляризации полных полей в виде функций, имеющих аргументами геометрические и материальные параметры, характеризующие заданные конфигурации источников и препятствий, а также в виде функций переменных во времени напряжений или токов в источнике.

Аналитическим образом подобная задача является неразрешимой, кроме тех некоторых случаев, когда форма и характеристики препятствия-источника являются особенно простыми.

В некоторых случаях на практике иногда можно ограничиться только простейшими случаями, когда препятствия достаточно удалены от источников, таким образом, что падающее поле рассматривается как известная величина, не зависящая от препятствий. Помимо этого, обычно нет необходимости в том, чтобы обладать всей информацией о полных или рассеянных полях.

Во многих случаях достаточно знать, в качестве примера, то, какая полная рассеянная мощность или амплитуда электрического поля в определенных направлениях.

На основе отраженного поля в первую очередь есть возможности для обнаружения объекта, также определяются некоторые свойства объектов: положения и ориентации в пространстве, скорость движения и форма (задача распознавания).

Вследствие того, что есть аналитическая неразрешимость в большинстве дифракционных задач, довольно часто применяют приближенные методы. Среди них один из самых распространенных – метод поверхностных токов, говорят также о методе интегрального уравнения, его, вообще говоря, можно считать как строгий метод, поскольку ошибку в получаемом решении всегда можно оценить.

В некоторых случаях при моделировании рассеяния радиоволн на объектах, имеющих сложную форму, существуют возможности для уменьшения времени расчетов за счет использования соответствующих методов [1].

В данной работе проводится исследование возможностей использования итеративного алгоритма [2].

При моделировании нами был рассмотрен двумерный случай. Процесс дифракции радиоволн на сложном объекте описывается при помощи двумерного интегрального уравнения Фредгольма 1-го рода [3, 4].

Для уравнения Фредгольма 1-го рода мы можем записать такое выражение:

$$\frac{\omega \cdot \mu}{4} \int_s^z j(t) H_0^2 [k Q_0(\tau, t)] \sqrt{X'^2(t) + Z'^2(t)} dt = E_z^0(\rho), \quad s \leq \rho \leq z; \quad (1)$$

здесь $Q_0(\tau, t) = \sqrt{[X(\rho) - X(t)]^2 + [Z(\rho) - Z(t)]^2}$ – является расстоянием между точкой наблюдения и точкой интегрирования, $E_z^0(\rho)$ – определяет составляющую напряженности падающего электрического поля. Параметрическим образом задается контур интегрирования: $x = P(t)$, $y = Q(t)$, $s \leq t \leq z$, при этом для первых производных вводятся обозначения, $k = 2 \cdot \pi / \lambda$, λ – определяет длину волны.

Для решения уравнения (1) необходимо основываться на методе моментов [5], после решения образующейся системы уравнений можно определить значения плотности продольных электрических токов

$$\vec{j} = \vec{z} \cdot j(t), \quad s \leq \rho \leq z. \quad (2)$$

Для двумерной эффективной площади рассеяния (ЭПР) объекта используем выражение

$$\sigma(\varphi) = (60 \cdot \pi)^2 k |D(\varphi)|^2; \quad (3)$$

здесь $D(\varphi) = \int_s^z j(t) \sqrt{X'^2(t) + Z'^2(t)} \exp(i \cdot k \cdot d(t, \varphi)) dt$,

$$d(t, \varphi) = X(t) \cdot \cos(\varphi) + Z(t) \cdot \sin(\varphi).$$

Мы рассматривали такой комбинированный [5] сложный объект (рис. 1).

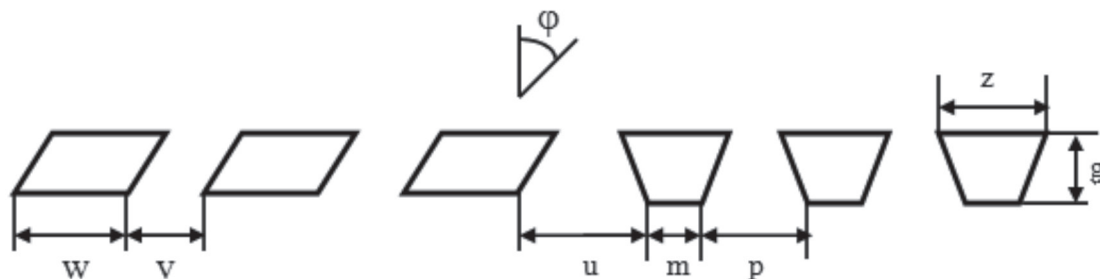


Рис. 1. Рассеяние E-поляризованной электромагнитной волны на объекте, представляющем собой комбинацию двух решеток, состоящих из разных отражателей – параллелограммы и трапеции

Он представлял собой три отражателя в виде параллелограмма, они были сдвинуты на некоторый шаг v , а также три отражателя в виде трапеции, они были сдвинуты на некоторый шаг p .

При решении задачи ту часть объекта, которая относилась к пяти цилиндрам, мы решали на основе итерационного метода.

В итерационном методе проводился учет взаимодействия только для ближайших областей трехмерных цилиндров.

В матрице импедансов, соответствующей системе линейных алгебраических уравнений выделялись две составляющих:

$$\gamma = \gamma_{\text{ближнее}} + \gamma_{\text{дальнее}}. \quad (2)$$

В указанном выражении члены, которые относятся к $\gamma_{\text{ближнее}}$, будут соответствовать эффектам взаимодействия среди точек, которые будут относиться к поверхностям одних и тех же цилиндров, а члены, которые относятся к $\gamma_{\text{дальнее}}$, будут соответствовать эффектам взаимодействия среди точек, относящимся к поверхностям соседних цилиндров.

Для матрицы импедансов мы можем записать следующее выражение:

$$\gamma = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & 0 & \cdot & \cdot & 0 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{23} & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & \gamma_{N-1,N-2} & \gamma_{N-1,N-1} & \gamma_{N-1,N} \\ 0 & \cdot & \cdot & 0 & \gamma_{N,N-1} & \gamma_{N,N} \end{bmatrix}; \quad (3)$$

здесь N дает полное количество точек разбиения относительно всех треугольных цилиндров.

Подобное разбиение может быть сделано для различных реальных объектов [6–8].

Те члены, которые размещены на основной диагонали, определяют вычисление $\gamma_{\text{ближнее}}$, а члены, размещенные на других диагоналях, определяют вычисление $\gamma_{\text{дальнее}}$.

При проведении математического моделирования мы установили, что требуется рассмотреть только небольшого количества членов по разложению

$$\gamma^{-1} J \approx \left[\sum_{n=0}^{M-1} (-\gamma_{\text{ближнее}}^{-1} \gamma_{\text{дальнее}})^n \right] \gamma_{\text{ближнее}}^{-1} J. \quad (4)$$

Когда мы проводили расчеты, то сравнивались уровни ЭПР, которые были получены на базе двух способов – метода интегральных уравнений и итерационного метода.

Было показано, что итерационный подход эффективно применять для значений угла $\theta < 27^\circ$.

На рис. 2 дан пример расчетов рассеянной мощности на основе указанных двух подходов.

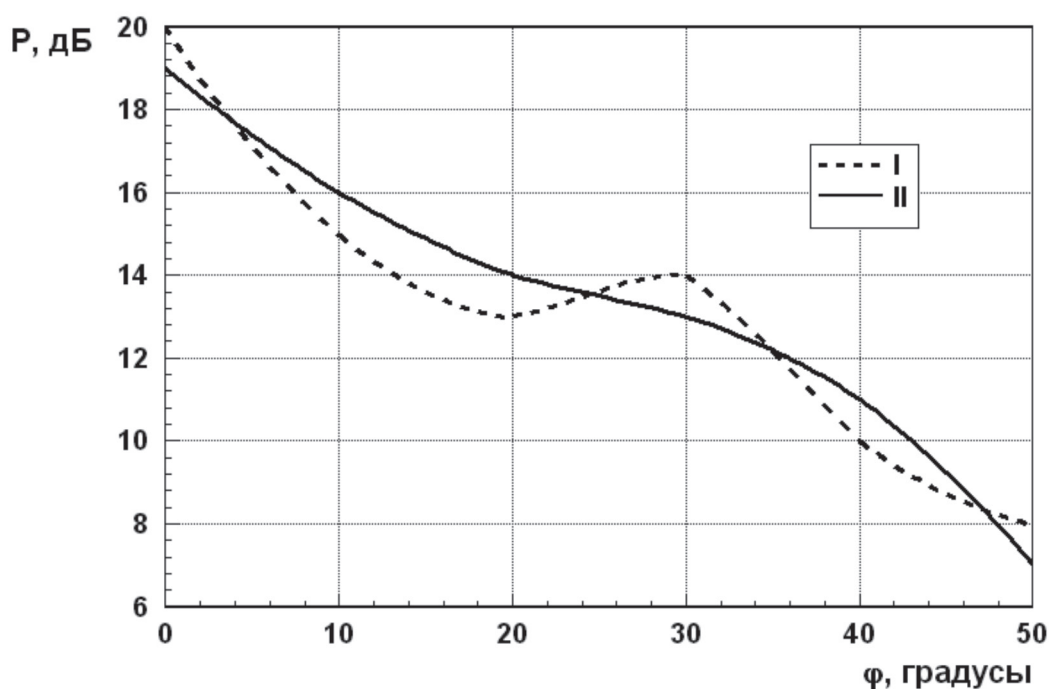


Рис. 2. Рассеянная мощность анализируемого объекта, рассчитанная на основе метода интегральных уравнений (кривая I) и итерационного подхода (кривая II)

Параметры анализируемого объекта были следующие: $w=1,2l$, $v=1,1l$, $u=4,5l$, $z=2,2l$, $m=1l$, $p=1,7l$, $g=1,32l$.

Может быть проведена дополнительная оптимизация алгоритма на основе соответствующих методов [9].

На основе проведенных оценок по требуемому времени на осуществление расчетов было установлено, что итерационный подход дает возможности для уменьшения этого времени в четыре раза.

Список литературы

1. Самойлова У.А. Анализ сложных электродинамических объектов на основе параллельных вычислений / У.А. Самойлова // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5–2. – С. 55–56.
2. Ашихмин А.В. Итерационный алгоритм решения задач дифракции электромагнитных волн в частотной области / А.В. Ашихмин, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2005. – Т. 1. – № 8. – С. 38–40.
3. Преображенский А.П. Моделирование рассеяния электромагнитных волн на несимметричном объекте /

А.П. Преображенский, О.Н. Чопоров, К.В. Кайдакова // В мире научных открытий. – 2015. – № 8. – С. 526.

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

5. Преображенский А.П. О применении комбинированных подходов для оценки характеристик рассеяния объектов / А.П. Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2014. – № 12. – С. 69–70.

6. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / О.В. Милошенко // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2012. – № 9. – С. 60–62.

7. Казаков Е.Н. Разработка и программная реализация алгоритма оценки уровня сигнала в сети wi-fi / Е.Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 13.

8. Ерасов С.В. Проблемы электромагнитной совместимости при построении беспроводных систем связи / С.В. Ерасов // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2013. – № 10. – С. 137–143.

9. Lvovich Ya. Ye. The use of «ant» algorithm in constructing models of objects that have maximum average values of the scattering characteristics / Lvovich Ya. Ye., I. Y. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy, O. N. Choporov // Life Science Journal. – 2014. – Т. 11. – № 12. – С. 463–466.