

УДК 621.396

АНАЛИЗ РАССЕИВАЮЩИХ СВОЙСТВ ПОЛЫХ ОБЪЕКТОВ

Чупракова И.С.

Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, e-mail: irachuprakow@yandex.ru

В работе рассмотрена задача рассеяния электромагнитной волны на полой металлической структуре. Алгоритм расчета мощности вторичного рассеяния полости состоит из базовых шагов: проводится запись интегрального уравнения, описывающего электрический ток при граничных условиях относительно поверхности анализируемой структуры, определяются электрические токи, которые относятся к контуру структуры после того, как решено интегральное уравнение на основе метода моментов, при помощи интеграла Кирхгофа происходит определение рассеянного электромагнитного поля, оно связано с полученными электрическими токами. Приведены примеры расчета характеристик рассеяния в зависимости от параметров рассматриваемой структуры. Показано, что появляется возможность управления числом лепестков диаграммы обратного рассеяния, а также их шириной. Предложено формирование подсистемы, на основе которой могут быть осуществлены оценки эффективности того, как применяются приближенные математические методы при расчетах свойств рассеяния радиоволн для тел, характеризующихся сложной электродинамической структурой.

Ключевые слова: рассеяние электромагнитных волн, электродинамическая структура, метод интегральных уравнений

THE ANALYSIS OF SCATTERING PROPERTIES OF HOLLOW OBJECTS

Chuprakova I.S.

Voronezh institute of high technologies, Voronezh, e-mail: irachuprakow@yandex.ru

The paper considers the problem of scattering of electromagnetic waves in hollow metal structure. The algorithm for calculating the capacity of the secondary scattering of the cavity is formed of the following main stages: written integral equation for the electric current of the boundary conditions on the surface of the considered structure, there are electric currents on the loop structure as a result of solving the integral equation by the method of moments, based on the Kirchhoff integral is determined by the ambient electromagnetic field associated with electric currents was found. Examples of the calculation of the scattering parameters depending on parameters of the considered structure. It is shown that it is possible to control the number of petals back scattering, as well as their width. The proposed formation of a subsystem, which can be carried out for assessing the effectiveness of usage of approximate mathematical methods in calculations of scattering properties of radio waves for bodies characterized by a complex electrodynamic structure.

Keywords: scattering of electromagnetic waves, electrodynamic structure, method of integral equations

Проводить решение задач, которые связаны с процессами проектирования и оценками эффективности действующих электродинамических систем невозможно исполнить без того, чтобы априорным способом иметь данные по характеристикам рассеяния тех объектов, которые подлежат исследованию [5].

В существующих условиях мы знаем два базовых подхода, которые связаны с получением необходимой информации: это осуществление экспериментальных работ, базирующихся на том, что измеряются поля рассеяния, относящиеся к реальным телам для полигонных условий, внутри безэховых камер и др., и применение теоретических разработок, строящихся на том, что происходят строгие или приближенные решения задач, в которых рассматриваются процессы дифракции радиоволн [5].

Поскольку в первом способе исходят из предположения того, что есть реальные объекты рассеяния или их весьма неплохие макеты, то такой подход, кроме

того, что в нем существуют значительные экономические, организационные и физические затраты, в практических случаях нельзя использовать, когда анализируются ранние стадии проектирования. Мы можем говорить, что это верно как для новых электродинамических систем, так и к антенных устройств [3].

Основываясь на вышесказанном, способы математического моделирования, которые можно использовать при решении подобных задач, должны все активнее применяться учеными.

Математические модели, описывающие процессы электромагнитного взаимодействия, имеют в своей основе строгие математические формулировки физических явлений, которые представляются в виде системы Максвелловских интегро-дифференциальных уравнений.

Классификация математических моделей связана с тем, какие методологические различия, когда решаются уравнения Максвелла.

Поскольку лишь аналитические решения (которые будут точны при рассмотрении их с теоретических точек зрения) могут быть достигнуты только при ограниченном множестве типов простейших объектов [9], у которых поверхности описываются в некоторых системах координат, то с тем, чтобы осуществлять анализ по рассеянным электромагнитным полям для объектов, которые имеют весьма сложные пространственные конфигурации, необходимо прибегать к использованию разных упрощений и допущений, в алгоритмах интегрирования соответствующих систем уравнений.

На базе сопутствующих математических предпосылок возникли физические модели, относящиеся к квазиоптическому диапазону длин волн.

Мы предлагаем формирование подсистемы, на основе которой могут быть осуществлены оценки эффективности того, как применяются приближенные математические методы при расчетах свойств рассеяния радиоволн для тел, характеризующихся сложной электродинамической структурой [6, 10].

Применение метода интегральных уравнений для расчета радиолокационных характеристик различных тел рассматривалось во многих работах [2, 7]. анализ современной научной литературы показывает, что в ряде случаев для анализа трехмерных объектов сложной формы можно использовать двумерный подход [1, 4]. В ряде случаев [5] проводилось исследование рассеяния

электромагнитных волн на осесимметричных трехмерных телах, что позволяло сократить вычислительные затраты и давало хорошее совпадение с экспериментальными данными.

Полая структура представляет собой отрезок плоского волновода с апертурой a и длиной L , задняя стенка наклонена под углом ϕ (Рис.1). На апертуру под углом θ падает электромагнитная волна.

Алгоритм расчета мощности вторичного рассеяния полости базируется на таких основных шагах:

1. Проводится запись интегрального уравнения для электрического тока [3] при граничных условиях, относящихся к поверхности рассматриваемой структуры (рис. 1).

2. Находятся электрические токи $J_z(r)$ на контуре структуры в результате решения интегрального уравнения методом моментов [7]. Это происходит вследствие того, что интегральное уравнение сводится к системе линейных алгебраических уравнений.

3. Использование для аппроксимации распределения плотности тока множества кусочно-постоянных функций и выбор в качестве весовых функций δ -импульсов Дирака позволяют сформировать матричное уравнение из исходного интегрального уравнения, избежав сложности вычисления матричных элементов.

На основании интеграла Кирхгофа определяется рассеянное электромагнитное поле, связанное с найденными электрическими токами $J_z(r)$ следующим образом [3]:

$$H(\theta_r) = \exp(-jkr) \sqrt{\frac{k}{2\pi r}} \int J_z(r') \exp(jkr' \cos(\theta_r)) dr', \quad (1)$$

где θ_r – угол наблюдения; k – волновое число; r – радиус-вектор точки наблюдения в дальней зоне.

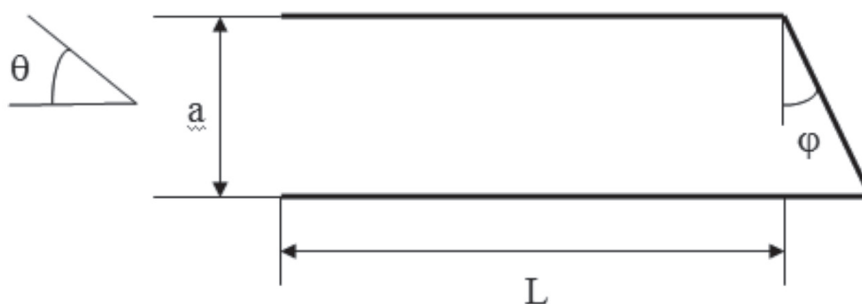


Рис. 1. Схема рассеяния электромагнитных волн на полой структуре

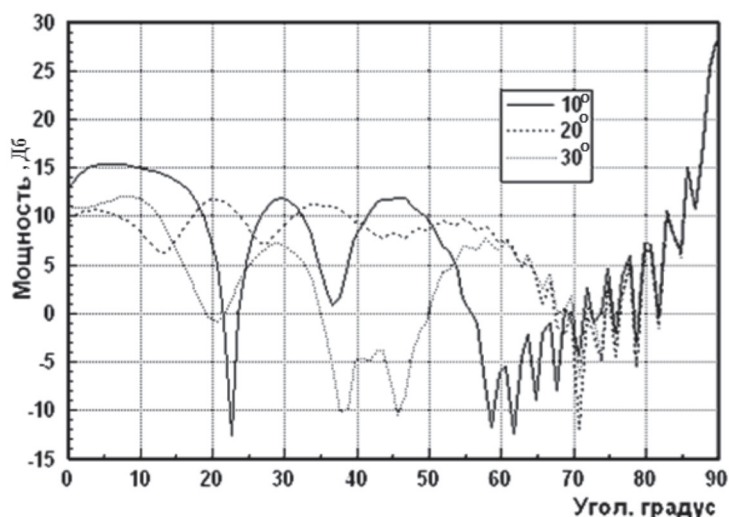


Рис. 2. Зависимости вторичной мощности рассеяния полой структуры для различных значений угла наклона задней стенки

На рис. 2 приведены зависимости вторичной мощности рассеяния полой структуры ($a = 3\lambda$, $L = 10\lambda$) для различных значений угла наклона задней стенки $\varphi = 10^\circ$, $\varphi = 20^\circ$, $\varphi = 30^\circ$, соответственно. В результате, как мы видим, появляется возможность управления числом лепестков диаграммы обратного рассеяния, а также их шириной.

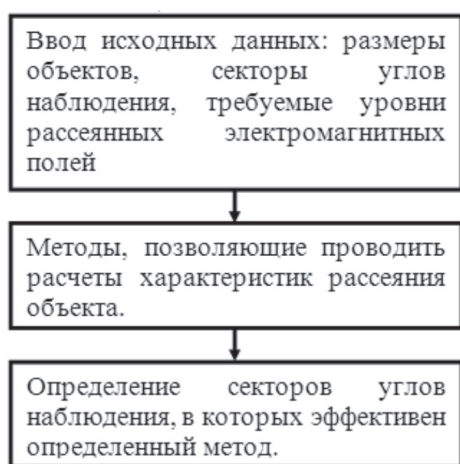


Рис. 3. Схема подсистемы, на основе которой можно оценить оценку эффективности использования математических методов

На рис. 3 приведена схема подсистемы, на основе которой могут быть осуществлены оценки эффективности того, как применяются приближенные математические

методы при расчетах свойств рассеяния радиоволн для тел, характеризующихся сложной электродинамической структурой.

Список литературы

1. Алимбеков А.Р. Интеграция ГИС и САПР в беспроводных системах связи / А.Р. Алимбеков, Е.А. Авдеенко, В.В. Шевелев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2017. № 1(16). С. 12.
2. Васильев Е. Н. Возбуждение тел вращения / Е. Н. Васильев – М.: Радио и связь, 1987. – 270 с.
3. Вычислительные методы в электродинамике / Под ред. Р. Митры. – М.: Мир, 1977. – 485 с.
4. Гащенко И.А. О моделировании в сотовых системах связи / И.А. Гащенко // Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3-2. С. 222-223.
5. 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.
6. Львович И.Я. Разработка принципов построения САПР дифракционных структур и радиолокационных антенн / И.Я. Львович, А.П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 12. С. 125-127.
7. Марков Г.Т. Возбуждение электромагнитных волн / Г.Т. Марков, А.Ф. Чаплин. – М.: Радио и связь, 1983. – 295 с.
8. Преображенский А.П. Методы прогнозирования характеристик рассеяния электромагнитных волн / А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2014. № 1 (4). С. 3.
9. Преображенский А.П. Моделирование характеристик рассеяния объектов, в состав которых входят кромки / А.П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 2(13). С. 7.
10. Толстых С.М. Проблемы маршрутизации в компьютерных сетях / С.М. Толстых, Е.А. Авдеенко, А.А. Адоньев // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 1 (20). С. 70-72.