

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕЙЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА ПРОТЯЖЕННЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕЛАХ РАЗЛИЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Гиголо А. И., Кузнецов Г. Ю.

МАИ (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия

Данная работа является продолжением исследований, направленных на решение задач рассеяния на протяженных цилиндрических телах с различным профилем сечения и электрофизическими параметрами (диэлектрической проницаемостью и проводимостью). Решение прямой задачи позволяет определить пространственно-временные выборки рассеянного телами электромагнитного поля и является одним из основных этапов работы интеллектуальных систем восстановления геометрических и электрофизических параметров. Такие системы основаны на решении обратных задач электродинамики, например, в таких областях как подповерхностная радиолокация, а также могут быть использованы при определении эффективной площади рассеяния (ЭПР) объектов в задачах уменьшения радиозаметности объектов.

Задача рассеяния может быть решена аналитически только для ограниченного числа объектов правильной формы, таких как бесконечно протяженный металлический или диэлектрический цилиндр круглого сечения, сфера [1]. Для тел произвольной формы строгого аналитического решения не существует. Для численного решения прямой задачи использовался метод конечных разностей во временной области (КРВО) (в англоязычном варианте Finite-Difference Time-Domain Method – FDTD) [2,3]. Достоинством этого метода является простота и универсальность реализации. В своей классической постановке метод КРВО основан на простой и элегантной дискретизации уравнений Максвелла, записанных в дифференциальной пространственно-временной формулировке. Сетки для электрического и магнитного полей смещены по отношению друг к другу во времени и пространстве на половину шага дискретизации по каждой из переменных. Конечно-разностные уравнения позволяют определить электрическое и магнитное поля в данный момент времени на основании известных значений полей в предыдущий момент времени, и при заданных начальных условиях вычислительная процедура разворачивает решение во времени от начала отсчета с заданным шагом. Для двумерного случая метод КРВО реализован в программе «Максвелл +» [4].

Сравнение аналитического и численного решения методом КРВО для круглого цилиндра, как металлического, так и диэлектрического, показало, что данный метод может быть использован для расчета полей рассеяния протяженных цилиндров произвольного сечения [5, 6].

Был проведен ряд численных экспериментов и получены пространственно-временные выборки рассеянного диэлектрическими цилиндрами рассеянного поля. Полученные диаграммы рассеяния для различной диэлектрической проницаемости цилиндров, а также разного сечения (круглого, квадратного, треугольного) при их различной ориентации относительно направления падающей волны и электрических размеров позволили сделать выводы относительно некоторых закономерностей, возникающих при рассеянии.

В результате исследований был проведен расчет рассеянного поля от многослойного цилиндра, что позволило промоделировать процессы рассеяния металлических тел, покрытых поглощающими материалами для уменьшения радиозаметности объектов.

Следует отметить, что полученные результаты по решению прямой задачи рассеяния, позволят подойти к построению интеллектуальных систем на основе

алгоритмов решения обратных задач по восстановлению электрофизических и геометрических объектов.

Данная работа была выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (МК – 3384.2012.8).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Никольский В. В., Никольская Т. И. Электродинамика и распространение радиоволн. Учебное пособие. – М.: Наука, 1989. – 544 с.
2. Tavlov A., Hagness S. C. Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method. – Boston, London, Artech House, 2000.
3. Гринев А.Ю. Численные методы решения прикладных задач электродинамики. Учебное пособие. – М.: Радиотехника, 2012. – 336с.
4. Гринев А. Ю., Гиголо А. И. Численное моделирование распространения электромагнитных волн в однородных средах. Учебное пособие. – М.: Вузовская книга, 2012 г. – 84 с.
5. Гиголо А. И., Кузнецов Г. Ю. Решение задачи рассеяния на протяженных цилиндрических телах различного сечения. Всероссийский межотраслевой молодежный научно-технический форум. Конкурс научно-технических работ и проектов «Молодежь и будущее авиации и космонавтики». Сборник аннотаций работ. Москва, 2012 г. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). С. 92–93.
6. Гиголо А. И., Кузнецов Г. Ю. Решение задачи рассеяния на протяженных цилиндрических телах различного сечения. Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск No 68, 2013 г.