

УДК 621.396

И.В.Крюченко

ПОСТРОЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ САПР ДИФРАКЦИОННЫХ СТРУКТУР

ОАО "Электросигнал", г. Воронеж

Проводится анализ методов, позволяющих проводить анализ характеристики рассеяния объектов сложной формы. Предложена структура подсистемы САПР, на основе которой возможно проводить процессы оптимизации и прогнозирования характеристик объектов.

Ключевые слова: рассеяние радиоволн, оптимизация, прогнозирование, САПР.

Разработка различных моделей, связанных с изучением процессов рассеяния электромагнитных волн (ЭМВ) на разных сложных дифракционных структурах является достаточно важным, поскольку есть работы, которые ведутся при создании СВЧ-устройств, многофункциональных антенн и комплексных антенных систем, имеющих заданные свойства, разных объектов техники, которые содержат в своем составе подобные структуры [1-9].

При проведении проектирования объектов техники требуется использовать алгоритмы, позволяющие при небольшом количестве действий осуществлять оценки характеристик исследуемых объектов. В основном, подобные алгоритмы строятся на базе аналитических формул.

В данной работе мы рассмотрим возможности разработки алгоритма, связанного с оценкой характеристик рассеяния ЭМВ объектами, имеющими сложную форму, его можно применять при проектировании различных объектов техники.

Когда проводится математическое моделирование, то объект представляют как совокупность N жестко связанных отражающих компонентов, имеющих постоянные параметры [10-12].

Для каждого из различных элементарных компонент, которые входят в структуру объекта, имеющего сложную форму (это - пластина, цилиндр, кромка, сфера и др.) могут быть найдены в современных источниках выражения, определяющие рассеянное поле. Можно провести расчеты, в результате которых определяется рассеянное электромагнитное поле от всего объекта на основе использования таких выражений и заданных сдвигов фаз, которые будут между рассеянными волнами, идущими от разных элементарных компонент. Поле, которое рассеяно двумерной полоской, рассчитывается на основе таких выражений [13]

$$E_z = E_{0z} \cdot [f(1) \cdot \exp(ika(\sin \alpha - \sin \varphi)) + f(2) \cdot \exp(ika(\sin \alpha - \sin \varphi))] \times \exp(i(kr + \pi/4)) / \sqrt{2\pi kr}, \quad (1)$$

где

$$f(1) = \frac{\cos(\frac{\alpha + \varphi}{2}) - \sin(\frac{\alpha - \varphi}{2})}{\sin \alpha - \sin \varphi},$$

$$f(2) = -\frac{\cos(\frac{\alpha + \varphi}{2}) + \sin(\frac{\alpha - \varphi}{2})}{\sin \alpha - \sin \varphi},$$

α – угол падения, φ – угол наблюдения, $k=2\pi/\lambda$ – постоянная распространения ЭМВ, r - расстояние до точки наблюдения, a – размер половины полоски (Рис. 1).

Проведение расчета эффективной площади рассеяния (ЭПР) объекта, который состоит из N невзаимодействующих отражателей, можно осуществить на основе того, что известны значения ЭПР по каждому элементарному отражателю σ_i , а также разность фаз для электромагнитных волн, которые отражены от разных отражателей [10, 14-18]:

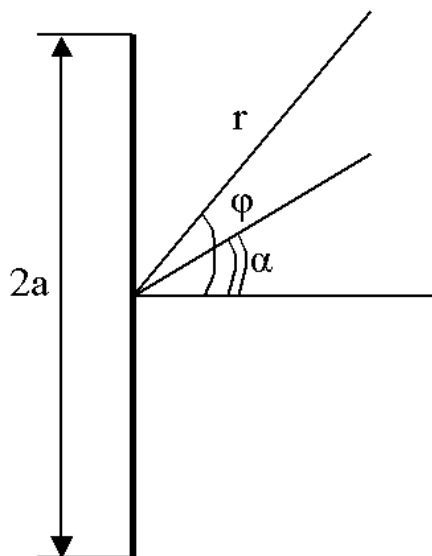


Рис.1 Схема рассеяния ЭМВ на двумерной полоске.

$$\sigma = \sum_{i=1}^N \sigma_i + 2 \cdot \sum_{i>j}^N \sqrt{\sigma_i \cdot \sigma_j} \cos \frac{4 \cdot \pi}{\lambda} \cdot \Delta r_{ij}, (2)$$

где $\Delta r_{ij} = r_i - r_j$, r_i - представляет собой расстояние от центра i -го отражателя до точки наблюдения.

В качестве достоинства приведенной модели (1)-(2) можно отметить возможности применения аналитических записей формул, а не привлечение численных методов при расчетах.

Когда проводится проектирование объектов, имеющих сложную формы, и необходимо, чтобы они были с определенными характеристиками, то в этом случае можно предложить такой алгоритм, состоящий из основных этапов:

1. Задают размеры объектов для одной длины волны (или частоты).
2. Определяют интересующий сектор углов наблюдения.
3. Делают расчеты по средней ЭПР, по заданному сектору углов наблюдения.
4. Проводится прогноз характеристик рассеяния в рамках заданных погрешностей.

В состав объекта могут входить различные полые структуры [19-21]. Если их форма относительно проста, то проведение расчетов характеристик рассеяния может быть осуществлено на основе модального метода, который даже, несмотря на то, что внутри волноводов распространяется большое число мод, позволяет провести быструю оценку ЭПР.

Можно провести обобщение рассмотренного подхода, который в своей основе содержит краевые волны с привлечением метода интегральных уравнений, в рамках которого уточняются характеристики рассеяния для объектов, имеющих размер, которые сравнимы с длиной волны. Также, для больших объектов можно применять лучевые методы [22].

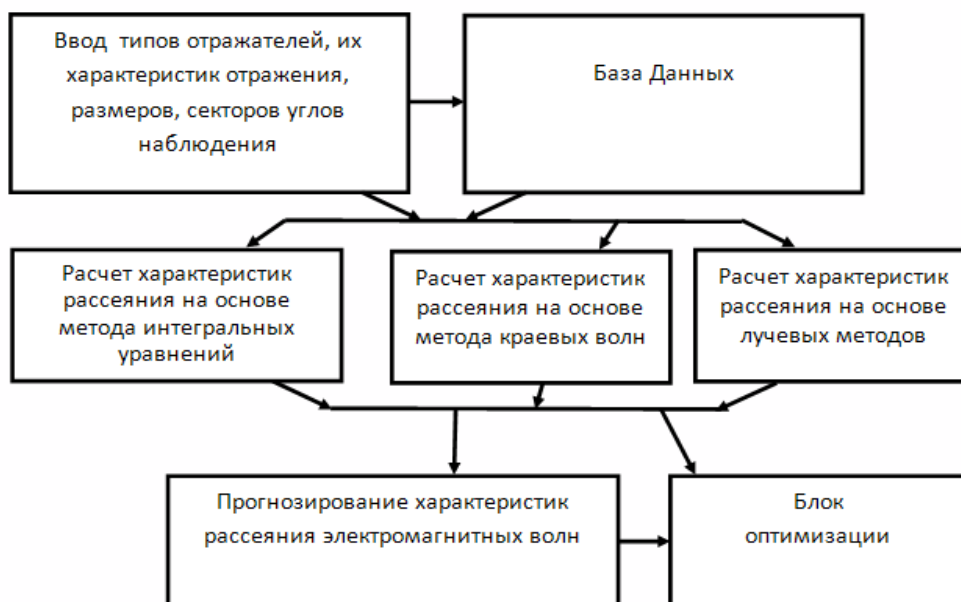


Рис.2.Блоки подсистемы САПР, предназначенной для проведения прогнозирования характеристик рассеяния электромагнитных волн

В итоге могут быть спрогнозированы характеристики рассеяния объектов сложной формы [23-27].

Алгоритмы расчетов могут быть использованы в подсистеме САПР. САПР активно применяются при проектировании дифракционных структур и антенн [28-33].

Блок оптимизации позволяет уточнить размеры объектов, характеристики рассеяния которых лежат в определенных пределах [29, 30].

На рис.2 приведены блоки подсистемы.

Таким образом, с использованием указанной подсистемы можно решать широкий круг задач, связанных с оптимизацией и прогнозированием характеристик рассеяния объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Львович И.Я., Преображенский А.П. Расчет характеристик металлодиэлектрических антенн / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 11. С. 26-29.
2. Головинов С.О., Круглякова Е.А., Преображенский А.П. Алгоритм оценки характеристик рассеяния объектов сложной формы с использованием метода краевых волн / Территория науки. 2006. № 1. С. 56-59.

3. Самойлова У.А. Анализ сложных электродинамических объектов на основе параллельных вычислений / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 55-56.
4. Кульнева Е.Ю., Гащенко И.А. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 50.
5. Ерасов С.В. Проблемы электромагнитной совместимости при построении беспроводных систем связи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 137-143.
6. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 49-50.
7. Головинов С.О., Хромых А.А. Проблемы управления системами мобильной связи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13-14.
8. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153-156.
9. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60-62.
10. Штагер Е.А., Чаевский Е.В. Рассеяние волн на телах сложной формы / М.:Сов.радио, 1974. –240 с.
11. Преображенский А.П. Оценка возможностей комбинированной методики для расчета ЭПР двумерных идеально проводящих полостей / Телекоммуникации. 2003. № 11. С. 37-40.
12. Преображенский А.П. Исследование возможности определения формы объекта в окрестности восстановления локальных отражателей на поверхности объектов по их диаграммам обратного рассеяния / Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 29-32.
13. Уфимцев П.Я. Метод краевых волн в физической теории дифракции / М.:Сов. радио, 1962. – 244 с.
14. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Разработка системы автоматизированного проектирования беспроводных систем связи / Телекоммуникации. 2010. № 11. С. 2-6.
15. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Исследование методов оптимизации при проектировании систем радиосвязи / Теория и техника радиосвязи. 2011. № 1. С. 5-9.
16. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Исследование метода трассировки лучей для проектирования беспроводных систем связи / Электромагнитные волны и электронные системы. 2012. Т. 17. № 1. С. 32-35.

17. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П., Головинов С.О. Исследование метода трассировки лучей при проектировании беспроводных систем связи / Информационные технологии. 2011. № 8. С. 40-42.
18. Головинов С.О., Преображенский А.П., Львович И.Я. Моделирование распространения миллиметровых волн в городской застройке на основе комбинированного алгоритма / Телекоммуникации. 2010. № 7. С. 20-23.
19. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик идеально проводящей полости в диапазоне длин волн / Телекоммуникации. 2005. № 12. С. 29-31.
20. Преображенский А.П., Чопоров О.Н. Алгоритм расчета радиолокационных характеристик полостей с использованием приближенной модели / Системы управления и информационные технологии. 2005. № 4. С. 17-19.
21. Косилов А.Т., Преображенский А.П. Методы расчета радиолокационных характеристик объектов / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 68-71.
22. Баранов А.В. Некоторые особенности лучевых методов расчета характеристик распространения электромагнитных волн / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 9-13.
23. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов в диапазоне длин волн с использованием результатов измерения характеристик рассеяния на дискретных частотах / Телекоммуникации. 2004. № 5. С. 32-35.
24. Шутов Г.В. Оценка возможности применения приближенной модели при оценке средних характеристик рассеяния электромагнитных волн / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 61-67.
25. Шутов Г.В. Приближенная модель для оценки средних характеристик рассеяния / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 60.
26. Преображенский А.П., Хухрянский Ю.П. Аппроксимация характеристик рассеяния электромагнитных волн элементов, входящих в состав объектов сложной формы / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 15-16.
27. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов с радиопоглощающими покрытиями в диапазоне длин волн / Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 21-24.
28. Преображенский А.П., Юров Р.П. САПР современных радиоэлектронных устройств и систем / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 3. С. 35-37.

29. Львович Я.Е., Львович И.Я. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде / под редакцией Львовича Я.Е.//Воронеж, 2010, Издательство "Научная книга", 139 с.
30. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения - Воронеж, 2006, Издательство "Кварта", 415 с.
31. Львович Я.Е., Львович И.Я., Преображенский А.П. Решение задач оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн на дифракционных структурах при их проектировании / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2010. № 6. С. 255-256.
32. Преображенский А.П. Моделирование и алгоритмизация анализа дифракционных структур в САПР радиолокационных антенн / Воронеж, Научная книга, 2007, 248 с.
33. Львович И.Я., Львович Я.Е., Преображенский А.П. Построение алгоритма оценки средних характеристик рассеяния полых структур / Телекоммуникации. 2014. № 6. С. 2-5.

I.V.Kryuchenko

THE CONSTRUCTION OF COMBINED ALGORITHM FOR CAD DIFFRACTION STRUCTURES

Joint-stock company «Electrosignal», Voronezh

The methods are analyzed, that enabling the analysis of scattering characteristics of objects of complex shape. The structure of subsystem of CAD, on the basis of which it is possible to process optimization and forecasting of the characteristics of interest is developed.

Keywords: scattering of radio waves, optimization, forecasting, CAD.