

УДК 621.396

Н.И. Пронских
**МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАССЕЯНИЯ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА ПОЛЫХ СТРУКТУРАХ**
ООО «Евросеть-Ритейл», г.Воронеж

Рассматриваются методы, которые могут быть использованы при оценке характеристик рассеяния электромагнитных волн на полых структурах. Указаны их особенности.

Ключевые слова: электромагнитная волна, полая структура, алгоритм, рассеяние.

Волны представляют собой весьма эффективный способ для передачи энергии и информации, который не требует перемещения вещества на большие расстояния.

Сейчас идет развитие средств радиосвязи [1-8]. Важным значением для физических экспериментов и различных технических приложений обладают волновые процессы для систем, в которых наблюдают осуществление направленного распространения волн.

Волноводы представляют собой каналы, в которых идут волны с небольшим затуханием. Характерно то, что поле волны сосредотачивается в внутренней области канала.

В экранированных волноводах создают хорошо отражающие стенки, чтобы излучение в них распространялось. Применяют металлические полые трубы.

В волноводах, подобно тому, как это происходит в системах с распределёнными параметрами, выделяют дискретный набор мод (типов колебаний), при этом для каждого из типов колебаний происходит распространение со своей фазовой и групповой скоростью. Можно у мод выделить дисперсию, это означает, что есть зависимость фазовых скоростей от частоты, при этом наблюдают отличие их от групповых скоростей.

Радиоволноводы применяют в различных электродинамических устройствах, радиолокационных системах [9-11].

Исследователями выделяются ряд типов волнопроводов, в которых отмечают специфические особенности по распространению волн. Среди них есть такие:

1. Распространение волн в многопроводных и коаксиальных линиях.
2. Передача информации в полых волноводах с металлическими стенками.
3. Использование волнопроводов, содержащих диэлектрические и металлические замедляющие элементы.

4. Внедрение разных планарных систем (микрорешетчатых, щелевых, компланарных).
5. Применение диэлектрических волноводов, в том числе оптических волоконных световодов, планарных и градиентных волноводов интегральной оптики.

Кроме бегущих волн большое значение отводят стоячим волнам, которые распространяются в направляющих системах. Создание режима стоячих волн может быть осуществлено на основе размещения идеально отражающего зеркала, расположенного в сечении $z = 0$.

Когда есть возмущение в круглом волноводе, то происходит изменение постоянных распространения волн, которые относятся к циркулярной поляризации. Моды, имеющие левую и правую круговую поляризацию, будут включать различное изменение по углу поворота.

Для линейно поляризованной волны можно сделать представление в виде двух волн, имеющих круговую поляризацию. Возникновение возмущений будет вести к тому, что для линейно поляризованной волны, проходящей отрезок волновода, будет возникать эллиптическая поляризация. В результате, будет неустойчивая поляризация волны в круглом волноводе при наличии малых возмущений.

Для полого волновода, имеющего металлические стенки то, каким образом распределено электромагнитное поле, можно представить в виде линейной комбинации нормальных мод. Это связано с тем, что в собственных функциях в двумерной краевой задаче, касающейся уравнения Гельмгольца, рассматриваемой в условиях ограниченной замкнутой области, существует свойство полноты.

Среди различных задач существуют такие, которые связаны с изучением рассеяния электромагнитных волн на различных полых структурах. Эти полые структуры, в том числе имеющие сложную форму, могут входить в состав объектов техники в виде элементов конструкций, а также в состав антенно-фидерных устройств. Говоря о возможностях решений прикладных задач, необходимо стремиться к построению алгоритмов расчета характеристик рассеяния электромагнитных волн на трехмерных структурах, которые не дают возможностей уменьшения размерностей задач. Хотя, в ряде случаев такое снижение может быть сделано, например, вследствие симметрии объектов. Весьма сложными с точки зрения исследований могут быть названы полые структуры, в которых размеры находятся в резонансной области.

Как уже отмечалось, дифракционные структуры определяют структуру и свойства многих современных антенн и антенных систем [12-21]. На настоящий момент не разработаны универсальные алгоритмы и методики, которые позволяют вести анализ по радиолокационным характеристикам для антенн произвольных форм. С целью проведения

анализа и процессов проектирования разных сложных объектов, содержащих полые структуры разработано большое число программных продуктов. Большая часть из них связана с решением достаточно узких проблем [22-25].

При практическом решении задач полые структуры представляют как участки волноводов, которые соединены между собой. Такие волноводы могут быть частями разных цепей питания в антенно-фидерных трактах, СВЧ-устройствах и др.

Когда строилась элементная баз радиосистем, то применяли исследования, касающиеся линий передач на основе волноводов, по ним результаты были разработаны уже в 1960-х гг. 20 века. На основе математического моделирования можно учесть соответствующие особенности, связанные с распространением электромагнитных волн во внутренних областях антенно-фидерных трактов, при учете их изгибов и отражений волн от тел, которые помещаются внутри волноводов. Например, в волноводы могут вставляться разные диафрагмы, зонды, прорезать в стенках щели.

Можно применять метод интегральных уравнений при определении модальных коэффициентов волн, которые распространяются во внутренней области полых структур, проводить расчет их собственных числа.

Математические алгоритмы по расчету характеристик рассеяния полых структур используются в САПР.

К настоящему времени разработаны способы оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн на основе методов прогнозирования и лучевых методов [26-30].

Среди разработанных к настоящему времени САПР можно отметить пакеты программ, которые предназначены для проведения моделирования систем, связанных с распространением широкополосных цифровых сигналов. Достаточно часто используют такие программные продукты, как Microwave Office и CST Microwave Studio. Они могут применяться на многих персональных компьютерах.

Таким образом, в работе кратко обозначены методы, которые могут быть полезны при расчете характеристик рассеяния объектов, содержащих полые структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Милошенко О.В. Методы оценки характеристик распространения радиоволн в системах подвижной радиосвязи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 60-62.
7. Мишин Я.А. О системах автоматизированного проектирования в беспроводных сетях / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 153-156.
8. Головинов С.О., Хромых А.А. Проблемы управления системами мобильной связи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 13-14.
9. Преображенский А.П. Оценка возможностей комбинированной методики для расчета ЭПР двумерных идеально проводящих полостей / Телекоммуникации. 2003. № 11. С. 37-40.
10. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик идеально проводящей полости в диапазоне длин волн / Телекоммуникации. 2005. № 12. С. 29-31.
11. Львович И.Я., Преображенский А.П. Расчет характеристик металлodieлектрических антенн / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 11. С. 26-29.
12. 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.
13. 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.
 14. Преображенский А.П. Моделирование и алгоритмизация анализа дифракционных структур в САПР радиолокационных антенн / Воронеж, Научная книга, 2007, 248 с.
 15. Косилов А.Т., Преображенский А.П. Методы расчета радиолокационных характеристик объектов / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 68-71.
 16. Баранов А.В. Проблемы функционирования mesh-сетей / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2012. № 9. С. 49-50.
 17. 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.
 18. Ерасов С.В. Проблемы электромагнитной совместимости при построении беспроводных систем связи / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 137-143.
 19. 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.
 20. Шутов Г.В. Приближенная модель для оценки средних характеристик рассеяния / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 60.
 21. Кульнева Е.Ю., Гащенко И.А. О характеристиках, влияющих на моделирование радиотехнических устройств / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 50.
 22. Львович Я.Е. Многоальтернативная оптимизация: теория и приложения - Воронеж, 2006, Издательство "Кварта", 415 с.
 23. Преображенский А.П., Юров Р.П. САПР современных радиоэлектронных устройств и систем / Вестник Воронежского государственного технического университета. 2006. Т. 2. № 3. С. 35-37.
 24. Самойлова У.А. Анализ сложных электродинамических объектов на основе параллельных вычислений / Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 55-56.

25. Львович И.Я., Львович Я.Е., Преображенский А.П. Построение алгоритма оценки средних характеристик рассеяния полых структур / Телекоммуникации. 2014. № 6. С. 2-5.
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. Исследование возможности определения формы объекта в окрестности восстановления локальных отражателей на поверхности объектов по их диаграммам обратного рассеяния / Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 29-32.
28. Преображенский А.П. Прогнозирование радиолокационных характеристик объектов с радиопоглощающими покрытиями в диапазоне длин волн / Телекоммуникации. 2003. № 4. С. 21-24.
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. Баранов А.В. Некоторые особенности лучевых методов расчета характеристик распространения электромагнитных волн / Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 9-13.

N.I. Pronskih

THE METHODS FOR SOLVING PROBLEMS OF SCATTERING OF ELECTROMAGNETIC WAVES ON A HOLLOW STRUCTURES

Joint-stock company « Euroset-retail», Voronezh

The methods that can be used for the estimation of characteristics is the scattering of electromagnetic waves on a hollow structures are discussed. Their features are indicated.

Keywords: electromagnetic wave, hollow structure, algorithm, scattering.