

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
Кафедра радиофизики

В.А. Тимофеев

**Рассеивающие свойства
дискретных объектов
в СВЧ диапазоне радиоволн**

*Методические указания
по выполнению лабораторной работы*

*Рекомендовано
Научно-методическим советом университета
для студентов специальности Радиофизика и электроника
и направления подготовки Телекоммуникации*

Ярославль 2006

УДК 621.38.01:53
ББК 3 840я73
Т 41

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2006 года*

Рецензент
кафедра радиофизики ЯрГУ

Тимофеев, В.А. Рассеивающие свойства дискретных объектов в СВЧ диапазоне радиоволн : методические указания по выполнению лабораторной работы / В.А. Тимофеев ; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль : ЯрГУ, 2006. – 52 с.

Рассматриваются вопросы, связанные с дифракцией электромагнитных волн. Приводятся общие соотношения, характеризующие взаимодействие электромагнитного излучения с дискретными объектами. Кратко представлены методы анализа дифракционных задач, возникающих в различных областях науки и техники для диапазона СВЧ. Рассмотрены статистические характеристики рассеивающих свойств объектов.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 013800 Радиофизика и электроника и направлению подготовки Телекоммуникации очной и заочной форм обучения (курс "Физика волновых процессов" и "Электромагнитные поля и волны", блоки ОПД, ДС).

Табл. 3. Рис. 14. Библиогр.: 9 назв.

УДК 621.38.01:53
ББК 3 840я73

© Ярославский государственный университет, 2006
© В.А. Тимофеев, 2006

В соответствии с Регламентом радиосвязи к радиодиапазону относят электромагнитные волны с частотами от 3 кГц до 3 ТГц. В этой классификации сверхвысокие частоты (СВЧ) занимают диапазон в границах от 3 ГГц до 30 ГГц, что соответствует длинам волн от 1 до 10 сантиметров. Данный участок электромагнитного спектра начинает все более активно использоваться в различных системах связи, радиолокации, навигации и дистанционного зондирования. Это обусловлено, с одной стороны, перегруженностью соседних диапазонов метровых и дециметровых волн, а с другой стороны – известными перспективами применения СВЧ излучения. Кроме того, развитие элементной базы, антенной техники позволило вплотную приступить к практическому внедрению и эксплуатации радиосистем различного назначения, функционирующих в этом частотном диапазоне.

Во многих практически важных задачах приходится иметь дело с такой ситуацией, когда на пути электромагнитного излучения встречается какой-либо объект (препятствие), электрофизические параметры которого отличаются от свойств окружающего пространства. В этом случае волна, распространяется в пространстве, как бы «огибает» данное препятствие. Это явление получило название *дифракции* (от латинского слова *diffractus* – изломанный). В широком смысле дифракцией называется поведение поля в некоторой области, имеющей границу с теми или иными свойствами. Когда на пути распространения волны возникает какое-то препятствие, образуется рассеянное поле. Задача теории дифракции состоит в определении поля вокруг препятствия, образованного в результате взаимодействия падающей и рассеянной волны.

Общая постановка задачи

С математической точки зрения теория дифракции, состоящая в решении линейных дифференциальных уравнений в частных производных с линейными краевыми условиями, настолько сложна, что до настоящего времени имеется строгое решение лишь для небольшого числа задач.

С позиции электродинамики дифракционные проблемы относятся к *внешним граничным задачам электродинамики* [1 – 3]. Рассмотрим ее в самой общей постановке. Будем считать, что в области V_u заданы сторонние токи и заряды (рис. 1). Имеется объект V , ограниченный поверхностью S и заполненный материалом с комплексной диэлектрической и магнитной проницаемостями ϵ_{ka1} и μ_{a1} , соответственно. Электромагнитное поле на S удовлетворяет заданным граничным условиям. Среда, заполняющая объем V_0 , в котором расположена точка наблюдения N , является линейной однородной и изотропной, ее параметры определяются комплексной диэлектрической ϵ_{ka0} и магнитной μ_{a0} проницаемостями. Область V_u в общем случае может быть расположена на любом расстоянии от объекта. Случай, когда область V_u расположена в непосредственной близости от поверхности S или на самой поверхности, характерен для *антенной техники*. Практический интерес при этом представляет знание полного поля, являющегося наложением первичного (падающего) поля и вторичного (отраженного, или рассеянного объектом) поля. Полное поле порождает вся система, состоящая из стороннего источника и объекта. Целью решения граничной задачи в этом случае может быть, например, вычисление амплитудной и фазовой диаграмм направленности излучающей системы при заданных форме поверхности S объекта, граничном условии на S и положении стороннего источника.

Область V_u может быть расположена на большом расстоянии от объекта V . Этот случай характерен для *радиолокации и связи*. Линейные размеры объекта при этом намного меньше расстояния между антенной и объектом; можно считать, что это расстояние стремится к бесконечности. При этом на объект падает локально плоская волна. Целью решения граничной задачи в этом случае

может быть, например, вычисление амплитуды поля, рассеянного объектом, в той точке наблюдения, где расположена приемная антенна (зонд), вычисление зависимости рассеянного поля от азимутального и угломестного углов (характеристики рассеяния – амплитудной и фазовой) при заданных форме объекта, положения стороннего источника (передающей антенны), граничных условиях. Вектор Пойнтинга рассеянного поля в дальней зоне определяет эффективную площадь рассеяния объекта, которая входит в основное уравнение радиолокации и используется при расчете радиополитов.

При решении задач дифракции считается, что векторы напряженностей первичного (или *падающего*) поля \vec{E}_i, \vec{H}_i , возбуждаемого сторонним источником в неограниченном пространстве в отсутствие объекта V , известны. Векторы напряженностей вторичного (*рассеянного* объектом) поля обозначим через \vec{E}_s, \vec{H}_s .

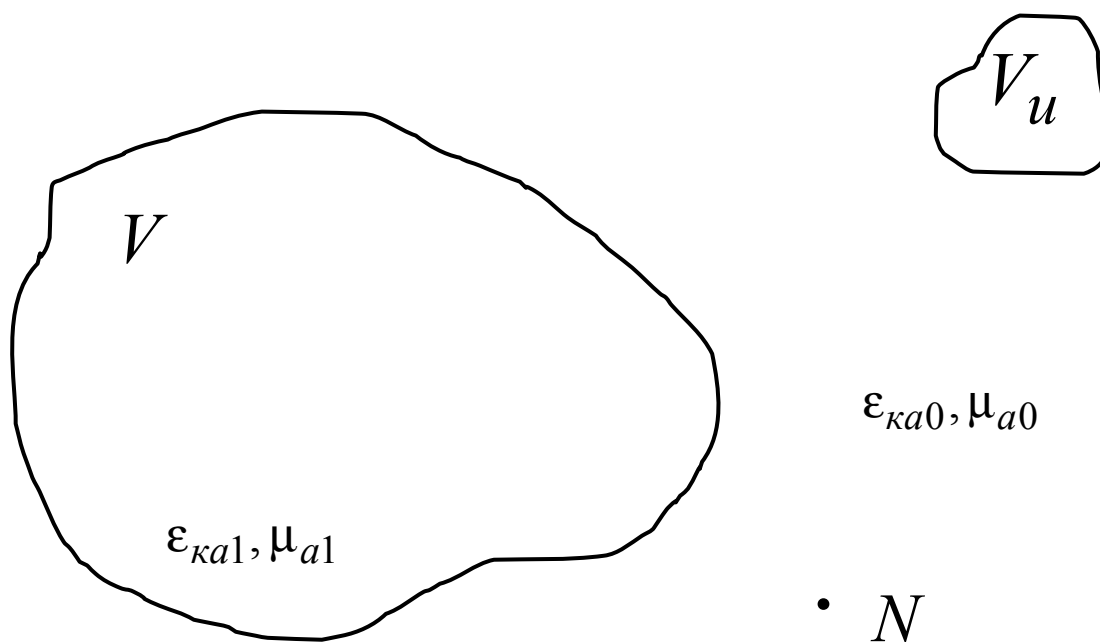


Рис. 1.

Полное (*дифракционное*) поле определяется векторными суммами:

$$\vec{E}_d = \vec{E}_i + \vec{E}_s, \vec{H}_d = \vec{H}_i + \vec{H}_s. \quad (1)$$

Первичное поле известно. Поэтому при изучении дифракции определяют амплитуды, фазы и поляризации векторов рассеянного или полного поля как функции формы и параметров ϵ_{ka1}, μ_{a1}