

Метод интегральных уравнений, основанный на лемме Лоренца, для расчета согласующих переходов между несоосными волноводами

Научный руководитель – Кашин Александр Васильевич

Гаранин Сергей Михайлович

Кандидат наук

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Россия

E-mail: garanin_s.m@mail.ru

Решение дифракционных задач электродинамики является основой проектирования современных СВЧ и КВЧ устройств. Одной из наиболее распространенных задач этого типа является задача дифракции электромагнитной волны на локально неоднородном участке экранированной направляющей структуры. Ее решение представляет серьезные математические трудности, связанные в первую очередь с необходимостью учета геометрической формы проводящих поверхностей и препятствий, на которые падает волна.

При решении внутренних задач дифракции электромагнитных волн в нерегулярных экранированных направляющих структурах наиболее часто применяются следующие методы: метод поперечных сечений [2], метод частичных областей (МЧО) [3,4], а также различные численные методы [6,7] (метод конечных разностей, метод конечных элементов).

Метод поперечных сечений применим лишь для нерегулярных направляющих структур с медленно меняющимися по продольной координате параметрами. Применение МЧО не накладывает ограничений на геометрию нерегулярности, однако при расчете характеристик устройств с относительно сложной геометрией требуется высокая степень их декомпозиции. При использовании МЧО решение дифракционной задачи осуществляется на каждой границе между соседними частичными областями, следовательно, для расчета требуется относительно большое количество машинного времени.

В настоящее время при проектировании СВЧ и КВЧ устройств наибольшую популярность имеют численные методы расчета. На их основе построены универсальные пакеты программ трехмерного моделирования электромагнитного поля, позволяющие на уровне предельно высокой степени декомпозиции узлов проводить расчеты интегральных характеристик. Среди таких пакетов наиболее распространенными являются CST Microwave Studio и Ansoft HFSS. Высокая степень декомпозиции, как правило, приводит к утрате наглядного представления физических процессов, происходящих в рассматриваемом устройстве, и невозможности априорного анализа ожидаемых результатов. Кроме того, временные затраты на решение трехмерных дифракционных задач иногда оказываются столь велики, что не позволяют в полной мере проводить оптимизацию параметров СВЧ устройств.

Поскольку практически все существующие методы имеют те или иные ограничения, задача создания новых теоретически обоснованных методов и разработки на их основе алгоритмов для расчета характеристик нерегулярных направляющих структур является весьма актуальной.

Настоящая работа посвящена применению метода интегральных уравнений, основанного на лемме Лоренца [1,5], для решения задачи дифракции электромагнитных волн на трехмерно нерегулярных экранированных направляющих структурах. В качестве примера такой структуры рассмотрен плавный согласующий переход, соединяющий несоосные прямоугольные волноводы различных поперечных размеров. Важными достоинствами применяемого метода интегральных уравнений являются его универсальность в отношении

формы экранирующей поверхности направляющей структуры и простота процедуры алгебраизации исходных интегральных уравнений.

Источники и литература

- 1) 1. Иларионов Ю. А., Раевский С. Б., Сморгонский В. Я. Расчет гофрированных и частично-заполненных волноводов. М., 1980.
- 2) 2. Каценеленбаум Б. З. Теория нерегулярных волноводов с медленно меняющимися параметрами. М., 1961.
- 3) 3. Радионов А. А., Раевский С. Б. Расчет дисперсионных характеристик и коэффициентов затухания прямоугольных гофрированных волноводов // Изв. вузов СССР. Радиоэлектроника, 1977. Т.20. №9. С. 69-73.
- 4) 4. Раевский С. Б., Рудоясова Л. Г. Расчет волноводного резонатора, перестраиваемого металлическим стержнем на основе метода частичных областей // Изв. вузов СССР. Сер. Радиофизика, 1976. Т.19. №9. С. 1391-1394.
- 5) 5. Раевский С. Б. Метод интегральных уравнений для расчета нерегулярных волноводов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы, 2009. Т.12. №3. С. 34-37.
- 6) 6. Самарский А. А., Николаев Е. С. Методы решения сеточных уравнений. М., 1978.
- 7) 7. Стренг Г., Фикс Д. Теория метода конечных элементов. М., 1977.