

## Метод конечных элементов в задаче сочленения коаксиальных и радиальных волноводов

А.Л. Делицын\*

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра математики  
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 2  
(Статья поступила 25.04.2016; Подписана в печать 05.05.2016)

Рассмотрено применение метода конечных элементов к задаче сочленения коаксиального и радиальных волноводов. Приведены парциальные условия излучения в радиальных волноводах. Проведено сравнение численных результатов с аналитическими.

PACS: 02.30.Jr

УДК: 517.95

Ключевые слова: уравнения Максвелла, метод конечных элементов.

Задача о сочленении коаксиального и радиальных волноводов представляет интерес в технике антенн и при проектировании межслойных переходов в печатных платах. Особенностью этой задачи является отсутствие частоты отсечки, как в коаксиальном, так и в радиальных волноводах. Для решения подобных задач широко применяется метод связанных интегральных уравнений и различные аналитические приближения. Мы рассматриваем применение метода смешанных конечных элементов к решению этой задачи. При наличии в задачах для печатных плат большого количества радиальных волноводов, метод конечных элементов становится, с нашей точки зрения более эффективным, чем метод интегральных уравнений. Основная проблема заключается в ограничении области. Для радиального волновода постановка парциальных условий излучения является, по-видимому, серьезной проблемой. В частном случае аксиально-симметричной геометрии постановка подобных краевых условий тем не менее возможна.

Мы сводим исходную задачу дифракции проводной волны падающей из коаксиала на межслойный переход

к внутренней краевой задаче. При этом краевые условия допускают применение метода конечных элементов. Разработанный программный код позволяет вычислять волновые поля в межслойном переходе и даже с определенной степенью точности определять их в металлических стенках волновода (диапазон частот 1 МГц — 10 ГГц, радиус центрального проводника в коаксиале — 0.125 мм). Проведенное тестирование позволяет утверждать о применимости и перспективах метода конечных элементов для подобных задач. В качестве теста использовалось сравнение результатов расчета входного импеданса с определяемым по формуле Отто. При этом, различие составило не более 3%. Проведенное сравнение емкости конденсатора, помещенного внутрь коаксиала с определяемой по уточненной формуле Кирхгофа — показало различие порядка 2%. Полученные результаты допускают дальнейшее развитие в неосесимметричном случае, что требует дополнительного учета поверхностного интегрального уравнения, заменяющего в общем случае парциальные условия излучения.

[1] Коняев Д.А., Делицын А.Л. Матем. моделирование. 26:8. Р. 48. (2014).

## Mode matching method for electrodynamic problems with small parameter

A. L. Delitsyn

Department of Mathematics Physics, Faculty of Physics,  
M.V.Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991, Russia  
E-mail: delitsyn@mail.ru.

Mode matching method application is considered for waveguide resonance scattering and mode localization problems in the domain with barrier. The resonance character of scattering in the waveguide with two barriers is proved.

PACS: 02.30.Jr

Keywords: resonance scattering, mode localization.

Received 25.04.2016.

### Сведения об авторе

Делицын Андрей Леонидович — докт. физ.-мат. наук, профессор; тел.: (495) 939-39-47, e-mail: delitsyn@mail.ru.