

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Михалицына Евгения Александровича «Электродинамические модели резонансных структур и волноводных циркуляторов на основе осесимметричных феррит-диэлектрических элементов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Диссертационная работа Михалицына Е.А посвящена исследованию цилиндрических экранированных гиротропно-диэлектрических резонаторов и симметричных волноводных H-плоскостных Y-циркуляторов с аксиально-симметричными феррит-диэлектрическими элементами.

Актуальность работы определяется необходимостью расчета резонансных частот собственных колебаний цилиндрических резонансных структур, входящих в состав ферритовых перестраиваемых фильтров и S-параметров волноводных Y-циркуляторов, составляющих основу конструирования развязывающих и переключающих ферритовых устройств с составными осесимметричными элементами. Разработанные соискателем математические модели и программы их реализации способствуют снижению объема экспериментальных исследований, необходимых для разработки конструкций СВЧ- и КВЧ-устройств, выполненных на основе цилиндрических ферритовых элементов, и являются востребованными для предприятий радиоэлектронной промышленности России.

Научная новизна работы состоит в получении следующих наиболее значимых результатов:

- Решение обобщенного уравнения Гельмгольца для продольно неоднородной бигиротропной среды.
- Алгоритм расчета дисперсионных характеристик волн слоистых радиальных волноводов с ферритовыми слоями.
- Алгоритм расчета резонансных частот собственных колебаний закрытых цилиндрических феррит-диэлектрических резонаторов.
- Математическая модель, позволяющая проводить расчет S-параметров волноводных симметричных Y-циркуляторов с продольно-неоднородными цилиндрическими феррит-диэлектрическими элементами.

Достоверность и обоснованность основных научных положений и выводов.

Представленные в диссертационной работе *научные выводы, положения и рекомендации* не вызывают сомнений в своей *достоверности* и *обоснованности*, что обеспечивается многочисленными сравнениями результатов применения разработанных соискателем алгоритмов и программ с литературными данными, с результатами эксперимента и данными, полученными с помощью коммерческого пакета электромагнитного моделирования ANSYS HFSS.

Практическая значимость работы заключается в разработке алгоритмов, позволяющих вычислять значения резонансных частот осесимметричных феррит-диэлектрических колебательных систем и проводить расчет характеристик и оптимизацию параметров волноводных Y-циркуляторов с цилиндрическими феррит-диэлектрическими образцами. Имеется два акта внедрения научно-технических результатов диссертации в ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седакова» и НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Оценка содержания диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 98 наименований и приложения с двумя актами внедрения. Общий объем работы – 197 страниц. Диссертация содержит 59 рисунков и 9 таблиц.

Во введении обосновывается актуальность, практическая и теоретическая значимость диссертации, формулируются цель, задачи исследований, и основные положения, выносимые на защиту. Приводится краткое содержание диссертации.

Первая глава посвящена созданию фундаментальной теоретической основы для последующих исследований: представлено решение системы уравнений Максвелла, записанной для бигиротропной среды с продольной осью гиротропии. Для продольно-однородной среды сформулирован T -метод решения, для продольно-неоднородной среды разработан L -метод и его модифицированная формулировка. Представлена физическая модель для макроскопических параметров ненасыщенной ферритовой среды.

Во второй главе используется модифицированный L -метод для решения задачи расчета спектра собственных волн слоистых радиальных волноводов с ферритовыми слоями. Обосновывается классификация гибридных дуплетных собственных волн. Приводятся результаты численных расчетов ряда структур, значимых в плане дальнейших исследований.

В третьей главе рассматриваются L - и T -методы, приводятся результаты исследования слоистых радиальных гиродиэлектрических волноводов, которые

используются при создании математической модели экранированных цилиндрических феррит-диэлектрических резонаторов. Проводится сравнение результатов расчета резонансных частот с данными литературного источника, полученными с помощью процедуры Галеркина. Дается анализ изменения резонансных частот с увеличением номера приближения решаемой задачи.

Четвертая глава посвящена разработке математической модели симметричных волноводных H-плоскостных Y-циркуляторов, выполненных на основе осесимметричных феррит-диэлектрических элементов. Проводится тестирование модели в сравнении с ANSYS HFSS и экспериментом. К наиболее значимым научным результатам, представленным в главе, следует отнести исследование влияния неоднородности намагниченности ферритового диска на характеристики циркулятора, выполненного на основе такого элемента.

Пятая глава диссертации посвящена программно-технической реализации разработанных электродинамических моделей. Дается описание интерфейсов созданных программ, формулируется эффективный подход к расчету спектра собственных волн радиальных волноводов как базовых структурных единиц построения электродинамических моделей более высоких уровней, приводятся результаты оценки времени расчета характеристик исследуемых в диссертации структур.

В заключении представлены основные итоги и перспективы исследований.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

1. При грамотном в целом изложении материала присутствуют некоторые неточности и опечатки. Так, например, на стр. 37 лишним является слово «чего» в тексте «...в рамках каждого из подходов *чего* приходим...», на стр. 69 на рис. 2.6 неверно расставлены выносные линии для волн LM_{n1} и LM_{n3} , допущены опечатки в словах «проведён» на стр. 59, «свободны» на стр. 131, «магнитное» на стр. 162, «программирования» на стр. 174 и т.д.

2. При описании T -метода решения обобщенного уравнения Гельмгольца на стр. 42 приводятся пояснения: «Особенность рассмотренного в главе T -метода заключается в прозрачности проводимых математических преобразований без привлечения каких-либо искусственных приемов...». Это высказывание выглядит сомнительным, поскольку в основе T -метода лежит аксиоматическая гипотеза об идентичности функций продольной зависимости электрической и магнитных компонент поля. И если T -метод и хорошо известный метод укорочения

исходного дифференциального уравнения обеспечивают идентичные результаты, то в чем заключаются преимущества нового T -метода?

3. Диссертация лишена пояснений о деталях применения модифицированного T -метода решения обобщенного уравнения Гельмгольца при построении предложенных автором электродинамических моделей.

4. Сравнение результатов применения методов равномерной и неравномерной стратификации феррит-диэлектрического радиального волновода с продольно неоднородной намагниченностью в разделе 2.2 представлено лишь в одной частотной точке и для одной собственной волны. А в разделе 4.4 при решении задачи о расчете S -матрицы рассеяния волноводного циркулятора с неоднородно намагниченным ферритовым диском не указано, какой метод стратификации используется для разбиения ферритового слоя радиального волновода.

5. Созданная модель закрытого феррит-диэлектрического цилиндрического резонатора обобщена на колебательные системы с центральным металлическим стержнем, однако результаты тестирования моделей слоистых структур с таким элементом в диссертации отсутствуют. Аналогичное замечание относится также к обобщенной модели циркулятора.

Заключение

Отмеченные недостатки и замечания не снижают общую положительную оценку диссертации и преследуют цель ввести дискуссию в процесс обсуждения представленной интересной работы. Диссертация Михалицына Е.А. представляет законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне.

По материалам диссертации опубликованы 15 печатных работ, из которых 3 в журналах, включенных ВАК в перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Материалы диссертации обсуждались на научно-технических конференциях различных уровней. Основные результаты диссертации в достаточной степени представлены в этих работах. Кроме того соискатель получил два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Автореферат диссертации в полной мере отражает её содержание.

Таким образом, актуальность, научная и практическая значимость представленной работы не вызывают сомнений. Содержание диссертации

соответствует специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии. Диссертационная работа Михалицына Е.А. удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Официальный оппонент,
руководитель проектов
ООО «Теком», кандидат
технических наук

20.10.2016


(подпись)

Попов Евгений Александрович

Адрес организации: 603024, г. Нижний Новгород, ул. Сеченова, 2а.
Телефон: (831) 432-66-88, e-mail: epopov@tecomgroup.ru.

Подпись Е.А. Попова заверяю:

Гербовая печать

