

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Морозова Сергея Владимировича «Интегральные представления электромагнитного поля тонкопроволочных излучающих структур с различными типами симметрий» представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности – 01.04.03 – Радиофизика.

Актуальность темы. Совершенствование способов передачи информации в телекоммуникационных системах, обеспечение электромагнитной совместимости и устойчивости функционирования радиоэлектронных средств связано с развитием принципов и технологий построения излучающих структур. Исследование таких структур предполагает разработку и совершенствование методов построения их строгих электродинамических моделей. Строгий подход позволяет не только достичь высокой точности расчета электродинамических характеристик моделей, но и выявить факторы, влияющие на эти характеристики.

На практике для разработки математических моделей электродинамических структур используются системы автоматизированного проектирования (САПР). Но в связи с тем, что внутренние алгоритмы в коммерческих САПР скрыты и не могут быть оптимизированы под конфигурацию конкретного объекта, возникает проблема оценки расчетных погрешностей и выявления причин их возникновения. Это приводит к противоречию между практическими потребностями разработки структур и уровнем развития методических основ их проектирования и технологий изготовления.

В диссертации Морозова С.В. «Интегральные представления электромагнитного поля тонкопроволочных излучающих структур с различными типами симметрий» построение строгих электродинамических моделей тонкопроволочных структур (ТПС) осуществляется на основе соответствующих интегральных представлений электромагнитного поля (далее ИП ЭМП). Использование ИП ЭМП позволяет наиболее простым образом строить строгие математические модели ТПС. При решении внутренней электродинамической задачи ИП ЭМП естественным образом приводят к системам интегральных уравнений Фредгольма первого рода, решение которых является некорректной электродинамической задачей. Корректность и устойчивость результатов анализа таких структур обеспечивается за счет математической регуляризации.

Таким образом, тема диссертации посвященной совершенствованию методов электродинамического анализа излучающих структур, является актуальной.

Степень обоснованности научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. В диссертации на основании выполненных автором исследований получены новые интегральные представления электромагнитного поля тонкопроволочных структур, обладающих одиночной или двойной симметрией, что можно квалифицировать как научное достижение в области радиофизических методов разработки электродинамических систем и устройств приема и передачи сигналов.

Содержание работы, раскрывающее суть полученных соискателем результатов, сформулированных на их основе выводов и рекомендаций, изложено в четырех главах.

В первой главе диссертационной работы излагаются подробные выводы выражений, использующихся в качестве основы для решения задач в последующих главах. Приводится подробный вывод ИП ЭМП тонкопроволочной структуры. Описывается общий механизм выделения особенностей в ИП ЭМП при рассмотрении ближней зоны. Отдельно рассматриваются действительные и мнимые части компонент ядер ИП ЭМП, асимптотики ядер.

Во второй главе получено ИП ЭМП обобщенной тонкопроволочной структуры, на основе которого построена математическая модель планарного вибратора. Был произведен полный электродинамический анализ структуры, который выявил связь геометрии вибратора (в частности его поперечного размера) с его широкополосностью. Результаты расчета диаграмм направленности представлены в сравнении с прямолинейным вибратором аналогичных размеров. Показано, что геометрия вибраторов не существенно влияет на форму диаграмм направленности.

Третья глава посвящена тонкопроволочным структурам с одиночной симметрией, для которых получено соответствующее ИП ЭМП. На основе полученных интегральных представлений были построены строгие математические модели поворотной-симметричной вибратора с торцевыми элементами и без них, а также вибратор Надененко. Анализ сходимости решения внутренней задачи показал, что усложнение геометрии структуры ведет к ухудшению сходимости решения. Для решения этой проблемы предлагается использовать неравномерное распределение сегментов на структуре, что значительно сокращает размерность задачи. По результатам распределения тока по структурам видно, что в достаточно широком диапазоне частот возможно возникновение смешанных волн тока, а в частных случаях и бегущей волны.

В четвертой главе производится обобщение полученных ранее выражений на тонкопроволочные структуры с двойной симметрией, а также

переход к выражениям с одиночной симметрией и выражениям для структур общего вида. На основе ИП ЭМП для структур с двойной симметрией получены математические модели эллиптических спиральных излучателей. Для них был произведен расчет распределений тока, внутреннего сопротивления, а также расчет полей в ближней и дальней зоне. Анализ распределений тока показал, что в спиральных проводниках реализуется режим смешанных волн тока, причем на низких частотах преобладает стоячая волна, а на более высоких – бегущая волна. На основе анализа зависимости входного сопротивления от отношения a/λ можно сделать вывод о том, что характер данной зависимости определяется распределением режимом распределения тока в спиральных проводниках. Анализ амплитуды угловых распределений поля в ближней и дальней зонах подтвердил, что в ЭС возникают режимы излучения, близкие к режимам излучения цилиндрических спиральных антенн.

Тематика диссертации Морозова С.В. соответствует предметной области, определенной пунктом 3 (в части разработка, исследования и создания новых электродинамических систем и устройств формирования и передачи сигналов) раздела «Области исследований» паспорта специальности 01.04.03 – Радиофизика.

К числу наиболее значимых научных результатов работы, на мой взгляд, относятся следующие:

1. Интегральные представления электромагнитного поля тонкопроволочных структур общего вида, а также структур с одиночной и двойной симметрией.
2. Математические модели планарного, поворотного симметричных вибраторов с торцевыми и без торцевых элементов.
3. Математическая модель эллиптического спирального излучателя.

Обоснованность научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных автором, определяется тем, что они получены с использованием строгих методов линейной макроскопической электродинамики.

Достоверность и новизна научных результатов, выводов и рекомендаций. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждена выполнением предельных переходов выражений в известные соотношения. Было проведено сравнение результатов с расчетными данными других авторов. Также была исследована внутренняя сходимость численных алгоритмов для всех рассматриваемых в диссертации структур, в выводах по главам производился анализ физического смысла решений.

Научная новизна диссертационной работы заключается в формулировке решения внутренней и внешней электродинамической задачи для излучающих тонкопроволочных структур с одиночной и двойной симметрией.

Теоретическая значимость диссертации состоит в усовершенствовании методов строгого электродинамического анализа применительно к структурам с одиночной и двойной симметрией. Полученные в диссертационной работе интегральные представления электромагнитного поля достаточно универсальны. Они применимы не только для решения задач на излучение, но и в задачах дифракции.

Практическую ценность несут исследуемые в диссертации строгие математические модели излучающих структур, а также численные результаты их электродинамического анализа (распределения токов, входные сопротивления, диаграммы направленности в ближней и дальней зоне).

Замечания и недостатки:

1. Интегральные представления электромагнитного поля для структур с одиночной и двойной симметрией сформулированы не вполне должным образом: они должны представлять собой суперпозицию электромагнитных полей, создаваемых независимыми токовыми функциями.
2. В работе отсутствуют сведения о классах функций, к которым принадлежат решения электродинамической задачи для исследуемых структур.
3. Решение электродинамической задачи для представленных в диссертации структур проводилось в приближении равномерного распределения сторонних полей в зазорах тонкопроволочных излучателей. При этом автор не рассматривает вопрос обоснованности такого подхода.
4. При записи систем интегральных уравнений использовано приближенное граничное условие для продольной составляющей вектора объемной плотности тока. При этом отсутствует оценка погрешности решения, возникающая при использовании данного приближения.
5. Вид и число базисных функций токов для частичного обращения операторов задач возбуждения структур выбираются без анализа скорости сходимости и устойчивости получаемых решений. Для контроля точности расчетов целесообразно было бы привести хотя бы значения невязки граничных условий.

Вместе с тем, отмеченные недостатки, непосредственно не охватывающие основные научные результаты и положения, выдвигаемые для

защиты, не снижают общего позитивного впечатления от работы и не ставят под сомнение ее положительную оценку.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. В нем в лаконичной форме ясно изложены основные идеи и выводы по работе, показаны определяющий вклад соискателя, а проведенные исследования, степень новизны и практическая значимость результатов.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней. На основе анализа диссертации Морозова С.В. «Интегральные представления электромагнитного поля тонкопроволочных излучающих структур с различными типами симметрий» можно сделать следующие выводы.

1. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены интегральные представления электромагнитного поля тонкопроволочных излучающих структур с различными типами симметрий, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области радиофизических методов анализа электродинамических систем и устройств формирования и передачи сигналов. Ее тематика соответствует пункту 3 раздела «Области исследований» паспорта специальности 01.04.03 – Радиофизика.

2. Диссертация является завершенной научной работой, обладающей внутренним единством, содержит новые научные результаты, нашедшие практическое применение при проектировании антенн обладающих одиночной или двойной симметрией, и свидетельствующие о личном вкладе автора в науку.

3. Работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Морозов С.В., достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Официальный оппонент, д.ф.-м.н., профессор,

заведующий кафедрой «Математика и суперкомпьютерное моделирование»

Пензенского государственного университета

Подпись Смирнова Ю.Г. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета

Пензенского государственного университета



Ю.Г.

Ю.Г. Смирнов

О.С.

О.С. Дорофеева