

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Алхадж Хасан Аднан Фаезовича

«Модель и методики для оценки уровня электромагнитного излучения печатных плат с модальным резервированием и антенн с аппроксимацией проводной сеткой», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения и 2.2.14 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Надежность функционирования радиоэлектронных устройств (РЭУ) зависит от надежности их компонентов, в частности, печатных плат (ПП). Известно, что эффективным средством повышения надежности является резервирование. Сложные системы типа космических аппаратов подвергаются воздействию как внешних факторов (механических, климатических, космических, электромагнитных, радиационных и т.д.), так и внутренних (электрических, тепловых, механических). Обеспечение одновременно помехозащищенности (ПЗ) и электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭУ становится все более важной проблемой. Существует новая методология, обеспечивающая ослабление электромагнитных помех и повышение надежности и ЭМС РЭУ за счет модального резервирования (МР). Оно основано на модальной фильтрации и представляет собой способ одновременной защиты от импульсных помехи повышения надежности РЭУ. Однако ранее исследования по МР относились, главным образом, к кондуктивной эмиссии (по проводникам) ПП, тогда как излучаемая эмиссия (ИЭ) не исследовалась. Следует отметить, что решение задач проектирования ПП с МР, учитывающем ИЭ, осуществляются с помощью методов вычислительной электродинамики, которые зачастую могут быть реализованы ценой высоких вычислительных затрат и потерь времени. Поэтому методы вычислительной электродинамики, применяемые для проектирования РЭУ с повышенной ПЗ и надежностью должны разрабатываться так, чтобы обеспечивалась приемлемая точность расчетов при низких вычислительных затратах. Аналогичная задача стоит и при проектировании антенн РЭУ, поскольку поверхности антенн, как и ПП, могут рассматриваться в виде меандровой линии. Поэтому для при проектировании антенн также требуется обеспечить приемлемую точность расчета их характеристик при низких вычислительных затратах.

Отсюда следует, что диссертационная работа, целью которой является разработка модели и методики для оценки уровня излучаемой эмиссии от печатных плат с модальным резервированием и расчета характеристик антенн с аппроксимацией проводной сеткой, является актуальной.

Для достижения поставленной цели в диссертации решены 3 научные задачи, в ходе которых получены следующие новые научные результаты:

1. Разработаны алгоритмическая математическая модель и методика виртуальных испытаний для оценки излучаемой эмиссии от печатных плат с модальным резервированием, отличающиеся использованием квазистатического подхода для уменьшения вычислительных затрат.

2. Впервые получены экспериментальные оценки излучаемой эмиссии от печатных плат с одно-, двух- и трехкратным модальным резервированием, в том числе после отказов и при изменении температуры от минус 50°C до 150°C.

3. Предложена методика моделирования антенн с использованием тонкопроводной аппроксимации и метода моментов, отличающаяся наличием дополнительных рекомендаций для построения проводной сетки.

Практическая значимость полученных результатов состоит в следующем:

1. Установлено, что модальное резервирование способно уменьшать не только кондуктивную, но и излучаемую эмиссию от печатной платы с модальным резервированием.

2. Создана система практических рекомендаций по моделированию и испытанию печатных плат с модальным резервированием для оценки излучаемой эмиссии.
3. Обосновано, что использование квазистатического подхода для оценки уровня излучаемой эмиссии от печатной платы с модальным резервированием позволяет ускорить эту оценку до 15 раз (с 30 мин. до 2 мин.) и провести виртуальное испытание платы в ТЕМ-камере на эмиссию.
4. Создана система практических рекомендаций по моделированию антенн, аппроксимированных проводной сеткой, с меньшими вычислительными затратами и приемлемой точностью.

Следует отметить очень высокий уровень опубликования результатов диссертации, которые отражены в 89 публикациях, в числе которых 6 статей в журналах из перечня ВАК, 5 статей в журналах, входящих в Q1/Q2 WoS или Scopus, 22 доклада в трудах конференций, индексируемых в WoS и Scopus.

К числу недостатков диссертации, судя по автореферату, можно отнести следующее:

1. Не сформулирована практическая цель исследований (типа снижения вычислительной сложности расчетов уровня излучения от печатных плат и характеристик антенн с аппроксимацией проводной сеткой).
2. Не обосновано, почему в диссертации рассматривается два объекта исследований: печатные платы и антенны, и как они связаны между собой для решения практических задач усовершенствования РЭУ.
3. Используется большое количество аббревиатур и сокращений, ряд которых в автореферате не раскрыт (например, МПЛ, ЛП).

Отмеченные недостатки не снижают теоретическую значимость и практическую ценность полученных в работе результатов. В целом, представленная диссертация является законченной научно - квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей существенное значение для развития методов проектирования радиоэлектронных устройств с высокой помехозащищенностью и надежностью. Поэтому диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней и ученых званий», а ее автор – Алхадж Хасан Аднан Фаезович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения и 2.2.14 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Профессор кафедры информационной безопасности автоматизированных систем
Института информационных технологий и телекоммуникаций
Северо - Кавказского федерального университета,
доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ

«_30_» ноября 2022 г.

 Пашинцев Владимир Петрович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет».

Почтовый адрес: 355009 г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2, корпус 9.

Телефон: (8652) 95-65-46; +7-918-741-33-16

E-mail: info@ncfu.ru, pashintsevp@mail.ru

Официальный сайт: www.ncfu.ru



ИС БОРДАНОВА