

ОТЗЫВ

официального оппонента Горбачева Анатолия Петровича
на диссертационную работу Алхаджа Хасана Аднана Фаезовича
*«Модель и методика для оценки уровня электромагнитного излучения
печатных плат с модальным резервированием и антенн с аппроксимацией
проводной сеткой»,*

представленную 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.

Диспозиция

На отзыв официального оппонента были представлены материалы в
составе:

- диссертация (переплетенный том, [214 листов]);
- автореферат (брошюра, 20 страниц).

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения,
списка использованных источников (278 наименований) и приложений.

Актуальность темы диссертационного исследования

Разработка новых и модернизация существующих радиотехнических
систем диапазона сверхвысоких частот (СВЧ) в части повышения их
надёжности, обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) и
улучшения характеристик антенн обуславливает необходимость взвешенного
системного подхода к проектированию, пространственной компоновке их
элементов и узлов, а также к производственной и эксплуатационной
технологичности. В результате проектируемые системы при росте плотности
размещения радиоаппаратуры и монтажа компонентов, увеличении ширины
спектра распространяющихся в них радиосигналов, а также при

специфических требованиях к диаграммам направленности антенн характеризуются уникальным составом и техническими характеристиками. Эти обстоятельства определяют востребованность поисковых мероприятий по разработке новых способов повышения надёжности с одновременным обеспечением ЭМС (обобщённо называемых «модальным резервированием»), а также выработке методологии контроля, максимально ориентированной на использование после моделирования современных измерительных средств, включая существующие автоматизированные комплексы диагностики антенных решёток.

Перечисленные обстоятельства требуют исследования возможностей использования электромагнитных взаимосвязей элементов с резервированием для решения задач электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и элементов антенных решёток с учётом их специфики. Не менее важной составляющей является разработка путей технической реализации применительно к ряду характерных задач моделирования и диагностики, комплексно решаемых на этапах разработки и тестирования.

Таким образом, решения задач совершенствования средств проектирования, моделирования, контроля и диагностики радиотехнических систем диапазона сверхвысоких частот, а также их антенных решёток являются актуальными и заслуживающими поддержки.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, в достаточной степени обоснованы, удовлетворяя при этом современным тенденциям и воззрениям в области радиотехники сверхвысоких частот. Обоснованность обеспечивается внутренней непротиворечивостью и чёткостью формулировок и решений поставленных задач, последовательностью и логикой реально имеющихся результатов в самих разделах. После первого раздела, - это логично следующие из него

цель и задачи работы. После второго раздела, - это выводы из многочисленных результатов моделирования различных вариантов структур. После третьего раздела – выводы по многочисленным вычислительным и натурным оценкам интенсивности излучаемых «паразитных» радиоволн. В конце четвёртого раздела представлены выводы по предложенным виртуальным испытаниям. Пятый раздел завершается выводами по результатам, полученным с помощью разработанной методики моделирования трёх различных антенн.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

При достаточно высокой степени обоснованности возникают/создаются предпосылки, убеждающие меня в достоверности полученных результатов. Так, основные результаты диссертационной работы базируются на моделировании, где соискателем уделено серьёзное внимание его достоверности. В частности, он использует эффективную систему TALGAT с весьма дружественным пользовательским интерфейсом, повышая степень сегментации, чтобы добиться устойчивой сходимости результатов моделирования. Кроме того, достоверность результатов моделирования подтверждена согласованностью численных оценок, полученных в разных программах и разными методами. Об этом же свидетельствуют изготовленные макеты разных структур, измерения их рабочих/эксплуатационных характеристик, которые, на мой взгляд, в целом согласуются с результатами моделирования. К тому же, весомым доказательством достоверности является широкая апробация результатов работы, в том числе многими победами в обширном перечне различных конкурсов. Значимо также и то, что соискателем сделано большое число докладов на конференциях различного уровня, включая индексируемые в цитатно-аналитических системах “Web of Science” и “Scopus”. И, наконец, о достоверности свидетельствуют статьи в журналах из Перечня ВАК, а также

индексируемых в “Web of Science” и “Scopus”, в том числе в квартилях Q1, Q2.

Опубликованные доклады и статьи позволяют убеждённо говорить о научной новизне результатов работы. Вряд ли рецензенты хорошо известных научно-технических журналов в области радиотехники сверхвысоких частот поддержат рукописи статей, не удовлетворяющих критериям новизны. Так, предложенные модели и методики открывают путь к реализации эффективных альтернативных способов оценки излучаемых помехоэмиссий. А возможность модального резервирования заметно уменьшает не только кондуктивные помехи, но и излучаемые «паразитные» электромагнитные поля от печатных плат узлов диапазона сверхвысоких частот. При этом даны оценки для ситуаций с резервированием, в том числе после отказов, а также при изменении температуры от «минус» 50 до «плюс» 150 градусов Цельсия. Заметный вклад в подтверждение новизны вносится предложенной соискателем методикой моделирования антенн с использованием тонкопроволочной/тонкоцилиндрической аппроксимации и метода моментов. Возможность ускорения процессов моделирования показана на разных примерах антенн, их характеристиках, а также заданных параметрах моделирования. Техническая новизна подтверждается результатами практического использования устройств, реализованных «в металле», в том числе защищённых тремя патентами Российской Федерации на изобретения.

Соответствие диссертации и автореферата установленным требованиям

Полученные в диссертационной работе Алхаджа Хасана Аднана Фаезовича результаты соответствуют паспортам специальностей 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения и 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» по пунктам:

1. Разработка и исследование методов обеспечения электромагнитной совместимости радиотехнических систем и устройств, включая системы связи и телевидения, методов обеспечения их стойкости к

электромагнитному и ионизирующему излучению, методов разрушения и защиты информации в этих системах.

2. Разработка и исследование методов и устройств передачи, приема, обработки, отображения, регистрации, хранения и распространения информации, включая беспроводные, космические, эфирные, кабельные и мобильные системы передачи информации.

3. Исследование характеристик антенн и микроволновых устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т. д.

4. Разработка и исследование новых технологий производства, настройки и эксплуатации антенных систем.

Диссертация по содержанию и оформлению удовлетворяет действующим требованиям Положения о присуждении ученых степеней. В диссертации имеются все необходимые ссылки на авторов и источники ретроспективных материалов, в том числе на научные работы соискателя.

Автореферат соответствует основным положениям диссертационной работы, корректно и достаточно полно передает её содержание, позволяет логически взаимосвязано представить сформулированные в работе задачи исследования и их основное содержание. При этом выводы и рекомендации работы удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней.

Значимые теоретические и практические результаты диссертации

К значимым с теоретической точки зрения и обладающими научной новизной результатам диссертационной работы, насколько можно судить по ней самой и известным оппоненту публикациям автора, относятся:

- выявленные особенности влияния модального резервирования узлов на интенсивность «паразитных» электромагнитных излучений от их элементов;

- разработанная математическая модель, позволяющая рассчитать напряжённость электрического поля от печатных плат на электромагнитно связанных полосковых линиях и от витка меандровой линии;
- предложенный нестандартный подход к модернизации методики расчёта характеристик антенн сверхвысоких частот с использованием тонко-проволочной аппроксимации и метода моментов.

К значимым с практической точки зрения результатам относятся:

- практические рекомендации по моделированию и испытаниям печатных плат с модальным резервированием для оценки излучаемой эмиссии от них;
- разработанная система практических рекомендаций по моделированию антенн, облик которых аппроксимирован проводной сеткой.

Таким образом, теоретическая значимость работы связана с выявленными причинно-следственными связями воздействующих факторов и рабочих характеристик радиотехнических узлов и блоков, а также с расширением и углублением знаний в области методов моделирования и экспериментального определения пространственных характеристик антенн сверхвысоких частот.

Практическая ценность определяется возможностями применения предложенных подходов, разработанных моделей, методик и алгоритмов в моделировании и испытаниях печатных плат сверхвысоких частот с модальным резервированием. Выработана система практических рекомендаций по моделированию антенн на базе их аппроксимаций тонко-проволочной сеткой с целью снизить требуемый вычислительный ресурс при сохранении приемлемой точности. Упомянутая значимость работы дополнительно подтверждается актами внедрения на предприятии.

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы

По завершению рассмотрения диссертационной работы и опубликованных трудов соискателя следует подчеркнуть мою убежденность в том, что основные результаты получены автором, в основном, самостоятельно и характеризуют его личный вклад в разработку проблемы и в решения соответствующих задач. Вклад соавторов по публикациям оговаривается в тексте диссертационной работы и автореферата, и они представляются мне вполне убедительными.

Апробация и публикации

Материалы диссертационной работы в достаточной степени апробированы на международных и российских научно-технических конференциях, а также опубликованы в хорошо известных научно-технических периодических журналах, включая 3 патента и 3 свидетельства, выданных Российским патентным ведомством. Таким образом, общий уровень апробации и публикаций автора представляется вполне достаточным, что даёт основание для поддержки работы.

Тем не менее, по ней возникли **следующие замечания.**

1. Ощущается различная глубина проработки вопросов. Так, описанное изобретение соискателя не проанализировано более детально.
2. Пункт 4 «Теоретической значимости» во многом дублирует пункт 2 «Научной новизны».
3. В конце положения 2 фраза «... с модальным резервированием...» представляется излишней.

Перечисленные недостатки не являются основанием для сомнения в достоверности результатов и обоснованности выводов, а также не умаляют мою убежденность в поддержке работы.

Общая оценка диссертационной работы

На основании вышеизложенного считаю, что в целом диссертационная работа Алхаджа Хасана Аднана Фаезовича является самостоятельно выполненной научной квалификационной работой, в которой содержатся

решения задач, имеющих значение для области радиотехники сверхвысокочастотного диапазона. Сама работа и её автореферат соответствуют «Положению» о порядке присуждения учёных степеней в области технических наук, в результате чего Алхадж Хасан Аднан Фаезович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент



Горбачев А.П.

Сведения

Горбачев Анатолий Петрович, доктор технических наук по специальности 05.12.21 (номенклатура 1999 года), профессор по специальности «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» (аттестат ПРФ № 002123), профессор кафедры «Радиоприёмные и радиопередающие устройства» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» («НГТУ»). 630073, г. Новосибирск, просп. К. Маркса, дом 20. Телефон: +7 (383) 346-15-46. E-mail: gorbachev@corp.nstu.ru

Подпись А.П. Горбачева заверяю.
Начальник отдела кадров НГТУ

Пустовалова Ольга Константиновна _____ декабря 2023 г.

