

ОТЗЫВ

на диссертационную работу Чупахина Александра Сергеевича
«Математическое моделирование и обоснование параметров оборудования,
создающего электромагнитное поле в киноконцертных комплексах»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ (технические науки)

Актуальность темы исследования

По мере усложнения технического оснащения помещений, в которых организуются зрелищные мероприятия, все большее значение приобретают задачи обеспечения электромагнитной совместимости оборудования и нормализации электромагнитной обстановки. Если до определенного времени данные задачи могли быть решены на основании опыта и интуиции, то на данном этапе это требует применения новых методов и развития соответствующих средств.

В этой связи обоснование методов и средств обеспечения электромагнитной совместимости с применением математического моделирования и системного анализа является актуальной научно-технической задачей, имеющей отраслевое значение.

Содержание и структура работы

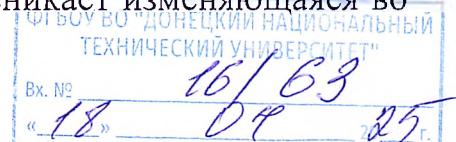
Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения и четырех приложений.

В первом разделе выполнен анализ применяемых способов обеспечения электромагнитной совместимости оборудования киноконцертных залов. Показано, что до настоящего времени не выполнены работы по комплексному исследованию электромагнитной обстановки, вызванной источниками помех в электрических цепях и в окружающей среде, созданию условий прогнозирования уровней и полос частот электромагнитных помех и рациональному выбору средств и мероприятий обеспечения электромагнитной совместимости киноконцертного оборудования с другой электронной аппаратурой и электрической сетью. В результате обоснованы цель и задачи исследования.

Во втором разделе выполнен анализ источников и типов механических возмущений, влияющих на электромагнитное поле.

Получено решение краевой задачи электродинамики, отражающей процесс создания электромагнитного поля стержнем кругового поперечного сечения из металла неферромагнитной группы, который совершает гармонические упругие колебания при наличии постоянного магнитного поля.

Установлено, что при механических колебаниях ферромагнитных экранов электромагнитного поля в присутствии постоянного магнитного поля в них из-за обратного магнитострикционного эффекта возникает изменяющаяся во



времени намагнченность. Это означает, что вибрирующие ферромагнитные элементы радиоэлектронной аппаратуры становятся источниками низкочастотного магнитного поля, т. е. источниками низкочастотных помех.

На примере ферромагнитного диска, совершающего осесимметричные колебания поперечного изгиба, рассмотрены последовательности вычислительных процедур, которые позволяют определить амплитуду переменной намагнченности колеблющегося диска и уровни переменного магнитного поля в окружающем его пространстве.

Выполнено численное моделирование характеристик низкочастотного магнитного поля, обусловленного вибрацией ферромагнитных компонентов радиоэлектронной аппаратуры.

С использованием теоремы о наведенном магнитном потоке обоснован метод определения уровня низкочастотного шума в печатном проводнике. На модельном примере плоского печатного проводника кольцевой формы сформирована количественная оценка электродвижущей силы и построена частотная характеристика печатного проводника в режиме регистрации низкочастотной электромагнитной помехи. Показано, что в среде с постоянным магнитным полем порядка 1 А/м низкочастотный шум электродвижущей силы составляет около 100 нВ на частоте механического резонанса колеблющегося ферромагнитного диска.

В третьем разделе выполнен анализ электромагнитной обстановки в помещении аппаратной с помощью разработанной прикладной программы для оценки уровней электромагнитного поля с возможностью визуализации прогнозируемой электромагнитной обстановки.

Показано, что комплекс киноконцертного зала оборудован разнотипной аппаратурой (информационной, силовой, мультимедийной и пр.) с вариацией уровней излучаемых помех до десятков дБм, восприимчивостью порядка -10 – -70 дБм в широком диапазоне частот (от сотен МГц до единиц ГГц), что создает сложную электромагнитную обстановку и соответственно проблемы с обеспечением электромагнитной совместимости.

Для конкретного набора устройств, которые выступают как рецепторами, так и источниками непреднамеренных помех в кинотеатрах и концертных залах, определены уровни помех внутри помещения аппаратной.

Разработана прикладная программа для оценки уровней электромагнитного поля с возможностью визуализации прогнозируемой электромагнитной обстановки и формулирования рекомендаций по обеспечению её соответствия выдвигаемым требованиям. Полученные результаты предоставляют разработчикам предварительные данные для принятия обоснованных решений о необходимости применения дополнительных средств и мероприятий с целью обеспечения электромагнитной совместимости объектов: физическое разделение, защитные экраны, фильтры электромагнитных помех и т. д.

В четвертом разделе представлены практические рекомендации по улучшению электромагнитной обстановки в киноконцертном комплексе.

С целью определения условий по обеспечению электромагнитной

совместимости электрической сети и функциональной аудиовизуальной аппаратуры разработан алгоритм и программа анализа электромагнитной обстановки, которую создают источники вторичного электропитания в кондуктивной среде.

В результате получены данные, характеризующие электромагнитную обстановку для определения условий обеспечения электромагнитной совместимости и, при необходимости, применения помехоподавляющих фильтров и экранирующих конструкций.

Выполнен расчет для демонстрации методологии проектирования коммутирующих усилителей с использованием резонансной полумостовой топологии, который включает пять шагов.

Предложен вычислительный алгоритм, реализованный в среде MATLAB, который на основании анализа электромагнитных и физических параметров материалов позволяет определить показатели их эффективности по экранированию электромагнитных полей в диапазоне частот от 50 Гц до 100 кГц. Исследовано четыре варианта отечественных материалов. Результаты, полученные с использованием предложенного алгоритма, позволяют выполнить эффективное экранирование при проектировании надежных и устойчивых к электромагнитным воздействиям защитных конструкций.

Диссертационная работа хорошо структурирована, написана технически грамотным и доступным языком. Содержание автореферата отражает основные положения и выводы диссертационной работы.

Научная новизна и положения, выносимые на защиту

Научные положения, выносимые на защиту, заключаются в следующем.

1. Установлено, что при механических колебаниях ферромагнитных экранов электромагнитного поля при наличии постоянного магнитного поля в них из-за обратного магнитострикционного эффекта возникает переменная во времени намагниченность, которая означает, что вибрирующие ферромагнитные элементы радиоэлектронной аппаратуры становятся источниками низкочастотного магнитного поля, то есть источниками низкочастотных помех, что необходимо учитывать при формировании математических моделей.

2. Показано, что разработанная методология расчета резонансного контура и пиковых значений тока в силовых полупроводниковых ключах позволяет упростить задачу разработки энергоэффективного усилителя класса Д уже на стадии проектирования и уменьшить коммутационные помехи в разрабатываемом усилителе. Предложенная методика позволяет значительно (на 10 – 15%) сократить время расчетов по сравнению с другими методиками за счет структурированного пошагового подхода и использования нормализованных кривых. При этом достигается высокая точность расчетов (в пределах $\pm 5\%$), что достаточно для большинства практических приложений.

Научная новизна полученных результатов исследования заключается в

следующем.

1. Впервые сформированы математические модели процессов и проведен анализ электромагнитной обстановки в локализованном объеме с учетом эмиссии от кинотехнологического оборудования в окружающее пространство, что позволяет выполнять прогнозирование электромагнитных параметров, обеспечивающих выполнение регламентных требований, на стадии проектирования комплекса.

2. Получили дальнейшее развитие методика и алгоритмы комплексного анализа электромагнитного поля применительно к исследованию электромагнитной обстановки в помещениях аппаратной киноконцертного комплекса с учетом вариации параметров размещенных источников и рецепторов.

3. Впервые показано, что источниками низкочастотных электромагнитных помех являются металлические элементы радиоэлектронной аппаратуры, создающие механические колебания при постоянном или низкочастотном магнитном поле, и определены способы устранения их отрицательного влияния.

Полученные результаты являются новыми и соответствуют паспорту научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Оценка достоверности результатов проведенных исследований обеспечена корректностью поставленных задач, согласованностью расчетно-теоретических и экспериментальных результатов и их сопоставлением с данными других авторов, представленными в известных работах, посвященных рассматриваемой тематике.

Необходимо также отметить, что полученные результаты, в частности, были опубликованы в 15 научных изданиях: 2 работы опубликовано в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, утверждённых ВАК РФ; 2 работы в изданиях, входящих в международные научометрические базы данных SCOPUS; 5 - в изданиях, входящих в перечень специализированных научных журналов, утверждённых ВАК Украины. Результаты работы были апробированы на 6 конференциях.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в раскрытии закономерностей формирования электромагнитной обстановки в культурно-зрелищных комплексах с учетом действующего излучения от функциональных аппаратных узлов и их использовании для обоснования способов обеспечения условий электромагнитной совместимости.

Значение полученных соискателем результатов исследования для

практики подтверждается тем, что упомянутые теоретические результаты были успешно применены:

при реконструкции кинотеатра «КиноМир» г. Шахтёрск, выполненной ООО «ТехЛаб» (акт внедрения от 31.07.2023 г., утвержденный дирекцией предприятия ООО «ТехЛаб»);

при проектировании и техническом оснащении культурно-зрелищных объектов, выполненных предприятием ООО «ЧЕРНОМОРСПЕЦСТРОЙ» (акт внедрения №4 от 23.04.2024 г., утвержденный генеральным директором предприятия ООО «ЧЕРНОМОРСПЕЦСТРОЙ»);

в учебном процессе ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ «ШАХТЁРСКИЙ КОЛЛЕДЖ КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ ИМЕНИ А.А. ХАНЖОНКОВА» при подготовке по специальностям 11.02.05 «Аудиовизуальная техника» и 55.02.01 «Театральная и аудиовизуальная техника (по видам)» (акт № 725/1 от 02.12.2024 г., утвержденный директором ГБПОУ ДНР «ШКК И ТВ ИМ. А.А. ХАНЖОНКОВА»).

Замечания по диссертации

По диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. В работе недостаточно информации о влиянии геометрии помещений на электромагнитную обстановку.

2. Недостаточно подробно рассмотрены методы экспериментальной проверки моделей.

3. Не приведено обоснование отказа от использования для моделирования электромагнитной обстановки, готовых решений, например COMSOL, ANSYS.

4. Отсутствует детальный анализ влияния температуры на параметры ферромагнитных материалов.

5. Недостаточно информации о масштабируемости предложенных решений.

6. Не все стандарты ЭМС, упомянутые в работе, актуальны на сегодняшний день.

7. Не рассмотрены вопросы экономического обоснования предложенных решений (например, бюджет мероприятий, сроки окупаемости и т.п.).

Несмотря на отмеченные недостатки, работа в целом содержит новые научные результаты и заслуживает положительной оценки.

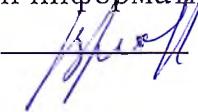
Заключение

Диссертационная работа Чупахина Александра Сергеевича «Математическое моделирование и обоснование параметров оборудования, создающего электромагнитное поле в киноконцертных комплексах» является

законченной научно-исследовательской работой, в которой дано теоретическое обобщение и получено новое решение актуальной научно-технической задачи развития методов и средств обеспечения электромагнитной совместимости оборудования в культурно-зрелищных объектах путем обоснования рациональных параметров аппаратуры за счет применения математического моделирования процессов и разработки программного комплекса, что позволяет усовершенствовать методику проектирования и оснащения сложных функционально-насыщенных помещений. Работа соответствует паспорту научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки), а также удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор Чупахин Александр Сергеевич заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Официальный оппонент:

Заслуженный работник Высшей школы РФ,
заведующий кафедрой «Управление в технических
системах» ФГБОУ ВО «Поволжский государственный
университет телекоммуникаций и информатики»
д-р техн. наук, профессор

 Тарасов Вениамин Николаевич

Я, Тарасов Вениамин Николаевич, даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных, указанных в отзыве, и размещение их на сайте ФГБОУ ВО «ДонНТУ».

02.04.2025 г.

 Тарасов В.Н.

(подпись)

Подпись Тарасова В.Н., заверяю:
Секретарь Ученого совета ПГУТИ

 Степанова Н.А.

(подпись)

Тарасов Вениамин Николаевич

Доктор технических наук по специальности 05.18.18 – Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования "Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики" (ФГБОУ ВО ПГУТИ)

Адрес: 443090, Самарская обл., г. Самара, ул. Московское шоссе, д. 77

Эл.почта: veniamin_tarasov@mail.ru

Контактный телефон: +7 (846) 228-00-13

Сайт: <https://www.psuti.ru/>

