

ОТЗЫВ

официального оппонента Матросовой Анжелы Юрьевны на диссертационную работу Аширбакиева Рената Ихсановича «Методика, алгоритмы и программы для квазистатистического анализа печатных плат вычислительной техники и систем управления» по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Актуальность. Диссертационная работа Аширбакиева Р.И. посвящена совершенствованию электрического моделирования, а именно квазистатистическому анализу. Такой анализ позволяет без проведения дорогостоящих натуральных экспериментов выявлять недостатки разведенной платы, например, значительные паразитные емкости и индуктивности, влияющие на коэффициент передачи, в разных диапазонах частот. Важность проведения этого анализа обосновывается непрерывным ростом плотности монтажа и скорости обработки данных в современных печатных платах.

Научная новизна.

1. Предложена методика моделирования цепей печатных плат на основе графовой модели с использованием гомеоморфного преобразования графов.

2. Разработан метод проверки на изоморфность исходной печатной цепи и моделирующего ее графа с использованием алгоритма поиска максимального потока.

3. Разработан алгоритм для аппроксимации переходных отверстий и полигонов на основе разбиения на различные ортогональные прямоугольники с заданной точностью.

Теоретическая значимость

1. Алгоритмы теории графов эффективно применены для квазистатистического анализа печатных плат.

2. Предложен алгоритм разбиения криволинейных поверхностей, расширяющий область применения метода моментов.

Практическая значимость

1. Разработанные в диссертационной работе геометрические модели, алгоритмы и программы были использованы для анализа реальных печатных плат бортовой аппаратуры космических аппаратов

2. Созданные программы использовались при моделировании новых устройств, основанных на использовании модального разложения сигнала.

Достоверность результатов

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждена многократным тестированием моделей, сопоставимостью результатов моделирования с результатами экспериментов, сходимостью результатов моделирования, использованием разработанных автором программ на практике.

Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы из 88 наименований, приложения на 24-х страницах, в котором имеются таблицы с аналитическими моделями, копии актов внедрения и свидетельств о государственной регистрации разработанных программ для ЭВМ, сертификаты, грамота и дипломы. В рассматриваемой диссертационной работе решен ряд важных задач, позволяющих достичь цели работы.

Во введении обоснована актуальность, указаны пробелы, которые в диссертации решаются, и описана характеристика работы в целом.

Первая глава состоит из обзора существующих алгоритмов и методов, предметной области, усовершенствованного численного метода моментов и постановки задач исследования.

Вторая глава состоит из описания методики моделирования печатной цепи для квазистатистического анализа. Методика использует алгоритм гомеоморфного преобразования графов. Для работы этого алгоритма разработана математическая модель топологического изоморфизма исходной цепи и результирующего графа. Полученный алгоритм протестирован на примере реальной печатной платы. На основе разработанной методики реализована программа, позволяющая заменить ручную работу, заключающуюся в поиске регулярных

участков цепи, задании поперечного сечения, расчета погонных параметров и составлении принципиальной схемы.

Третья глава посвящена разработке алгоритмов для усовершенствованного численного метода моментов. Важными элементами печатных плат являются переходные отверстия и полигоны, этим объектам посвящено множество исследований. Однако прямых алгоритмов, позволяющих выполнить разбиение поверхности переходного отверстия на ортогональные подплощадки не существуют. Также, существуют итерационные алгоритмы построения сетки, обладающие универсальностью, но такие алгоритмы существенно потребляют ресурсы, а получившиеся сетки не всегда удовлетворяют требованиям приближенных моделей. Алгоритмы, реализованные в диссертационной работе, гарантируют построение замкнутых поверхностей аппроксимирующих подплощадок, которые вплотную стыкуются между собой. Корректность полученных моделей доказана на ряде примеров, по которым были вычислены емкости. В работе приведены также и натурные эксперименты, хорошо совпадающие с результатами, полученными по приближенным моделям. Большим достоинством таких моделей является то, что модели могут быть любой сложности (разное количество слоев, овальные формы, структуры с проводниками). Это означает, что границы использования усовершенствованного метода моментов могут быть расширены.

В четвертой главе детально описаны программы, разработанные по результатам предыдущих глав. Приведены их диаграммы, структурные схемы и диалоговые окна. Все программы написаны с использованием общепринятых паттернов проектирования, представляющих оптимальное решение типовых задач в объектно-ориентированном программировании. Представлены также вспомогательные программы, позволяющие усовершенствовать и упростить квазистатический анализ. Например, с помощью DHTML-диалогов пользователю предоставлена возможность создания собственных программ. Тем самым, менее квалифицированные пользователи программы могут использовать готовые DHTML-диалоги для проведения сложных виртуальных экспериментов. Программа для быстрого преобразования Фурье (БПФ) на графическом процессоре позволяет ускорить это преобразование до 56 раз, БПФ является неотъемлемым шагом при вычислении отклика в частотной области. БПФ входит в квазистатический анализ, поэтому ускорение БПФ дает ускорение анализа в целом. Представлены также программы для отображения графиков и вычисления математических выражений.

В четвертой главе предложен новый метод аппроксимации монотонных зависимостей многомерных данных. Данный метод разработан в связи с необходимостью построения аналитических моделей для набора данных, представляющих собой вычисленные погонные задержки основных стеков печатных плат при разных значениях независимых переменных, представляющих параметры стека. Аналитические модели позволяют хранить меньший объем данных (например, исходные данные – это гигабайты, а аналитическая модель — это формула, объем коэффициентов которой составляет килобайты), а сложность вычисления погонных задержек по формуле составляет $O(1)$. Максимальная средняя ошибка метода для всех стеков составляет 11,2%. Несмотря на разработанный новый метод аппроксимации, для создания аналитических моделей использовался другой метод, основанный на полиномиальном приближении второй степени. Оно позволило понизить максимальную погрешность моделей до 6,2%, а также понизить объем коэффициентов. В конце четвертой главы детально описано использование результатов работы.

Замечания.

1. Тестирование методики проводилось лишь для двухслойной печатной платы.
2. При выполнении гомеоморфного преобразования графов и построении графовой модели топологический изоморфной исходной цепи использовался алгоритм максимального потока, однако поток определен лишь формально без раскрытия его физического смысла в конкретном применении.
3. Отсутствуют рекомендации по поводу ширины поперечных сечений, и нет определения и рисунков поперечного сечения.

4. В работе не объясняется, почему нельзя использовать дискретизацию треугольниками для усовершенствованного численного метода моментов.

Заключение

В целом диссертационная работа Аширбакиева Р.И. «Методика, алгоритмы и программы для квазистатического анализа печатных плат вычислительной техники и систем управления», является законченной квалификационной работой, результаты которой вносят существенный вклад в развитие квазистатического анализа печатных плат. Диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 30.07.2014), а ее автор Аширбакиев Ренат Ихсанович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Доктор технических наук, профессор,
заведующая кафедрой программирования
Национального исследовательского Томского
государственного университета

Анжела Юрьевна
Матросова

пр. Ленина, 36, Томск, 634050, e-mail: mau11@yandex.ru, тел. 8 (3822) 52-95-99

Подпись *А. Ю. Матросовой*

удостоверяю
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ТГУ

Н. Ю. БУРОВ

