

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Исаева Владислава Олеговича

«Аппроксимация импедансных характеристик радиотехнических устройств в задачах широкополосного согласования на основе разложения дробно-рациональной функции методом Геверца»,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертация Исаева Владислава Олеговича «Аппроксимация импедансных характеристик радиотехнических устройств в задачах широкополосного согласования на основе разложения дробно-рациональной функции методом Геверца» полностью соответствует отрасли технических наук, паспорту специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения согласно Приказу Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь 31.05.2023 № 131, из которого следует, что проводимые в работе исследования соответствуют:

Разделу I. Отрасль науки – Технические науки.

Разделу II. Формула специальности - Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения - область науки и техники, предметом исследований которой являются системы и устройства, использующие электромагнитные волны (в том числе и оптического диапазона) и волны других физических полей для передачи, извлечения и разрушения информации в радиосвязи, радиовещании, телевидении, локации, радионавигации, радиоуправлении, а также в биологии, метеорологии, медицине, метрологии, промышленной технологии.

Разделу III. Области исследований

- п.1 Радиотехнические процессы, явления, сигналы, цепи и методы их анализа.
- п.3 Статистическая теория обработки сигналов в радиотехнических, других электронных системах и устройствах. Фильтрация сигналов на фоне помех в задачах обнаружения, разрешения, измерения и распознавания.

- п.4 Разработка новых и совершенствование существующих приемопередающих систем и устройств. Разработка методов защиты и разрушения информации в радиотехнических системах различного назначения. Создание помехоустойчивых систем и устройств, в том числе телевизионных с повышенным качеством передачи. Разработка методов синтеза, анализа, моделирования и проектирования систем и устройств.

Таким образом, основные научные результаты диссертации, положения, выносимые на защиту, полностью соответствуют пунктам 1, 3 и 4 раздела III (Области исследований) паспорта специальности.

2. Актуальность темы диссертации

Актуальность аппроксимации измеренных импедансных характеристик радиотехнических устройств в задачах широкополосного согласования трудно

переоценить в современном мире, где беспроводные технологии становятся все более распространенными и важными. Импедансные характеристики играют решающую роль в проектировании и оптимизации антенных систем, передающих и приемных устройств, микрополосковых фильтров и других компонентов радиосистем.

Широкополосное согласование, а именно подстройка импедансов устройств для оптимальной передачи или приема сигнала в широком диапазоне частот, становится ключевой задачей при разработке многих современных радиотехнических систем. Это особенно важно в мобильных коммуникациях, беспилотных автомобилях, медицинском оборудовании и других областях, где требуется надежная связь на различных частотах.

Аппроксимация импедансных характеристик позволяет инженерам более точно настраивать устройства, учитывая изменяющиеся условия эксплуатации и частотные характеристики. Это способствует увеличению эффективности систем, уменьшению потерь сигнала и расширению диапазона работы устройств. Кроме того, аппроксимация импедансов имеет большое значение в области исследований и разработок новых радиотехнических решений. Это позволяет ускорить процесс проектирования и снизить затраты на создание прототипов, что особенно важно в условиях современной динамичной индустрии.

Таким образом, все вышесказанное свидетельствует об актуальности проводимых исследований в диссертационной работе Исаева В.О. с точки зрения современного состояния и потребностей развития теории широкополосного согласования радиотехнических устройств.

3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

На защиту выносится методика формирования аналитической модели импеданса радиотехнических устройств, базирующейся на математическом аппарате разложения дробно-рациональной функции импеданса на реальную и мнимую составляющие методом Геверца. Принципиальным отличием предложенной методики является учет условий физической реализуемости функции импеданса и представления ее в виде дробно-рациональной функции, а не в виде схемного эквивалента. Это обеспечивает повышения качества аппроксимации импедансных характеристик без увеличения порядка дробно-рациональной функции, что позволяет использовать теорию широкополосного согласования для современных радиотехнических устройств. Дополнительно к этому, так как импедансные характеристики согласуемой нагрузки задаются числовыми рядами значений реальной и мнимой составляющих, каждая из которых в общем случае кроме определенной регулярной (детерминированной) составляющей может содержать и случайные составляющие самой различной природы, соискателем выносится на защиту методика обработки результатов измерений импеданса радиотехнических устройств в заданных условиях эксплуатации. Отличительной особенностью предлагаемой методики является задание требуемых доверительных вероятностей и интервала для реальной и мнимой составляющих импеданса в заданном диапазоне частот и определение минимального количества необходимого числа измерений импеданса на каждой частоте с учетом погрешностей измерителя. Это позволяет обрабатывать и формировать аналитические модели измеренных значений

импедансов комплексных нагрузок с высокой степенью адекватности и использовать их в решении задач широкополосного согласования радиотехнических устройств с изменяющимся импедансом.

Полученные в диссертационной работе результаты и положения, выносимые на защиту, несомненно, являются принципиально новыми и важными, как с фундаментальной точки зрения, так и с позиции практической направленности.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором предложен и обоснован порядок проведения диссертационного исследования. Обоснование основывается на результатах экспериментальных исследований по влиянию условий эксплуатации на импедансные радиотехнических устройств, а также на моделировании эквивалентов согласуемых комплексных нагрузок.

Достоверность предложенного методического аппарата определяется корректным использованием математических методов и подтверждается сопоставлениями результатов расчетов с результатами проведения как натурных, так и полунатурных экспериментальных исследований.

Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, в полном мере основаны на полученных результатах, не противоречат результатам других авторов в этом направлении исследований, что определяет их обоснованность и достоверность.

Таким образом, использование перечисленного комплекса методов исследований в полной мере подтверждают обоснованность полученных научных результатов. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций диссертации не вызывает сомнений.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость диссертационных исследований заключается в развитии теории широкополосного согласования, в особенности метода моделирования эквивалентов сложных комплексных нагрузок, применении теории статистического анализа в задачах согласования, разработке новых методик формирования аналитических моделей и обработки результатов измерения импедансных характеристик радиотехнических устройств. Применение новых научных результатов привело к повышению параметров согласования комплексных нагрузок со стационарными и изменяющимися импедансными характеристиками.

Практическая значимость проведенного исследования заключается в использовании их для модернизации приемо-передающего модуля быстроразвертываемого сигнализационного комплекса С-801 «Паук», и разработки малогабаритной планарной рамочной антенны WWAN/LTE диапазона.

Экономический эффект может быть достигнут в случае использования методик формирования аналитических моделей и обработки результатов измерения импедансных характеристик радиотехнических устройств при производстве и модернизации высокочастотных радиотехнических систем и устройств беспроводных сетей, медицинской и автомобильной техники, а также оборонных приложений, предназначенных для применения в интересах экономики и обороны Республики Беларусь, а также продажи таких систем за ее пределы.

Социальная значимость диссертационных исследований заключается во внедрении результатов в учебный процесс учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь» и «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Материалы диссертации опубликованы в 28 научных изданиях, из них 12 статей, соответствующих пункту 19 «Положения о присуждении ученых степеней и присуждении ученых званий в Республике Беларусь». Результаты диссертационных исследований докладывались и обсуждались на научных, в том числе и на международных конференциях, о чем свидетельствуют 16 тезисов докладов.

Все публикации имеют непосредственно отношение к теме диссертации и достаточно полно отражают ее содержимое. Таким образом, результаты диссертационных исследований в требуемом объеме освещены в рецензируемых научных изданиях и доложены на научных форумах.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертационная работа Исаева Владислава Олеговича состоит из основной части и приложений, оформленных в едином томе. Основная часть диссертации в объеме 136 страниц включающие введение, общую характеристику работы, четыре главы и заключение. В представленном библиографическом списке входит 128 цитируемых источников, в также 28 авторских работ (опубликованных в соавторстве). В приложении приведены 11 актов о практическом использовании результатов исследований, а также 2 справки о возможном практическом использовании. Материал диссертационной работы изложен понятно, грамотно, в логической последовательности.

Автореферат правильно и в полном объеме отражает содержимое диссертации. Изложение материала в диссертации и в автореферате осуществляется в соответствии с принятой терминологией, логически стройное и последовательное в методическом отношении. Приведенные иллюстрации в достаточной степени отражают и поясняют полученные результаты. Таким образом, оформление диссертации в целом соответствует требованиям ВАК Республики Беларусь.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Диссертационная работа Исаева В.О. содержит новые научно обоснованные результаты, использование которых обеспечивает решение важной для теории широкополосного согласования задачи и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Выполненная работа позволяет судить о наличии у соискателя требуемого уровня научной квалификации, соответствующей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Анализ содержания диссертации в целом, используемых методов исследования и полученных результатов показывает, что научная квалификация Исаева В.О. соответствует учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

9. Замечания по диссертации

1. В разделе «Перечень сокращений и обозначений» приведены не все используемые в диссертационной работе обозначения. Например, не приведены такие обозначения, как « $Z_{II}(f)$ », « R_{II} », « C_{II} », « L_{II} » и прочие сокращения, широко используемые в разделе «Введение» и иных разделах.

2. В Главе 2 не указано о том, какие решения задачи аппроксимации являются глобальными, а какие – локальными.

3. Отдельные рисунки, приведенные в Главе 1 и 2 имеют ссылку в подписи к рисунку на литературный источник.

4. В Главе 4 нет данных о погрешностях, которые могут иметь место при расчетах (ошибка эксперимента).

5. В диссертации не представлены подходы, позволяющие применять показанные методики к иммитансным характеристикам радиотехнических устройств.

6. Подписи осей на некоторых рисунках (например рисунки 4.14, 4.15) выполнены достаточно мелким шрифтом, что затрудняет понимание данных рисунка.

7. На некоторых рисунках (например рисунок 4.29) в подписи к рисунку не представлены наименования результатов измерений, которые отмечены цифрами (1) и (2) на самом рисунке. Для примера оформления можно привести рисунки 2.9; 4.3 или 4.20, где в подрисуночных подписях указано, что обозначает та или иная зависимость, обозначенная цифрами.

8. В тексте диссертации имеется ряд опечаток технического характера, не влияющих на результаты работы.

Однако, сделанные замечания носят уточняющий характер и не снижают общей высокий научный уровень результатов диссертационного исследования, а также положений и выводов, выносимых на защиту. Общая оценка диссертационной работы – крайне положительная.

10. Заключение

Диссертация Исаева Владислава Олеговича «Аппроксимация импедансных характеристик радиотехнических устройств в задачах широкополосного согласования на основе разложения дробно-рациональной функции методом Геверца», выполненная под научным руководством кандидата технических наук, доцента Бойкачева П.В., является актуальной и законченной научной работой, имеет высокую научную и практическую значимость.

Содержание диссертационной работы соответствует отрасли технических наук, паспорту специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Цель диссертации достигнута, задачи выполнены в полном объеме, а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения за новые научно обоснованные результаты в области синтеза широкополосных согласующих цепей, которые содержат:

1. Методику формирования аналитической модели импеданса радиотехнических устройств, отличающуюся учетом условий физической реализуемости и разложением дробно-рациональной функции импеданса на реальную и мнимую составляющие методом Геверца, позволяющую уменьшить

ошибку вычислений и порядок дробно-рациональной функции, описывающей реальную и мнимую составляющие импеданса согласуемой нагрузки, численно заданных на дискретном ряде частот, по сравнению со структурно-параметрическими методами моделирования импедансов нагрузки (например, для антенны типа вибратор горизонтальный диапазонный уменьшить ошибку аппроксимации на 18% для реальной составляющей, на 17% для мнимой составляющей и уменьшить порядок аналитической модели импеданса на 2).

2. Методику обработки результатов измерений импеданса радиотехнических устройств в заданных условиях эксплуатации, отличающуюся заданием требуемых доверительных вероятностей и интервала для реальной и мнимой составляющих импеданса в заданном диапазоне частот и определением минимального количества необходимого числа измерений импеданса на каждой частоте с учетом погрешностей измерителя, позволяющую получить аналитические модели импедансов широкополосных радиотехнических устройств с учетом погрешностей измерений с заданными параметрами доверительной вероятности (0.5–0.99), относительной погрешности (1–30%) и абсолютной ошибки аппроксимации не более 10%, требуемыми для расчета согласующих устройств (например, получить аналитическую модель нестационарного импеданса антенны AD-25/CW-3512 с доверительной вероятностью 0,9, относительной погрешностью 10%, и обеспечить абсолютную ошибку аппроксимации не более 10%).

Представленные в диссертационной работе результаты в совокупности являются значительным достижением в области радиотехники и вносят значительный вклад в развитие широкополосных радиотехнических устройств.

16.10.2023 г.

Официальный оппонент:

Ведущий научный сотрудник
лаборатории физики магнитных пленок
Государственного научно-производственного
объединения «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по материаловедению»,
доктор физико-математических наук, доцент



А.В. Труханов

Подпись
Удостоверяю
Ведущий специалист по кадрам

Судимович 23.10.2023 *[Signature]* В.О. Ушаев

Совет по защите
диссертаций при БГУИР
«23» октября 2023 г.
Вх. № 05.02-11/210