ОТЗЫВ
официального оппонента

на диссертационную работу Исаева Владислава Олеговича «Аппроксимация импедансных характеристик радиотехнических устройств в задачах широкополосного согласования на основе разложения дробно-рациональной функции методом Геверца», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки

Диссертация Исаева Владислава Олеговича «Аппроксимация импедансных характеристик радиотехнических устройств в задачах широкополосного согласования на основе разложения дробно-рациональной функции методом Геверца» соответствует отрасли технических наук, паспорту специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. Основные научные результаты диссертации, положения, выносимые на защиту, соответствуют пункту 4 раздела III (Области исследований) паспорта – 4. Разработка новых и совершенствование существующих приемо-передающих 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.

2. Актуальность темы диссертации

Значительный прогресс в развитии радиотехнических системах (РТС) связан с использованием широкополосных и сверхширокополосных сигналов. Для эффективного применения таких сигналов к трактам РТС предъявляются особые требования, такие как минимальные искажения амплитудного и фазового спектра данных сигналов. Важной составляющей обеспечения указанных требований является решение задачи оптимального синтеза устройств фильтрации и согласования в приемо-передающих трактах РТС. Эта задача заключается в поиске структуры и номиналов элементов реактивной цепи, обеспечивающих необходимую форму частотной характеристики в заданном диапазоне частот при комплексных сопротивлениях генератора и нагрузки. Решение подобных задач имеет большую практическую значимость, так как обеспечивает оптимальные параметры приемо-передающих трактов, работающих в широком диапазоне частот.

Современные методы широкополосного согласования, характеризуются значительными возможностями по разработке радиотехнических устройств (РТУ) различного назначения с высокими техническими характеристиками. Независимо от используемых методов

первый этап синтеза согласующих цепей заключается в исследовании и задании исходных свойств согласуемой нагрузки. Как правило, входные характеристики согласуемой нагрузки представлены в виде дискретных точек реальной и мнимой составляющих функции, описывающей рассматриваемый параметр комплексного сопротивления Такое представление не всегда является достаточно информативным и не применимо для использования во многих современных методах синтеза широкополосных согласующих и частотно-избирательных устройств, требующих эквивалентные схемы или аналитические представления импедансных харктеристик согласуемых нагрузок.

Таким образом, возникает интерес в разработке современной методики моделирования импедансных характеристик комплексных нагрузок, эффективной в решении задачи синтеза широкополосных согласующих устройств. Все вышесказанное и обуславливает актуальность данной диссертационной работы.

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

На основе изучения текста диссертации, автореферата и опубликованных работ по теме диссертации следует сделать вывод о том, что результаты, полученные в диссертации, научные положения, выносимые на защиту, представляют собой новый научный результат, который заключается в разработке:

– методики формирования аналитической модели импеданса радиотехнических устройств, отличающейся учетом условий физической реализуемости и разложением дробно-рациональной функции импеданса на реальную и мнимую составляющие методом Геверца, позволяющей 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;

– методики обработки результатов измерений импеданса радиотехнических устройств в заданных условиях эксплуатации, отличающейся 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, позволяющей получить аналитические модели импедансов широкополосных радиотехнических устройств с учетом погрешностей измерений с заданными параметрами доверительной вероятности, относительной погрешности и абсолютной ошибки аппроксимации не более 10%.

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

Достоверность полученных результатов, а также **обоснованность** выводов и рекомендаций подтверждаются проведением строгих математических расчетов, проверенных в пакете прикладных программ Matlab, Mathcad, моделирования в системах автоматизированного проектирования CST Studio Suite, AWR Microwave Office и натурных экспериментов синтезированных согласующих устройства, наличием актов практической реализации и внедрения.

Сделанные выводы достаточно обоснованы, непосредственно следуют из текста представленной рукописи диссертации.

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

Научная значимость диссертационных исследований заключается в совершенствовании и развитии теории аналитического моделирования импедансных характеристик согласуемых комплексных нагрузок, отличительной особенностью которой является применение дробно-рациональной аппроксимирующей функции, разложенной на реальную и мнимую составляющие методом Геверца, в сочетании с теорией статистического анализа и обработки данных, в отличии от уже существующих методов моделирования импедансов нагрузок, которые развивали такие ученые как Воропаев Ю.П., Онищук А.Г. и др. Использование новых научных результатов, позволяет применять сформированные аналитические модели импедансов, как в классической теории широкополосного согласования, так и согласовании изменяющихся импедансов. Впервые для подобного рода задач использована теория статистического анализа и обработки данных.

Диссертационные исследования имеют высокую **практическую значимость**, обусловленную применением разработанных методик для формирования моделей импедансов подвижных радиотехнических средств, работающих в различных климатических и погодных условиях. Это подтверждается использованием результатов диссертационных исследований для модернизации таких средств как быстроразвертываемый сигнализационный комплекс С-801 «Паук», возможным использованием для модернизации носимых радиостанций УКВ-диапазона Р-180 и Р-181-5НУ, о чем говорят акты внедрения в производство и справки о возможном практическом использовании.

Диссертационные исследования могут быть использованы для решения практических задач по проектированию и созданию радиотехнических устройств как гражданского, так и военного назначения, которые должны обеспечивать требуемые характеристики несмотря на возмущающие воздействия на них, что подтверждает высокую **экономическую значимость**

и может принести прибыль предприятиям.

Социальная значимость диссертационных исследований заключается в применении их в учебном процессе для инженеров радиотехников и связистов, в виде программного продукта, позволяющего обучаемым более детально разобраться с представление импедансных характеристик радиотехнических устройств, углубляясь при этом в физику данного процесса.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Анализ опубликованных в научной печати работ Исаева В.О. свидетельствует о том, что основные научные результаты диссертации содержатся в 28 печатных текстах: 12 научных статьях, соответствующих пункту 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, 16 статей в сборниках материалов и тезисов докладов конференций.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям Высшей аттестационной комиссии

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями, изложенными в:

– главах 2-4, Инструкции о порядке оформления диссертации, диссертации в виде научного доклада, автореферата диссертации и публикаций по теме диссертации, утвержденной Постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28 февраля 2014 года № 3;

– главе 3 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь от 17 ноября 2004 г. № 560.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени

Диссертационная работа Исаева В.О. содержит новые научно-обоснованные результаты, использование которых обеспечивает решение важных прикладных задач и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Текст диссертации и автореферата изложены на высоком техническом уровне. Соискатель обладает умением постановки научных задач в области радиотехники, применяет и использует современные математические методы для их решения.

Практические результаты, представленные в диссертации, подтверждают, что Исаев В.О. владеет системой математических вычислений Mathcad, пакетом прикладных программ Matlab, системами автоматизированного проектирования CST Studio Suite, AWR Microwave Office, а также средами разработки программного обеспечения.

Изложенные факты и полученные соискателем новые научные результаты свидетельствуют – 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

Замечания по диссертации соискателя ученой степени Исаева В.О.

Наиболее важными с точки зрения снижения потерь полезного сигнала в приемо-передающих являются следующие стыки: антенна - вход приемника; выход передатчика – антенна; первый каскад УРС – вход второго или вход смесителя; выход смесителя – вход первого каскада УСПЧ; выход усилителя-драйвера – вход усилителя мощности (УМ).

1.В диссертации автор уделяет наибольшее внимание моделированию первого из перечисленных стыков как предмету согласования, незаслуженно упуская другие.

2.Представляют значительный интерес модели выходных цепей транзисторов как источника сигналов в широкой полосе согласования, особенно выходных параметров мощных транзисторов, используемых в УМ передающих устройств связных приемопередатчиков , что в диссертации опущено.

Указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость диссертации.

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, а соискатель заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук за новые научно обоснованные результаты в области моделирования импедансных характеристик радиотехнических устройств, применяемых в теории широкополосного согласования, 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%).

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор И.И.Забеньков
17.10.2022

Совет по защите диссертаций при БГУИР
«16» октября 2023 г.
Вх. № 05.02-11/192