

УТВЕРЖДАЮ

Директор Государственного  
предприятия «Центр радиотехники НАН  
Беларуси»

доктор технических наук, профессор

С.М. Костромицкий

«10» октября 2023 г.



## ОТЗЫВ

оппонирующей организации

о диссертации 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

Диссертационная работа Исаева В.О. посвящена улучшению параметров широкополосного согласования источников сигнала и комплексных нагрузок за счет обработки и аппроксимации измеренных значений импедансов широкополосных радиотехнических устройств (антенн).

Содержание диссертации соответствует специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения; отрасли наук – технические; области исследования – 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.

Научный вклад соискателя заключается в решении ряда научных задач, в том числе:

– выполнен аналитический обзор и анализ существующих методик моделирования импедансов комплексных нагрузок, численно заданных на дискретном ряде частот, по результатам которого сформированы их достоинства и недостатки, обоснована необходимость и направление их развития;

– осуществлен выбор математического аппарата, базирующегося на методе математического моделирования, который лежит в основе методики формирования аналитических моделей импедансов широкополосных РТУ;

– разработана методика формирования аналитических моделей импедансов широкополосных РТУ в виде дробно-рациональной функции, отличающаяся учетом ограничений условий физической реализуемости и разложением аппроксимирующей функции на реальную и мнимую

составляющие методом Геверца, обеспечивающая уменьшение ошибки аппроксимации импедансных характеристик согласуемых комплексных нагрузок;

– разработана методика обработки результатов измерения нестационарного импеданса согласуемой нагрузки, позволяющая рассчитать аналитические модели измеренных значений импедансов широкополосных радиотехнических устройств с заданными параметрами доверительной вероятности, относительной погрешности и абсолютной ошибки аппроксимации в задачах широкополосного согласования;

– проведена оценка эффективности разработанных методик в решении задач согласования изменяющихся импедансов широкополосных РТУ.

Диссертационная работа носит прикладной характер. Практическая значимость результатов заключается в:

– синтезе аналитических моделей импедансных характеристик антенн радиотехнических систем и устройств различного назначения, характеризующихся точностью их аппроксимации и учетом условий физической реализуемости, обоснованных в разделе 2.2 диссертации;

– изготовлении и экспериментальном исследовании макетов согласующих устройств для антенн носимых радиостанций Р-180, Р-181-5НУ, J-антенны быстроразвертываемого сигнализационного комплекса С-801 «Паук» и штыревой антенны приемо-передающего тракта радиоканала управления беспилотного авиационного комплекса вертикального взлета «Талисман», синтез которых базируется на разработанной методике обработки результатов измерения импеданса согласуемой нагрузки.

Экспериментальные исследования действующих макетов согласующих устройств подтвердили возможность применения сформированных аналитических моделей импедансных характеристик антенн и обеспечения требуемого качества согласования приемо-передающих трактов с антеннами радиотехнических систем и устройств различного назначения в соответствии с результатами аналитических расчетов.

Новыми научными результатами, за которые соискателю может быть присуждена ученая степень кандидата технических наук, являются:

1. Методика формирования аналитической модели импеданса радиотехнических устройств, отличающаяся учетом условий физической реализуемости и разложением дробно-рациональной функции импеданса на реальную и мнимую составляющие методом Геверца, позволяющая 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. Методика **обработки** результатов измерений импеданса радиотехнических устройств в заданных условиях эксплуатации, отличающаяся 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, позволяющая 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  $10\%$ ).

Замечания по диссертации:

1. В тексте пояснительной записки диссертации не отмечено за счет чего получается выигрыш не только в точности аппроксимации, но и уменьшении порядка модели по отношению к другим методам синтеза моделей импедансов согласуемых нагрузок.

2. В разделе 2.1 в качестве эталонной модели дискретно заданных значений импедансов предлагается использовать интерполяционный кубический сплайн, но при этом не указано, почему его нельзя использовать для решения задач широкополосного согласования.

3. В первом положении, выносимом на защиту, указаны цифры выигрышей только для антенны типа вибратор горизонтальный диапазонный, хотя в работе имеются и другие примеры расчетов аналитических моделей импедансов с более высокими показателями точности аппроксимации.

4. В разделах 4.2-4.6 не приведены результаты оценки влияния сформированных аналитических моделей импедансов антенн на результаты их согласования, что не позволяет оценить корректность полученных результатов и разграничить выигрыш в повышении коэффициента передачи мощности между источниками сигнала и нагрузками.

5. В подразделе 2.2.2 не обоснован выбор метода оптимизации Левенберга-Марквардта для решения системы нелинейных уравнений.

6. Во 2 и 3 главах не все выражения имеют порядковый номер.

7. Блок-схема, представленная на рисунке 3.3, имеет название «Алгоритм методики аппроксимации измеренных значений импедансной характеристики РТУ», хотя по остальному тексту пояснительной записки именуется методикой обработки измеренных значений импедансных характеристик РТУ.

8. В приложениях диссертации отсутствует листинг программы, реализующей алгоритм формирования аналитических моделей импедансов радиотехнических устройств.

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

Указанные замечания, существенно не снижают значимость научных и практических результатов, представленных в диссертации. Научные и практические результаты, полученные соискателем, могут использоваться при проектировании перспективных широкополосных радиотехнических устройств.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям ВАК РБ, а ее автор Исаев Владислав Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Отзыв рассмотрен на научном собрании организации, на котором соискатель выступил с докладом (протокол № 7 от 19 октября 2023 г.).

На заседании научного собрания присутствовали 8 человек, из них 5, имеющих ученые степени.

Отзыв принят открытым голосованием. В голосовании принимали участие члены научного собрания, имеющие ученые степени. Результаты голосования:

«за» – 5;

«против» – 0;

«воздержался» – 0.

Председатель научного собрания  
Ведущий научный сотрудник  
кандидат технических наук, доцент

А.М. Гатальский

Секретарь научного собрания  
Ведущий научный сотрудник  
кандидат технических наук, доцент

А.А. Дятко

Эксперт  
Начальник отдела математического моделирования  
кандидат технических наук, доцент

А.Г. Сеньков

19.10.2023

Озброшчнен 29.10.2023

