

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента**

#### **на диссертацию Янцевича Михаила Александровича**

**«Широкополосное согласование обобщенным методом Дарлингтона с использованием аппроксимирующих функций с улучшенными вариативными свойствами», 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, по которым она представлена к защите**

Диссертация Янцевича Михаила Александровича «Широкополосное согласование обобщенным методом Дарлингтона с использованием аппроксимирующих функций с улучшенными вариативными свойствами» соответствует отрасли технических наук, паспорту специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения согласно Приказу Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 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.2 Генерация, усиление, преобразование, прием и передача сигналов. Модуляция. Демодуляция. Спектры, корреляционные функции, математические и статистические модели сигналов.

- 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, 2 и 4 раздела III (Области исследований) паспорта специальности 05.12.04.

## **2. Актуальность темы диссертации**

В настоящее время вопросы разработки радиотехнических устройств, осуществляющих прием, передачу и реализацию различных алгоритмов обработки широкополосных сигналов, включая сложные комплексные устройства, осуществляющие вышеперечисленные функции одновременно в нескольких частотных диапазонах приобретают особенную актуальность.

Диссертационная работа направлена на развитие аналитических методов синтеза согласующих устройств в прикладной радиотехнической задаче широкополосного согласования импедансов. Задача широкополосного согласования комплексных сопротивлений элементов приёмно-передающего тракта подразумевает под собой обеспечение заданного уровня коэффициента передачи мощности в некоторой полосе частот.

Известные на данный момент методы синтеза устройств, в основном, реализуют численные итеративные подходы, где по заданному критерию, предъявляемому к характеристике разрабатываемого устройства, определяются его структура и параметры, что не всегда оптимально с точки зрения практической реализации. В этом отношении аналитические методы проектирования радиотехнических устройств имеют определенные преимущества ввиду их содержательности как в физическом, так и в математическом смысле.

В связи с применением в современных радиотехнических устройствах широкополосных и сверхширокополосных сигналов, а также из-за постоянного стремления повысить требования к мощностным характеристикам, идея развития общей аналитической теории широкополосного согласования является актуальной.

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

Положения, выносимые на защиту, имеют последовательную структуру, так как каждое следующее положение базируется на предыдущем, что говорит о системности и целостности проведённых исследований. Из представленных материалов диссертации, новыми научными результатами следует считать:

- аппроксимирующие функции коэффициента передачи мощности согласуемой нагрузки, основанные на классических аппроксимациях Баттерворта и Чебышева, отличающиеся в знаменателе взвешенной суммой полиномов Баттерворта. Большое количество вариативных параметров позволяет снять ограничения на согласование сложных комплексных нагрузок при использовании аналитических методов. Дополнительным положительным эффектом, при этом, следует считать возможность получения переходных аппроксимаций;

- применение разработанных аппроксимирующих функций и рекомендации по их использованию в обобщенном методе синтеза по Дарлингтону. Дополнительно к этому исследован вопрос о возможности формирования многополосных частотных характеристик согласующих устройств. Получены количественные оценки, подтверждающие наличие

определенных преимуществ разработанной методики синтеза в сравнении с известными аналитическими и численными методами;

- комбинацию результатов, полученных во втором положении с технологией синтеза микрополосковых фильтров. Разработанная методика позволяет осуществлять прямой синтез микрополосковых согласующих устройств и получить существенный выигрыш благодаря аналитическому решению этой задачи.

Положения, выносимые на защиту, являются новыми и важными для решения актуальных задач широкополосного согласования в радиотехнике.

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

Сформулированная автором научная проблема достоверна и действительно является важной в развитии аналитических методов широкополосного согласования, что подтверждается многочисленными литературными источниками.

Достоверность предложенного математического аппарата в виде новых аппроксимирующих функций и методик синтеза, определяется корректным использованием теории радиотехнических цепей и подтверждается сопоставлением результатов расчетов с результатами моделирования и натурного эксперимента.

Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, в полной мере основаны на полученных результатах.

#### **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 частности путём совершенствования обобщенного метода Дарлингтона и разработке на его основе универсальных инженерных методик синтеза широкополосных согласующих устройств. Применение новых научных результатов привело к возможности использовать аналитическую теорию для согласования ранее недоступных для нее нагрузок. Также на примерах решений тестовых задач продемонстрировано превосходство над результатами согласования, полученных численными методами.

Проведенный полный технологический цикл производства патч-антенны, которая согласована в соответствии с предложенной методикой, свидетельствует о высокой практической значимости исследований. К этому можно отнести приведенные результаты моделирования, которые можно использовать для реализации других радиотехнических устройств.

Экономическая значимость заключается в возможности использования полученных результатов исследований при модернизации и производстве радиотехнических устройств различного функционального назначения, в том числе оборонной промышленности.

Социальная значимость диссертационных исследований заключается во



внедрении результатов в учебный процесс учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь», что позволит углубленно изучать дисциплины радиотехнического профиля и осуществлять подготовку компетентных в своей профессии специалистов.

#### **6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати**

Материалы диссертации опубликованы в 27 научных изданиях, из них 8 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 19 тезисов докладов. Все публикации имеют непосредственно отношение к теме диссертации и достаточно полно отражают ее содержимое.

#### **7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК**

Материал диссертационной работы изложен понятно, грамотно, в логической последовательности и оформлен согласно Постановления Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28.02.2014 № 3 (в редакции постановления Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 22.08.2022 № 5). 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. Замечания по диссертации**

1. В разделе «Перечень сокращений и обозначений» приведены не все используемые в диссертационной работе обозначения.

2. В Главе 3 используется термин «многополосные согласующие устройства», однако рассматриваются задачи синтеза только двухполосных согласующих цепей.

3. В Главах 2 и 3 отсутствуют экспериментальные подтверждения теоретических выигрышей, полученных при решении тестовых задач.

4. В Главе 4 нет данных о погрешностях, которые могут иметь место при проведении эксперимента.

5. Заявлено, что методика синтеза может использоваться для различных резонансных нагрузок, однако в диссертации в качестве нагрузки рассматриваются только патч-антенны.

Вышеперечисленные замечания носят уточняющий характер и не снижают общий высокий научный уровень результатов диссертационного исследования, а также положений и выводов, выносимых на защиту.

## **9. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует**

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

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

## **10. Заключение**

Диссертация Янцевича М.А. «Широкополосное согласование обобщенным методом Дарлингтона с использованием аппроксимирующих функций с улучшенными вариативными свойствами» по уровню проведенных исследований и полученных результатов, их научной новизны и практической значимости является завершённой квалификационной работой и отвечает требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертационная работа соответствует отрасли технических наук, паспорту специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Поставленные в диссертационной работе задачи выполнены, а соискатель заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения за новые научно обоснованные результаты, включающие:

1. Аппроксимирующие функции коэффициента передачи мощности, представляющие собой взвешенные суммы классических аппроксимаций (Баттерворта, Чебышева 1-го рода), отличающиеся от классических аппроксимаций наличием дополнительных вариативных параметров, которые позволяют:

– добавить к двум вариативным параметрам классических аппроксимаций  $n$  вариативных параметров, пределы изменения которых ограничены только областью вещественных чисел ( $n$  – порядок аппроксимации);

– осуществлять контролируемый плавный переход между различными порядками и функциями аппроксимации;

– расширять диапазон изменения параметров нагрузки, при котором возможно аналитическое решение задачи широкополосного согласования.

2. Методику синтеза широкополосных согласующих цепей на основе обобщенного метода Дарлингтона, отличающуюся использованием аппроксимирующих функций с улучшенными вариативными свойствами, позволяющую получать аналитические решения для задач согласования

сложных комплексных нагрузок и расширить диапазон значений индуктивности  $RLC$  нагрузки на 30% по сравнению с использованием классических аппроксимирующих функций.

3. Методику синтеза микрополосковых согласующих устройств на основе обобщенного метода Дарлингтона с использованием аппроксимирующих функций, обладающих улучшенными вариативными свойствами, отличающуюся представлением нагрузки и элементов согласования отрезками микрополосковых линий одинаковой длины за счёт использования преобразования Ричардса, что позволило расширить полосу согласования патч-антенн, рассчитанных на 1,2 ГГц до 15%, и 869 МГц до 17%, что в 2.14 - 2.43 раза больше по сравнению с известными методами согласования (выбора точки возбуждения антенны и использования четвертьволновых трансформаторов).

Официальный оппонент:  
начальник кафедры радиоэлектронной  
техники ВВС и войск ПВО учреждения  
образования «Белорусский государственный  
университет информатики и радиоэлектроники»

к.т.н., доцент

29.12.2023 г.

Дмитренко А. А.

Совет по защите  
диссертаций при БГУИР  
«29» октября 2023 г.  
Вх. № 05.02-11/259

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ  
Работник отдела по работе с персоналом  
И.П. Тумас