

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента**

на диссертационную работу 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**

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. Основные научные результаты диссертации, положения, выносимые на защиту, соответствуют разделу III, пункты:

1. Радиотехнические процессы, явления, сигналы, цепи и методы их анализа.

2. Генерация, усиление, преобразование, прием и передача сигналов. Модуляция. Демодуляция. Спектры, корреляционные функции, математические и статистические модели сигналов.

3. 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**

Значительная, если не подавляющая, часть электрических цепей, используемых в технике передачи и обработки информации, предназначена для передачи электрических сигналов от того или иного генератора к некоторой нагрузке. Задачи таких электрических цепей, в основном, сводятся к обеспечению соответствующей частотной избирательности сигнала (фильтрация) или достижения уровня коэффициента передачи мощности в заданном диапазоне частот (широкополосное согласование). Последняя задача представляет наибольший практический интерес, что обусловлено требованиями, предъявляемыми к современным радиотехническим устройствам. К примеру, все большее число устройств и приборов требует передачи данных на большие расстояния с высокой скоростью. Развитие микроэлектроники и интегральных схем приводит к увеличению плотности компонентов на одном кристалле и уменьшению размеров устройств. Это требует более точного согласования сопротивлений и учета эффектов,

связанных с распространением электромагнитных волн в микро- и наноразмерных системах. Важность энергосбережения в современном мире также стимулирует развитие теории широкополосного согласования сопротивлений. Более эффективные технологии передачи сигналов позволяют сократить потребление энергии и улучшить энергетическую эффективность электронных систем. Развитие новых технологий, таких как Интернет вещей (IoT), Точка доступа к сети (Hotspot), беспроводная связь (Wi-Fi), требует разработки и совершенствования методов согласования сопротивлений для обеспечения стабильной связи и надежной передачи данных.

За последние годы в области проектирования широкополосных согласующих устройств наибольший вклад внесли ученые, использующие численные методы параметрического и структурно-параметрического синтеза, что обусловлено простотой их использования и определенной эффективностью. Однако реализуемые при этом частотные характеристики носят многоэкстремальный характер, и проблема глобального экстремума по-прежнему относится к числу нерешенных. На такие вопросы фундаментального характера могут дать ответ только аналитические методы синтеза, которые позволяют управлять формой частотной характеристики. Однако возможности этих методов ограничены набором простых эквивалентных схем нагрузок (комбинацией из резистора и двух реактивных элементов).

Таким образом, возникает интерес к разработке современных аналитических методик широкополосного согласования произвольных комплексных нагрузок любой сложности, конкурентоспособных в отношении перспективных численных методов синтеза. 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:

– Аппроксимирующих функций коэффициента передачи мощности, отличающихся улучшенными вариативными свойствами в сравнении с классическими аппроксимациями (Баттерворта, Чебышева 1-го рода), что обеспечивает разрешимость системы ограничений, накладываемых сложной комплексной нагрузкой, а также позволяет синтезировать на основе известных полиномов (Баттерворта, Чебышева 1-го рода) переходные аппроксимирующие функции.

– Методики синтеза согласующих цепей на основе обобщенного метода Дарлингтона, отличающейся использованием аппроксимирующих

функций с улучшенными вариативными свойствами, позволяющей находить решения для сложных комплексных нагрузок.

– Методики синтеза согласующих устройств с распределенными параметрами, отличающейся использованием математического аппарата теории синтеза фильтров на однородных линиях передачи.

#### **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 устройств, 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 аналитической теории широкополосного согласования комплексных нагрузок за счёт применения новых аппроксимирующих функций коэффициента передачи мощности с большим числом вариативных параметров в математическом аппарате обобщенного метода Дарлингтона, и распространении общих положений этого подхода в область синтеза на распределенных структурах посредством использования элементов теории синтеза микрополосковых фильтров.

Использование новых научных результатов позволяет согласовывать нагрузки, которые ранее были недоступны для аналитических методов синтеза согласующих устройств разработанных Бодде, Фано, Юлой, Вай-Кай Ченем, Онищуком, Белевичем, Бойкачёвым.

Диссертационные исследования имеют высокую **практическую значимость**, обусловленную применением разработанных методик для широкого спектра радиотехнических устройств различного функционального назначения. Это подтверждается применением результатов диссертационных исследований при проектировании антенн для геолокационных комплексов, возможным использованием при разработке современных многоканальных телекоммуникационных систем приёма и передачи информации, о чем говорят акты внедрения в производство и справка о возможном практическом использовании.

Результаты данного исследования позволяют разрабатывать широкополосные согласующие устройства аналитическим методом без

необходимости использования дорогостоящих систем автоматизированного проектирования, что подтверждает высокую **экономическую значимость** и может принести прибыль отечественным предприятиям.

**Социальная значимость** диссертационных исследований заключается в применении их в учебном процессе для подготовки инженеров и исследователей по радиотехническому профилю, что позволит детально разобраться с технологией синтеза широкополосных согласующих цепей, углубляясь при этом в физику данного процесса.

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

Анализ опубликованных в научной печати работ Янцевича М.А. свидетельствует о том, что основные научные результаты диссертации содержатся в 27 печатных текстах: 8 научных статьях, соответствующих пункту 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 19 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 в Республике Беларусь, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь от 17 ноября 2004 г. № 560.

## **8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени**

Диссертационная работа Янцевича М.А. 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 Янцевич М.А. 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 Янцевича М.А. соответствует учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

## 9. Замечания по диссертации

1. Синтез широкополосных согласующих цепей, основанный на методах Чебышева, Баттерворта, Дарлингтона и др. предполагает использование всех четырёх типов элементов радиотехнических цепей – резистивных, емкостных, индуктивных и трансформирующих. В работе соискателя главное внимание уделено индуктивной составляющей и недостаточно рассмотрены возможности использования резистивной, емкостной, трансформирующей составляющих.

2. Непонятна функция «преобразования мощности», при использовании функции «передачи мощности».

Указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость диссертации.

## 10. Заключение

Диссертация Янцевича Михаила Александровича «Широкополосное согласование обобщенным методом Дарлингтона с использованием аппроксимирующих функций с улучшенными вариативными свойствами», выполненная под научным руководством кандидата технических наук, доцента Филипповича Г.А., 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 синтеза широкополосных согласующих устройств, которые содержат:

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:**

Доктор технических наук, профессор  
26.12.2023

И.И.Забеньков

