

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента

на диссертационную работу **Медведева Артёма Викторовича**  
**"Временные и частотные характеристики структур с модальным резервированием до и после отказов их элементов",**

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

### **1. Актуальность темы диссертационной работы**

Борьба со сбоями и помехами, особенно сверхширокополосными, всегда остается востребованной при создании и применении различных видов радиоэлектронной аппаратуры. Хотя в этой области достигнут определенный прогресс, стремление к компактности, малому энергопотреблению и расширению сфер применения электронных устройств приводит к их большей восприимчивости к помехам. В этих условиях возрастает потребность в разработке новых методов и средств обеспечения электромагнитной совместимости и в исследованиях их динамических характеристик. В этой связи тема диссертационной работы Медведева А.В. представляется актуальной и своевременной.

### **2. Структура и содержание диссертационной работы**

Диссертация содержит введение, 4 раздела, заключение, список литературы из 132 наименований и 1 приложение. Объем – 194 страница основного текста, включая 181 рисунок и 68 таблиц.

В первом разделе проведен анализ состояния обеспечения помехозащитности резервируемых систем и сформулированы цель и задачи работы.

Во втором разделе представлены исследования временных и частотных характеристик структур с однократным модальным резервированием с однослойной трассировкой до и после отказов части элементов. Описана разработка новых способов однократного модального резервирования с двуслойной трассировкой проводников.

В третьем разделе представлен способ трассировки печатных проводников с дополнительным диэлектриком для цепей с двукратным резервированием. Проведено исследование порядка переключения после отказов для трехпроводной структуры с модальным резервированием.

В четвертом разделе рассмотрено трехкратное модальное резервирование. Дан предварительный анализ структур с трехкратным модальным резервированием с учетом отказов их элементов. Проведено моделирование структур с трехкратным модальным резервированием до и после отказов на концах и

вдоль проводников. Представлены экспериментальные исследования структур с трехкратным модальным резервированием.

### **3. Новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций**

1. Предложены три новых способа компоновки и трассировки печатных плат с однократным модальным резервированием для ослабления сверхширокополосной помехи, отличающихся наличием двух сигнальных слоев для упрощения трассировки проводников при большом количестве элементов.
2. Предложен способ двукратного модального резервирования цепей на двуслойной печатной плате с дополнительным диэлектриком между проводниками, отличающийся тем, что три проводника с одинаковой шириной расположены на одинаковых расстояниях друг от друга, а в качестве резервируемого проводника выбран средний.
3. Разработан и экспериментально подтвержден оптимальный порядок переключения цепей с трёхкратным модальным резервированием, отличающийся последовательной заменой резервируемого проводника, после отказа элементов на его концах, резервным проводником с минимальным уровнем максимального напряжения импульсов разложения.
4. Выполнено исследование частотных характеристик структур с одно- и трехкратным модальным резервированием, отличающееся учетом отказов их элементов.

### **4. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность научных положений, выдвигаемых автором, подтверждаются использованием метрологически аттестованного оборудования; корректным применением теории многопроводных линий передачи; согласованностью результатов моделирования и эксперимента.

### **5. Практическая значимость результатов работы**

В ходе диссертационных исследований решены конкретные практические проблемы, связанные с разработкой прототипов с трассировкой проводников с боковой связью на специальных измерительных печатных платах для исследования на излучаемые эмиссии и восприимчивость к излучениям.

Результаты квазистатического моделирования распространения сверхкороткого импульса в цепях блока цифровой обработки сигнала и в цепях источника питания системы автономной навигации космического аппарата внедрены в АО «ИСС», г. Железногорск.

Результаты диссертационной работы использованы при выполнении пяти НИР, поддержанных в рамках федеральных целевых программ, Российским научным фондом и др.



## **6. Полнота опубликования результатов работы, соответствие автореферата содержанию диссертации**

По теме диссертации опубликованы 48 работ, в том числе: 4 – в журналах из списка ВАК, 11 статей в журналах, индексируемых WoS и Scopus, из них 4 статьи в журналах квартилей Q1 и Q2; 8 докладов в трудах конференций, индексируемых в WoS и Scopus; 17 докладов в трудах других конференций; 8 патентов на изобретение. Материалы диссертации достаточно полно изложены в опубликованных работах.

Автореферат правильно отражает содержание и основные положения диссертации.

## **7. Замечания по диссертации и автореферату**

1. Автор использует термин "структура с модальным резервированием" (см. например название диссертации), которое не является общепринятым. Тем более необычно звучит словосочетание "частотная характеристика структуры", где, по-видимому, структуру следует трактовать как "устройство".
2. В диссертационной работе много места уделено ссылкам на оптимизацию. Однако каждый раз, когда автор упоминает этот процесс, то его описание сводится к фразе "оптимизация проводилась эвристическим поиском". Такой уровень детализации представляется недостаточным для диссертационной работы.
3. Почти каждый раздел диссертации начинается со слова "Здесь...", которое можно без ущерба для понимания смысла текста опустить. Вообще, стиль написания диссертации можно охарактеризовать как излишне сухой, похожий на технический отчет, а не научную работу.

В целом замечания не снижают научной ценности и практической значимости проведенного исследования.

## **8. Заключение**

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом на актуальную тему, выполненным автором самостоятельно на высоком научном и методическом уровне. Представленные в работе исследования достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Диссертационная работа содержит рисунки, графики, обобщения в виде схем и таблиц, необходимые расчёты. Она написана технически грамотно и аккуратно оформлена.

Диссертация отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор Медведев А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Даю согласие на обработку моих персональных данных

Профессор отделения автоматизации и робототехники  
Инженерной школы информационных технологий и робототехники  
Томского политехнического университета,  
доктор технических наук, профессор



Муравьев Сергей Васильевич

**Полное наименование организации:** федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

**Ф.И.О.:** Муравьев Сергей Васильевич

**Должность:** профессор отделения автоматизации и робототехники

**Адрес:** 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, ОАР

**Телефон:** +7 3822 701 777 доб. 2776

**Эл. почта:** muravyov@tpu.ru

04.12.2023 г.

Подпись Муравьева С.В. заверяю:

Ученый секретарь

Томского политехнического университета



Кулинич Е.А.