



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ТУСУРа,

д.т.н., доцент

В.М. Рулевский

«16» 04 2024 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

Диссертация «Модели и конструкции неотражающих фильтров СВЧ на основе связанных полосковых линий и сосредоточенных RLC-элементов» выполнена на кафедре Конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры (КУДР).

В 2020 году Чинь То Тхань окончил федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны» по направлению специалитета 11.05.02 – Специальные радиотехнические системы. С 1 октября 2020 года по настоящее время является аспирантом ТУСУРа по научной специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Сдал все кандидатские экзамены в 2023 году.

Научный руководитель – Малютин Николай Дмитриевич, д.т.н., профессор кафедры КУДР ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

### **Оценка выполненной соискателем работы**

Диссертация Чинь То Тхань является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научно-технической задачи, имеющей важное значение для развития отечественной компонентной базы СВЧ – разработки полосковых неотражающих фильтров. В работе изложены новые научно обоснованные технические решения по созданию неотражающих полосно-пропускающих фильтров для применения в радиоэлектронной аппаратуре связи, радиолокации.

**Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.**

Результаты, сформулированные в положениях, выносимых на защиту, и составляющие научную новизну, получены автором лично или при его

участии. Личный вклад состоит в проведении всех этапов исследований и непосредственном участии в получении исходных данных. Их обработка и интерпретация выполнены совместно с соавторами публикаций и научным руководителем. Непосредственный вклад автора состоит в разработке прототипов устройств, проведении экспериментальных исследований, разработке программ для моделирования и подготовке публикаций.

Постановка задач для экспериментальных исследований, анализ и обобщение экспериментальных данных выполнены совместно с научным руководителем, д.т.н., профессором Н.Д. Малютиным.

### **Научная новизна диссертации**

Научной новизной обладают:

- Предложена обобщенная эквивалентная схема неотражающих фильтров на основе применения принципа декомпозиции, которая позволяет проводить анализ частотных характеристик НПФ по известным параметрам конструкции связанных полосковых линий и значениям номиналов сосредоточенных элементов.

- Построены аналитические модели неотражающих фильтров как результат решения обратной задачи отыскания частотной зависимости импеданса RLC-цепей, входящих в состав неотражающих полосковых фильтров при известных параметрах связанных полосковых линий, позволяющие решать задачу синтеза схемы и параметров элементов RLC-цепи и фильтров.

- Определена зависимость частотных свойств базового варианта неотражающего полосно-пропускающего фильтра от первичных и модальных параметров связанных линий, а также от согласованности характеристического импеданса RLC-цепи и среднего геометрического характеристических сопротивлений синфазного и противофазного возбуждения связанных полосковых линий.

- Разработан и запатентован способ определения отношения фазовых скоростей синфазных и противофазных волн в связанных полосковых линиях.

- Решена задача определения диэлектрических проницаемостей подложек связанных полосковых линий по заданному отношению фазовых скоростей синфазной и противофазной волн.

- Предложен и реализован способ уменьшения габаритов неотражающих фильтров путем изменения топологии проводников связанных полосковых линий в форме меандра.

### **Практическая значимость диссертации**

- Предложены и разработаны макеты полосковых неотражающих полосно-пропускающих фильтров, обладающих новизной. Разработаны программы анализа неотражающих фильтров и программа для расчета

частотных характеристик RLC-цепей по задаваемым параметрам фильтра как четырехполосника.

- Предложен способ определения отношения фазовых скоростей синфазных и противофазных волн в связанных полосковых линиях позволяет решать практическую задачу выбора конструкции связанных полосковых линий.

- Разработан алгоритм и программа синтеза связанных полосковых линий с гетерогенным диэлектрическим заполнением позволяют решить задачу выбора подложек по критерию относительных диэлектрических проницаемостей для проектирования конструкции связанных полосковых линий, базового элемента неотражающих полосковых фильтров.

- Получены результаты экспериментальных исследований частотных характеристик полосковых неотражающих фильтров, которые составляют базу данных реальных параметров неотражающих полосковых фильтров.

### **Достоверность результатов работы**

Достоверность результатов основывается на корректном применении теории связанных полосковых линий, согласованности результатов моделирования и эксперимента, использовании современных методик измерения сертифицированными приборами.

### **Специальность, которой соответствует диссертация**

Диссертационная работа Чинь То Тхань по своему содержанию соответствует специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии», п.2 «Исследование характеристик антенн и микроволновых устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т.д.» и п.3 «Исследование и разработка новых антенных систем, активных и пассивных микроволновых устройств, в том числе управляющих, фазирующих, экранирующих и других, с существенно улучшенными параметрами» паспорта специальности.

### **Полнота изложенных материалов диссертации в печатных работах, опубликованных автором**

Научно-квалификационная работа удовлетворяет требованиям по полноте опубликованности материалов диссертации в печатных изданиях, в том числе в изданиях, входящих в перечень, рекомендованный ВАК.

По результатам исследований аспиранта опубликованы 23 научные работы, в том числе 8 статей в журналах, рекомендованных ВАК, 1 монография, 4 доклада в трудах конференций, индексируемых в WoS и Scopus, 2 патента на изобретение, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, 5 докладов в трудах международных конференций.

### *Публикации в журналах из перечня ВАК*

1. Малютин Н.Д., **Чинь Т.Т.**, Малютин Г.А. Неотражающие фильтры СВЧ (обзор). // Журнал радиоэлектроники. – 2024. – №. 4. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2024.4.4>

2. **Чинь Т.Т.** Неотражающий полосковый полосо-пропускающий фильтр нечетных гармоник // *Ural Radio Engineering Journal*. – 2023. – Т. 7. – № 3. – С. 250-265.

3. Синтез связанных полосковых линий с гетерогенным диэлектрическим заполнением / А.Г. Лоцилов, **Т.Т. Чинь**, Н.Д. Малютин, Г.А. Малютин // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2022. – Т. 25. – № 1. – С. 7-16.

4. Расчетно-экспериментальный метод измерения частотной зависимости фазовых скоростей синфазных и противофазных волн в связанных линиях с неуровновешенной электромагнитной связью / А. Г. Лоцилов, **Т.Т. Чинь**, Н.Д. Малютин, Г.А. Малютин // Доклады ТУСУР. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 19–27.

#### *Публикации в журналах из перечня ВАК по смежной специальности*

5. Лоцилов А.Г., Малютин Н.Д., **Чинь Т.Т.** Применение метода автономных блоков к математическому моделированию СВЧ-устройств, содержащих цепи распределено – сосредоточенного типа // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 61-67.

6. Малютин А.Г., **Чинь Т.Т.** Алгоритм и программы анализа и синтеза устройств на основе распределенно-сосредоточенных цепей // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2024. – Т. 12, № 3. – С. 28-35.

7. Корректирующие звенья полосо-пропускающих фильтров на связанных линиях / Р.М. Шарабудинов, **Т.Т. Чинь**, Н.Д. Малютин, Г.А. Чепко, Г.А. Малютин // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). – 2021. – № 3. – С. 175-181.

8. Лоцилов, А. Г., Малютин Г.А., **Чинь Т.Т.** Проблемы экстракции параметров полосковых линий // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). – 2022. – № 4. – С. 198-205.

#### *Патент на изобретение*

9. Способ измерения частотной зависимости фазовых скоростей синфазных и противофазных волн в связанных линиях с неуровновешенной электромагнитной связью. Патент на изобретение № 2796206 Российская Федерация. / Малютин Н.Д., **Чинь Т.Т.**, Лоцилов А.Г., Малютин Г.А.– Заявка № 2022130074; заявлен 21.11.2022; опуб. 17.05.2023.

10. Полосковый неотражающий полосо-пропускающий перестраиваемый фильтр / Лоцилов А.Г, **Чинь Т.Т.**, Малютин А.Г. – Заявка №2023123738; заявлен 14.09.2023; Решение о выдаче патента 13.03.2024.

#### *Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ*

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663377. Программа расчёта частотных характеристик полосо-пропускающих фильтров поглощающего типа / Н.Д. Малютин, А.Г. Лоцилов, **Т.Т. Чинь**. Заявка № 2021662557. Дата поступления 12.08.2021 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 16.08.2021.г.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023610723. Программа для синтеза конструкций связанных полосковых линий с гетерогенным диэлектрическим заполнением / Г. А. Малютин, **Т.Т. Чинь**, Н. Д. Малютин, А. Г. Лоцилов. Заявка № 2022685674. Дата поступления 22.12.2022 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 12.01.2023.г.

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666066 Российская Федерация. Программа экстракции частотной зависимости импеданса элементов, включённых в диагональные порты отрезка связанных линий / Г.А. Малютин, **Т.Т. Чинь**, Т.А. Чепко, Е.В. Санников. Заявка № 2023665203. Дата поступления 21.07.2023 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 26.07.2023.г.

*Доклады в трудах конференций, индексируемых в Scopus и Web of Science*

14. Loschilov A.G., **Thanh T.T.** et al. Expanding the horizon of additive printing technologies application in the technique of coupled strip lines with heterogeneous dielectric filling //2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). – IEEE, 2022. – P. 256-261.

15. **Thanh T.T.**, Malyutin G.A., Loschilov A.G. Features of frequency response transformations of RLC circuits into opposite response when using them as a load of coupled strip lines with unequal waves phase velocities //2022 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). – IEEE, 2022. – P. 1-4.

16. **Thanh T.T.**, Loschilov A.G. Reflectionless Stripline Filters //2023 IEEE Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT). – IEEE, 2023. – P. 135-138.

17. **Thanh T.T.**, Malyutin G.A., Bilevich D.V. Miniaturization of Microwave Devices by Using Three-Dimensional Strip Line Design //2023 IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE). – IEEE, 2023. – P. 700-703.

*Доклады в трудах международных конференций*

18. Малютин, Н.Д., **Чинь Т.Т.**, Малютин А.Н. Решение обратных задач при синтезе связанных полосковых линий с неуравновешенной электромагнитной связью // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. – 2021. – № 3. – С. 196-197.

19. **Чинь, Т.Т.** К определению матричных параметров связанных линий с неуравновешенной электромагнитной связью // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2021. – № 1-1. – С. 175-179.

20. **Чинь, Т.Т.** Метод измерения коэффициента распространения в связанных полосковых линиях с гетерогенным диэлектрическим заполнением // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2022. – № 1-1. – С. 134-137.

21. Чепко Т.А., **Чинь Т.Т.**, Малютин Г.А. Решение задачи синтеза частотной характеристики RLC-цепи фильтра неотражающего типа на основе связанных полосковых линий // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2023. – № 1-1. – С. 207-210.

22. Полосно-пропускающий фильтр СВЧ неотражающего типа на основе распределено-сосредоточенной цепи / А.Г. Лощилов, **Т.Т. Чинь**, Т.А. Чепко, Г.А. Малютин // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. (Крымико) – 2023. С 89–90.

#### *Монография*

23. Распределено-сосредоточенные цепи и полосковые СВЧ-устройства на их основе: моногр. / А.Г. Лощилов, **Т.Т. Чинь** [и др.]; под ред. проф. Н.Д. Малютина. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2023. – 151 с.

Диссертация «Модели и конструкции неотражающих фильтров СВЧ на основе связанных полосковых линий и сосредоточенных RLC-элементов» Чинь То Тхань рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Заключение принято на семинаре кафедры конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры радиоинженерского факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Присутствовало на заседании 12 чел., в том числе 4 доктора наук, 5 кандидатов наук. Результаты голосования: «за» единогласно, протокол № 28 от 16.04.2024г.

Председатель семинара:  
доктор технических наук,  
профессор. каф. КУДР

 Семенов Э.В.

Секретарь НТС, к.т.н.,  
доцент кафедры КУДР

 Бомбизов А.А.