



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ТУСУРа,

доктор технических наук, профессор

Ю.А. Шурыгин

« 7 » июля 2014 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

научно-технического семинара кафедры компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП) Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР).

Диссертация «Автоматизированное проектирование широкополосных согласующих и корректирующих цепей СВЧ устройств на основе интерактивного «визуального» подхода» выполнена в ТУСУРе на кафедре компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП).

В период подготовки диссертации соискатель Самуилов Александр Андреевич работал в ТУСУРе в должности младшего научного сотрудника лаборатории интеллектуальных компьютерных систем, обучаясь в очной аспирантуре ТУСУРа.

В 2010 г. окончил ТУСУР по специальности «Системы автоматизированного проектирования». Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2013 г. ТУСУРом.

Научный руководитель – Бабак Леонид Иванович, доктор технических наук, заместитель директора НОЦ «Нанотехнологии», профессор кафедры КСУП Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

Заслушав и обсудив доклад соискателя А.А. Самуилова, семинар отмечает:

### **Общая оценка диссертации.**

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, в которой разработаны и развиты методы, алгоритмы и программное обеспечение для автоматизации проектирования широкополосных сосредоточенных и распределенных КЦ и СЦ, входящих в состав СВЧ радиоэлектронных устройств на основе интерактивного «визуального» подхода. Исследована и разработана методика и алгоритмы интерактивного «визуального» проектирования реактивных цепей в сосредоточенном, распределенном и смешанном (сосредоточенно-распределенном) элементном базисах для широкополосного согласования комплексных импедансов генератора и нагрузки. Исследована и разработана комбинированная процедура интерактивного и автоматического оптимизационного поиска при «визуальном» проектировании КЦ и СЦ, в том числе для комплексных импедансов генератора и нагрузки. Разработана и исследована ЦФ для автоматического поиска элементов КЦ и СЦ по заданному ОДЗ иммитанса.

Разработана программа «визуального» проектирования КЦ и СЦ на базе предложенных методик и процедур синтеза. Исследована эффективность разработанных методик, алгоритмов, процедур и программного обеспечения при решении тестовых задач, а также практических задач проектирования СВЧ транзисторных усилителей.

Выполненные исследования имеют научную ценность и большое практическое значение.

#### **Личное участие автора в получении результатов.**

Все представленные в диссертации результаты исследований получены лично автором либо при его непосредственном участии. В работах, опубликованных в соавторстве, автором получены существенные теоретические и практические результаты.

Постановка задач выполнена научным руководителем Бабаком Л.И.

#### **Степень достоверности результатов проведенных исследований.**

Достоверность полученных результатов и положений диссертационной работы обеспечиваются качественным сопоставлением полученных результатов с имеющимися современными теоретическими и экспериментальными данными.

#### **Научная новизна диссертации.**

1. Предложена и исследована новая методика интерактивного «визуального» проектирования реактивных цепей в сосредоточенном, распределенном и смешанном элементном базисах для широкополосного согласования комплексных импедансов генератора и нагрузки.

2. На этой основе впервые предложена и реализована интерактивная «визуальная» процедура проектирования реактивных цепей (в том числе межкаскадных СЦ усилителей) по заданным на фиксированных частотах (произвольным) ОДЗ входного и выходного иммитансов.

3. Предложена, реализована и исследована комбинированная процедура интерактивного и автоматического оптимизационного поиска при «визуальном» проектировании двухполюсных КЦ и реактивных четырехполюсных СЦ на сосредоточенных и распределенных элементах, в том числе при комплексных нагрузках СЦ и при задании требований ко входному и (или) выходному иммитансам цепей в виде ОДЗ.

4. Впервые предложена интерактивная методика, позволяющая на основе единого «визуального» подхода осуществить проектирование многокаскадных малошумящих, линейных СВЧ транзисторных усилителей с двухполюсными КЦ и реактивными четырехполюсными СЦ по комплексу требований к характеристикам.

#### **Практическая значимость** заключается в следующем:

1. Разработанная комбинированная процедура интерактивного и автоматического оптимизационного поиска при «визуальном» проектировании КЦ и СЦ ускоряет и упрощает поиск решения, способствует нахождению глобального оптимума, снижает требования к квалификации разработчика.

2. Разработанная интерактивная методика «визуального» проектирования реактивных четырехполюсных СЦ, согласующих

комплексные импедансы генератора и нагрузки в широкой полосе частот, является простой и наглядной, позволяет контролировать структуру и параметры элементов СЦ, обеспечивает получение нескольких различных решений.

3. Разработанная методика синтеза реактивных четырехполосных цепей по ОДЗ входного и выходного иммитансов позволяет применить «визуальный» подход к проектированию многокаскадных СВЧ транзисторных усилителей с реактивными межкаскадными СЦ. Это дает возможность проектирования многокаскадных СВЧ усилителей только «визуальными» средствами, упрощает процесс их разработки и сокращает число требуемых программных продуктов.

4. Разработанная новая версия программы Locus обеспечивает решение задачи синтеза двухполосных КЦ и реактивных четырехполосных СЦ на сосредоточенных и распределенных элементах по произвольным ОДЗ входного и (или) выходного иммитансов в заданном диапазоне частот с помощью интерактивной или комбинированной процедуры интерактивного «визуального» и автоматического оптимизационного поиска параметров цепи. Это дает возможность синтезировать КЦ и СЦ, входящие в состав СВЧ РЭУ, по совокупности требований к характеристикам РЭУ.

5. С использованием результатов диссертации и созданного программного продукта на базе монолитной и печатной технологий спроектированы и экспериментально исследованы СВЧ маломощные транзисторные усилители, характеристики которых находятся на уровне лучших зарубежных и отечественных разработок.

6. С участием автора разработана специализированная программная платформа Indesys, предназначенная для разработки программ синтеза, автоматизации измерений и построения моделей элементов.

**Ценность научных работ** заключается в разработке и развития методов, алгоритмов и программного обеспечения для автоматизации проектирования широкополосных сосредоточенных и распределенных КЦ и СЦ, входящих в состав СВЧ радиоэлектронных устройств на основе интерактивного «визуального» подхода; проектирования на этой базе СЦ для СВЧ транзисторных усилителей.

**Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором.**

1. **Самуилов А.А., Абрамов А.О., Песков М.А., Бабак Л.И.** Аппроксимации многомерными полиномами на примере моделирования СВЧ-элементов // Сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Технологии Microsoft в теории и практике программирования». – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – с. 174-175.

2. **Абрамов А.О., Добуш И.М., Песков М.А., Самуилов А.А., Бабак Л.И.** Программа Indesys-MB для построения моделей элементов СВЧ монолитных интегральных схем на основе многомерных полиномов // Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции

студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР-2010» – Томск: В-Спектр, 2010. – Ч. –С. 179-182.

3. **Самуилов А.А., Абрамов А.О., Песков М.А.** Построение моделей элементов с помощью аппроксимации многомерными полиномами // Материалы XLVIII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: Информационные технологии / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2010. – С. 187.

4. **А.О. Абрамов, И.М. Добуш, М.А. Песков, А.А. Самуилов, Л.И. Бабак,** Программа INDESYS-MB для построения моделей элементов СВЧ монолитных интегральных схем на основе многомерных полиномов, Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Современные проблемы радиоэлектроники» – Красноярск: Из-во СФУ. – 2010. – С. 315-319.

5. **А.О. Абрамов, Л.И. Бабак, И.М. Добуш, С.Ю. Дорофеев, М.А. Песков, А.А. Самуилов,** Программа INDESYS-MB для построения моделей элементов СВЧ монолитных интегральных схем на основе многомерных полиномов // Доклады ТУСУР. – Издательство ТУСУРа. – 2010 2 (22) – С. 89-92.

6. **Л.И. Бабак, С.Ю. Дорофеев, М.А. Песков, М.В. Черкашин, Ф.И. Шерман, А.О. Абрамов, А.А. Самуилов,** Разработка интеллектуальной системы автоматизированного проектирования СВЧ-устройств INDESYS // Доклады ТУСУР. – Издательство ТУСУРа. – 2010 2 (22) – С. 93-96.

7. **Степачева А.В., Добуш И.М., Самуилов А.А.** Программа для автоматизации процесса измерений параметров рассеяния СВЧ полевого транзистора и исключения паразитных влияний контактных площадок // Сб. докладов всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР-2011» (4-6 мая 2011г.) – Томск: В-Спектр, 2011. – Ч. 4. – С.48-51.

8. **Добуш И.М., Степачева А.В., Сальников А.С., Коколов А.А., Самуилов А.А., Бабак Л.И.** Программы для автоматизации измерений, деэмбеддинга и построения линейных моделей СВЧ полевых транзисторов // 21-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2010). Севастополь, 12-16 сентября 2011 г.: Материалы конф. в 2 т. – Севастополь: Вебер, 2011. – Т.1. – С. 214-215.

9. **Самуилов А.А.** Программа «визуального» проектирования корректирующих и согласующих цепей LOCUS на базе среды Indesys // Доклады ТУСУР.–2012.– № 2 (26), часть 2. – С.119–126. (ISSN 1818-0442).

10. **Добуш И.М., Самуилов А.А., Калентьев А.А., Горяинов А.Е., Бабак Л.И.** «Визуальное» проектирование монолитного маломощного усилителя диапазона 2-18 ГГц // 23-я Международная Крымская

конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2013). Севастополь, 9-13 сентября 2013 г.: Материалы конф. в 2 т. – Севастополь: Вебер, 2013. – Т. 2. – С. 151-152. ISBN 978-966-335-374-6.

11. **Samuilov A.A., Babak L.I.** Locus Software for «Visual» Design of Correcting and Matching Networks, based on Indesys Environment// Innovations in Information and Communication Science and Technology ICST, 2012. – P. 183-189.

12. **Самуилов А.А., Черкашин М.В., Бабак Л.И.** Методика «визуального» проектирования цепей для согласования двух комплексных нагрузок// 23-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2013). Севастополь, 9-13 сентября 2013 г.: Материалы конф. в 2 т. – Севастополь: Вебер, 2013. – Т. 2. – С. 153-154. ISBN 978-966-335-374-6.

13. **Самуилов А.А. Черкашин М.В., Бабак Л.И.** Методика «визуального» проектирования цепей на сосредоточенных элементах для широкополосного согласования двух комплексных нагрузок. // сборник докладов ТУСУР, № 2 (28); издательство ТУСУР. – 2013. – С. 30-39.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Представленная диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование на актуальную тему, в работе решена научная проблема, имеющая важное теоретическое и практическое значение.

2. Диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Материалы диссертации изложены в публикациях автора и соответствуют специальности.

Диссертация «Автоматизированное проектирование широкополосных согласующих и корректирующих цепей СВЧ устройств на основе интерактивного «визуального» подхода Самуилова Александра Андреевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Заключение принято на заседании межкафедрального научно-технического семинара кафедры КСУП и СВЧКР.

Присутствовало на заседании 14 чел. Результаты голосования: «за» - 14 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 5 от «3» июля 2014 г.

Председатель научно-технического семинара,  
к.т.н, доцент каф. КСУП

  
М.В. Черкашин

Ученый секретарь семинара,  
к.т.н, ст. науч. сотрудник ЛИКС ТУСУР

  
И.М. Добуш