



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по НРиИ ТУСУР,

канд. техн. наук, доцент

 А.Г. Лоцилов

« 05 » 07 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Реализация цифровых методов в многопозиционных станциях с фазированными антенными решетками и совмещенными каналами радиолокации и связи» выполнена в ТУСУРе на кафедрах конструирования и деталей радиоэлектронной аппаратуры (КУДР) и компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП).

Соискатель Светличный Юрий Алексеевич являлся аспирантом ТУСУРа.

Научный руководитель – Малютин Николай Дмитриевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры КУДР, директор НИИ Систем электрической связи ТУСУР.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Светличного Ю.А. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач, имеющих важное значение для технических наук, а именно – разработка усовершенствованной технологии устройства ЦОС многоканальной ЦФАР с цифровым диаграммообразованием (ЦДО) в приемном и передающем каналах на базе распределенного по полотну антенной решетки вычислительного устройства с оптическими цифровыми каналами, возможностью работы в многопозиционном режиме с синхронизацией и передачей данных беспроводным способом.

Личное участие автора в получении результатов

Диссертация является итогом исследований автора, проводившихся совместно с сотрудниками ТУСУРа. Основные результаты исследований, сформулированные в положениях, выносимых на защиту, и составляющие научную новизну работы были получены лично автором. Теоретические и экспериментальные результаты, представленные в диссертации, получены автором при непосредственном его участии в качестве главного конструктора разрабатываемых технических предложений: выполнены расчеты, реализованы схмотехнические решения и алгоритмы, проведены эксперименты с применением макетов и опытных образцов. Текст диссертации составлен лично.

Вклад автора состоит в разработке основополагающих вариантов конструкции, синтеза схем устройств ЦОС ЦФАР, в предложении технических решений ЦФАР, необходимых для обеспечения работы в режиме многопозиционных систем, выполнен расчет и обоснование применения методов синхронизации и передачи данных в антенных системах с ЦФАР между разнесенными позициями. Автором выполнен анализ путей дальнейшего совершенствования технологии путем более широкого применения устройств радиофотоники, многофункциональной микроэлектроники (систем-на-кристалле), программно-определяемых радиосистем (раздел 2).

В разделе 3 приведены проверки предложенных технических решений, методики экспериментов, в которых Светличный Ю.А. принял непосредственное участие. В части синтеза оптимальных по заданным критериям качества конструкций ЦФАР на практике была подтверждена возможность использования метода экспертной оценки для выбора наилучших технических решений из рассматриваемых реализаций. На основе синтезированных структурной и функциональной схем устройства ЦОС многоканальной ЦФАР доработаны и проверены типовые конструкции ЦФАР с распределенным устройством ЦОС для различных частотных диапазонов. Решены задачи уплотнения оптических каналов, реализован режим синхронизации и передачи данных МРЛС беспроводным способом, определены пути дальнейшего совершенствования ЦФАР в направлении новых методов

обработки сигналов на основе радиофотоники, мультипроцессорных СНК с интегрированными РЧ-модулями.

Совместно с научным руководителем обсуждались научные положения, выносимые на защиту.

Степень достоверности результатов работы

Достоверность результатов работы обеспечивается корректным использованием математического аппарата, согласованностью полученных результатов с опубликованными изысканиями других авторов. Предложенные математические и аналитические выкладки согласуются с практической реализацией и подтверждены результатами выполненных экспериментов.

Представленные материалы диссертационной работы докладывались на трех Российских и двух международных научно-технических конференциях.

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Светличного Юрия Алексеевича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач, имеющих важное значение для технических наук, а именно:

- предложение новой методики синтеза оптимальных по заданным критериям качества конструкций ЦФАР на основе метода экспертных оценок;

- синтез усовершенствованного устройства ЦОС для многоканальной ЦФАР, распределенного по полотну антенной решетки с объединением сегментов оптическими цифровыми каналами синхронизации и передачи данных (структурная и функциональная схемы, типовая конструкция);

- разработка цифрового метода уплотнения сигналов синхронизации и передачи данных в один двунаправленный оптический канал;

- разработка цифрового метода передачи данных между сегментами многопозиционных систем по радиолокационному каналу;

- разработка цифрового метода синхронизации сегментов многопозиционных систем беспроводным способом.

- определение направлений дальнейших исследований с учетом перспективных технологий микроэлектроники, радиофотоники, цифровых программно-определяемых радиосистем.

Научная новизна диссертации

Заключается в развитии теории и методологии в новой области цифровых фазированных антенных решеток:

1. Реализована с новым качеством схема устройства синхронизации и передачи данных ЦОС ЦФАР на базе цифровых оптических линий, позволяющая обрабатывать существенно большее количество цифровых приемных и передающих каналов, распределенных по полотну антенной решетки и разнесенных на значительно большие расстояния в сравнении с ранее известными решениями.

2. Усовершенствованы методы синхронизации и передачи данных МРЛС, позволяющие увеличить дальность связи между сегментами и снять ограничение по наличию коммуникационной инфраструктуры в местах размещения при снижении стоимости поля наблюдения.

3. Реализован метод совмещения в ЦОС ЦФАР радиолокационного режима и режима передачи данных, что позволило реализовать резервный канал передачи данных, имеющий ряд преимуществ по сравнению с радиорелейной линией и спутниковым каналом связи.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в развитии теории ЦОС в области ЦФАР, являющейся основой для создания линейки многоканальных антенных систем с цифровым формированием ДН в приемном и передающем каналах с возможностью работы в многопозиционном режиме. На основе результатов диссертационной работы в ПАО «НПО «Алмаз» разработаны, модернизированы и разрабатываются в настоящее время ряд изделий с применением технологии многоканальной ЦФАР с ЦДО в приемном и передающем каналах на базе распределенного по полотну антенной решетки вычислительного устройства с оптическими цифровыми каналами,

возможностью работы в многопозиционном режиме с синхронизацией и передачей данных беспроводным способом.

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Она подтверждается публикациями и использованием полученных результатов в ОКР и НИР.

Разработанные Ю.А. Светличным цифровые методы обработки сигналов ЦФАР внедрены в ряде РЛС и многопозиционных систем для управления воздушным движением в ПАО «НПО «Алмаз» с постановкой на серийное производство (акт внедрения составлен и утвержден ПАО «НПО «Алмаз» в 2020 г.). Методы позволили реализовать на практике новую технологию построения аппаратуры цифровой обработки сигналов для линейки цифровых многоканальных ФАР следующего поколения и имеют важное значение для развития перспективного направления в области создания унифицированных многопозиционных систем, работающих в автоматическом режиме с минимальным обслуживанием.

Специальность, которой соответствует диссертация

Выполненная работа соответствует паспорту специальности 05.12.04 – «радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» (технические науки), относится к областям (пп. 5, 7, 9 паспорта специальности 05.12.04):

– исследование и разработка радиотехнических систем и устройств передачи информации, в том числе радиорелейных и телеметрических, с целью повышения их пропускной способности и помехозащищенности;

– разработка методов и устройств передачи, приема, обработки, отображения и хранения информации. Разработка перспективных информационных технологий, в том числе цифровых, а также с использованием нейронных сетей для распознавания изображений в радиотехнических устройствах;

– разработка научных и технических основ проектирования, конструирования, технологии производства, испытания и сертификации радиотехнических устройств.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором

Результаты исследований опубликованы в 10 работах: 3 статьи в журналах из перечня ВАК; 3 работы в сборниках международных конференций, 2 доклада в материалах Всероссийских научно-технических конференций, 1 отчет о НИР в качестве руководителя, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Перечень публикаций:

Статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК

1. **Светличный Ю.А.** Особенности подхода к конструированию вычислительных систем цифровых фазированных антенных решеток / Ю.А.Светличный // Успехи современной радиоэлектроники. — 2018. — №12. — С. 156-159.

2. **Светличный Ю.А.**, Дегтярев П.А. Синхронизация и передача данных в радиотехнических системах с территориально распределенными сегментами. / Ю.А.Светличный // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. — 2019. — №3 Том 23. — С. 5-9.

3. **Светличный Ю.А.** Распределение сигналов синхронизации и данных цифровой антенной решетки на базе волоконно-оптических линий / Ю.А. Светличный // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. — 2020. — №3 Том 27. — С. 6-11.

Доклады в сборниках трудов международных конференций

4. Куприц В. Ю., Лундяк Т. С., **Светличный Ю. А.**, Скоторенко И. В., Дегтярев П. А. Оценка эффективности подавления активных шумовых помех методом автокомпенсации в радиотехнических системах связи и навигации // 26-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016) Севастополь, 4-10 сентября 2016 г.: материалы конф. в 12 т., Севастополь, 2015. – Т.5: С. 540-544.

5. **Светличный Ю.А.** Техническая реализация систем ЦОС в радиотехнических комплексах с распределенными модулями на зарубежной и отечественной ЭКБ. 21-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и ее применение — DSPA 2019» — Москва, РНТОРЭС им. А.С.Попова, 2019. Сборник докладов. – Т.2: С.442-447.

6. Куприц В. Ю., Лундяк Т. С., **Светличный Ю. А.**, Скоторенко И. В., Дегтярев П. А. Оценка эффективности подавления активных шумовых помех методом автокомпенсации в радиотехнических системах связи и навигации // 26-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2016) Севастополь, 4-10 сентября 2016 г.: материалы конф. в 12 т., Севастополь, 2016. – Т.5: С. 540-544.

Доклады в сборниках трудов всероссийских конференций

7. Шеерман Ф.И., ..., **Светличный Ю.А.** Разработка универсального приемника L-, S- и C-диапазона на базе перспективных полупроводниковых технологий. Актуальные вопросы развития систем и средств воздушно-космической обороны. Сборник докладов Шестой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 80-летию со дня рождения А.А. Леманского, Москва, 2015. / общ. ред. Н.Э. Ненартович. — М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2015. С. 204 — 210.

8. **Светличный Ю.А.** Особенности подхода к конструированию вычислительных систем цифровых фазированных антенных решеток. Системы связи и радионавигации: сб. тезисов / науч. ред. В.П. Шабанов — Красноярск, АО «НПП «Радиосвязь», 2018. Сборник докладов. С 164-167.

Другие публикации

9. Научно-технический отчет по итогам выполнения НИР «Кристалл» / рук. Светличный Ю.А. / ООО «ЛЭМЗ-Т». – 2019. – 204 С.

Свидетельство на программы для ЭВМ:

10. Глазов Г.Н., Ровкин М.Е., **Светличный Ю.А.** Свидетельство №2019617821 Программа расчета характеристик линейных и плоских ФАР. Заявка 2019616709 от 94.06.2019, рег. 20.06.2019.

ПОСТАНОВИЛИ: Диссертация Светличного Юрия Алексеевича «Реализация цифровых методов в многопозиционных станциях с фазированными антенными решетками и совмещенными каналами радиолокации и связи» рекомендуется к защите в диссертационном совете Д 212.268.01 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Заключение принято на объединенном семинаре кафедр телевидения и управления (ТУ), конструирования и деталей радиоэлектронной аппаратуры (КУДР) и компьютерных систем в управлении и проектировании (КСУП).

Присутствовало на заседании 14 чел. Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» нет, «воздержалось» нет, протокол № 19 от 30 июня 2020 г.

Председатель НТС, д.т.н., зав. кафедрой ТУ  Газизов Т.Р.

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