

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый заместитель директора  
Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО  
«Владимирский государственный университет

имени Александра Григорьевича  
и Николая Григорьевича Столетовых»  
д.т.н., профессор А. Л. Жизняков



(подпись)

« 7 » апреля 2018 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### **Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**

Диссертационная работа Якименко Кирилла Александровича «Гибридные синтезаторы частот с низким уровнем фазовых шумов» выполнена в Муромском институте (филиале) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

В настоящее время соискатель Якименко Кирилл Александрович обучается в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

В 2014 году с отличием закончил Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» по специальности «Радиотехника».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов по иностранному языку, истории и философии науки, специальной дисциплине выдана в 2018 году.

Научный руководитель – Ромашов Владимир Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехники Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

в **диссертационной работе** изложены результаты разработки гибридных синтезаторов частот с низким уровнем фазовых шумов. Поставлены и решены следующие задачи:

1. Разработаны и экспериментально подтверждены математические модели спектральной плотности мощности фазовых шумов гибридных синтезаторов на основе ФАПЧ и цифровых вычислительных синтезаторов, с их помощью исследованы возможности снижения уровня фазовых шумов гибридных синтезаторов;

2. Предложены схемы гибридных синтезаторов частот на основе ФАПЧ и цифровых вычислительных синтезаторов с пониженным уровнем фазовых шумов.

3. Разработаны и экспериментально подтверждены математические модели спектральной плотности мощности фазовых шумов гибридных синтезаторов с пониженным уровнем фазовых шумов.

4. Разработаны алгоритмы частотного планирования предложенных гибридных синтезаторов, обеспечивающие выбор параметров синтезаторов для достижения наименьшего уровня фазовых шумов выходного сигнала. На основе предложенных алгоритмов автоматизировано проектирование гибридных синтезаторов частот, моделирование, сравнение и исследование их шумовых характеристик.

**Личный вклад автора.** Якименко К.А. на основе проведенного исследования сформулированы цель и задачи диссертационной работы, осуществлена разработка и исследование математических моделей шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот, разработаны новые схемы гибридных синтезаторов с пониженным уровнем фазовых шумов, произведено теоретическое обоснование научных результатов, представленных в диссертации и опубликованных работах.

**Научная новизна** результатов, полученных Якименко К.А., заключается в следующем:

– разработаны и экспериментально подтверждены математические модели спектральной плотности мощности фазовых шумов гибридных синтезаторов частот на основе ФАПЧ и цифровых вычислительных синтезаторов, отличающиеся тем, что в них учитываются шумовые характеристики цифровых вычислительных синтезаторов;

– впервые предложено использовать копии спектра основной частоты цифрового вычислительного синтезатора в гибридных синтезаторах частот с

целью снижения уровня фазовых шумов, и разработаны структурные схемы таких гибридных синтезаторов;

- впервые разработаны и экспериментально подтверждены математические модели спектральной плотности мощности фазовых шумов гибридных синтезаторов, использующих копии спектра основной частоты цифрового вычислительного синтезатора;

- разработаны алгоритмы частотного планирования предлагаемых гибридных синтезаторов, позволяющие определять комбинации параметров данных синтезаторов для формирования заданных выходных частот и производить выбор тех параметров, которые обеспечивают наименьший уровень фазовых шумов выходного сигнала.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в следующем:

- разработанные и экспериментально подтвержденные математические модели спектральной плотности мощности фазовых шумов гибридных синтезаторов позволяют на стадии проектирования провести оценку шумовых характеристик разрабатываемых устройств;

- предложенная схема гетеродина на основе гибридного синтезатора, использующего копии спектра основной частоты цифрового вычислительного синтезатора, обеспечивает малый шаг перестройки частоты (доли Гц), широкий диапазон выходных частот (до 10 октав) и низкий уровень фазовых шумов (выигрыш до 18 дБ перед малошумящими гетеродинами современных анализаторов спектра);

- предложенные алгоритмы и модели шумовых характеристик использованы при разработке программного комплекса, позволяющего провести частотное планирование гибридных синтезаторов частот на основе ФАПЧ и цифровых вычислительных синтезаторов, моделирование, сравнение и исследование их шумовых характеристик.

**Результаты исследований внедрены и реализованы:**

1. В исследования по НИОКР при разработке формирователей сигналов радиосистем на АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов» (концерн ВКО «Алмаз-Антей»);

2. В учебном процессе кафедры радиотехники Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» при проведении занятий по курсу «Цифровые синтезаторы частот».

3. Использованы при выполнении гранта администрации Владимирской области (2015 г.) и гранта РФФИ №16-37-00299 мол\_а (2016-2017 гг.), в которых Якименко К.А. является руководителем.

Опубликованные научные работы полностью отражают основное содержание диссертационного исследования. По тематике диссертации опубликовано 30 работ, из них 6 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ; 4 статьи в рецензируемых научных журналах; 3 публикации в сборниках трудов, индексируемых Scopus; 14 тезисов докладов на Международных и Всероссийских научно-практических конференциях. Получен патент на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

По окончании выступления и ответов на вопросы по теме диссертации состоялось общее обсуждение, в результате которого принято решение рекомендовать диссертационную работу Якименко Кирилла Александровича «Гибридные синтезаторы частот с низким уровнем фазовых шумов» к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение принято на заседании объединенного научного семинара кафедр радиотехники и управления и контроля в технических системах Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» от 7 февраля 2018 года. Присутствовало на заседании 23 человека. Результаты голосования: «за» - 23 человека, «против» - 0 человек, «воздержалось» - 0 человек.

Заведующий кафедрой радиотехники,  
д-р технических наук, профессор

В. В. Ромашов

Подпись д. т. н., профессора В. В. Ромашова удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого Совета Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»



О. Н. Полулях