

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования

«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ (филиал)

ул. Калинина, д. 19, г. Арзамас, Нижегородская
обл., 607227 Телефон (83147) 7-05-15.

Телефон 7-04-90

ИНН 5260001439, КПП 524302001, ОГРН 1025203034537

E-mail: apingtu@apingtu.edu.ru

www.apingtu.edu.ru

Дата 03.03.2018 № 311

На № _____ от _____

Отзыв официального оппонента по
диссертации

Ученому секретарю
дис. совета Д 212.025.04
в ФГБОУ ВО «Владимирский
государственный университет имени А.Г. и
Н.Г. Столетовых»
д.т.н. Самойлову А.Г.
600000, г. Владимир, ул. Горького,
д.87, корп.3, каф.РТ и РС

ОТЗЫВ

по диссертации Якименко Кирилла Александровича «Гибридные синтезаторы
с низким уровнем фазовых шумов », представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе
системы и устройства телевидения

Актуальность темы исследования. Синтезаторы частот широко используются для формирования сигналов в современных радиосистемах, однако классические методы синтеза частот не всегда позволяют удовлетворить противоречивым требованиям к качеству сигналов. Диссертационная работа Якименко К.А. посвящена вопросам снижения уровня фазовых шумов гибридных синтезаторов частот, построенных на основе систем фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС). Такие синтезаторы при высоком частотном разрешении могут работать в широком диапазоне выходных частот, поэтому тема исследования выбранная Якименко К.А., безусловно, является актуальной. Для снижения уровня фазовых шумов гибридных синтезаторов частот автор предлагает использовать в гибридных синтезаторах образы основной частоты ЦВС (дискретные копии спектра выходного сигнала ЦВС).

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами по каждой главе, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы в объеме 145 источников и приложения. Объем диссертации составляет 158 страниц, оформление текста, таблиц, графиков и рисунков соответствует требованиям стандартов.

Во введении дана общая характеристика работы. Обоснована актуальность выбранной темы. Сформулированы цель и задачи работы. Представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, перечислены положения, выносимые на защиту, сформулированы основные результаты работы.

Первая глава посвящена обзору современного состояния построения устройств синтеза частот, а также вопросам моделирования их шумовых характеристик.

Проанализированы основные параметры современных синтезаторов, построенных на основе прямого аналогового, прямого цифрового и косвенного методов синтеза частот, выявлены их достоинства и недостатки.

Приведен обзор наиболее распространенных схем гибридных синтезаторов частот (ГСЧ). Рассмотрена методика математического моделирования спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых шумов синтезаторов частот.

Поставлены цель и задачи диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена вопросам математического моделирования шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот.

На основе представленных в первой главе структурных схем были разработаны эквивалентные схемы гибридных синтезаторов с источниками фазовых шумов. На основе данных схем были разработаны математические модели для расчета СПМ фазовых шумов. Полученные модели использованы для исследования и сравнения шумовых характеристик 3-х вариантов гибридных синтезаторов.

Для проверки полученных теоретически шумовых характеристик ГСЧ автором разработан экспериментальный стенд на микросхемах AD9910 и ADF4113HV. Показано, что результаты экспериментальных исследований шумовых характеристик с точностью до (1-4)дБ совпадают с результатами математического моделирования.

В третьей главе исследуются вопросы применения образов основной частоты ЦВС в гибридных синтезаторах частот с целью снижения уровня фазовых шумов выходных сигналов.

Сигналы образов основной частоты ЦВС, выделенные полосовым фильтром из спектра выходного сигнала, имеют значительно более высокую частоту, чем сигнал основной частоты. За счет повышения выходной частоты ЦВС увеличивается номинал смешиваемой частоты сигнала на смесителе, что позволяет уменьшить коэффициент деления в цепи обратной связи ФАПЧ и получить выигрыш по уровню фазовых шумов.

Автором разработана схема ГСЧ с применением образов основной частоты ЦВС, защищенная патентом на полезную модель. Разработаны алгоритмы частотного планирования данного гибридного синтезатора и математическая модель его шумовых характеристик.

Предложенный новый гибридный синтезатор реализован экспериментально на современных микросхемах, исследование его шумовых характеристик подтвердило разработанную математическую модель и показало, что данный синтезатор действительно имеет выигрыш (до 25 дБ) по уровню шумов по сравнению с другими гибридными синтезаторами.

В четвертой главе представлен программный комплекс для структурного проектирования исследованных ранее вариантов гибридных синтезаторов частот на основе ФАПЧ и ЦВС с моделированием их шумовых характеристик.

Программный комплекс был разработан на языке Matlab, к его достоинствам относится то, что в нем используется алгоритм определения параметров гибридных синтезаторов, при которых обеспечивается наименьший уровень фазовых шумов.

На основе схемы гибридного синтезатора, использующего образы основной частоты ЦВС, был разработан широкополосный гетеродин для современных радиосистем. Проведенное сравнение его шумовых характеристик с характеристиками малошумящих гибридных синтезаторов, использующихся в качестве гетеродинов анализаторов спектра СК4-БЕЛАН, показали, что разработанный гетеродин имеет выигрыш до 18 дБ по уровню фазовых шумов.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В приложении приведены копии актов внедрения диссертации и свидетельств о регистрации программ на ЭВМ, копия патента на полезную модель ГСЧ с улучшенными спектральными характеристиками.

Достоверность результатов работы обеспечивается применением апробированной методики математического моделирования шумовых характеристик синтезаторов частот, результатами проведенных автором экспериментов.

Внедрение результатов работы. Результаты диссертационной работы Якименко К.А. внедрены в исследования по НИОКР при разработке формирователей сигналов радиосистем, разрабатываемых АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов» (концерн ВКО «Алмаз-Антей»); внедрены в учебный процесс кафедры радиотехники Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»; использованы при выполнении грантов РФФИ и администрации Владимирской области, руководителем которых являлся соискатель.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы. В нем обоснована актуальность темы исследования, поставлена цель и задачи, сформулирована научная новизна и положения, выносимые на защиту, приведено краткое содержание глав диссертации и основные выводы, представлен перечень опубликованных работ и информация об апробации результатов работы.

Опубликование основных результатов диссертации. Результаты исследований, полученные в диссертационной работе, опубликованы автором в 6-ти статьях в научных журналах из перечня ВАК РФ; 4-х статьях в рецензируемых научных журналах; 3-х публикациях в сборниках трудов, индексируемых Scopus; 14-ти тезисах докладов на Всероссийских и международных научно-практических конференциях. Автором получен патент на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Особенность диссертационного исследования Якименко К.А. состоит в его как теоретической, так и практической направленности. Диссертантом широко использованы современные методы моделирования, а основные научные результаты, полученные в диссертационной работе, подтверждены экспериментами.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в том, что разработанные математические модели СПМ фазовых шумов ГСЧ позволяют проводить моделирование и исследование их шумовых характеристик при различных значениях выходных частот. Теоретически обоснован и подтвержден экспериментально предложенный автором вариант снижения уровня фазовых шумов ГСЧ за счет использования образов основной частоты ЦВС. Для предложенного гибридного синтезатора, использующего образы основной частоты ЦВС, была разработана и экспериментально подтверждена математическая модель СПМ фазовых шумов, разработаны алгоритмы частотного планирования, позволяющие определить частотные соотношения в структуре ГСЧ, при которых обеспечивается наименьший уровень фазовых шумов.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные математические модели СПМ шумов и алгоритмы частотного планирования гибридных синтезаторов были использованы автором при реализации программного комплекса, который позволяет производить структурное проектирование гибридных синтезаторов на основе заданных входных и выходных частот, расчет петлевых фильтров нижних частот, моделирование шумовых характеристик и сравнение различных вариантов ГСЧ с последующим выбором наилучшего по уровню фазовых шумов.

Практическую ценность имеет разработанный в диссертации гетеродин с широким диапазоном выходных частот (до 10 октав), высоким частотным разрешением (шаг составляет доли Гц) и низким уровнем фазовых шумов. Результаты моделирования его шумовых характеристик показывают, что предложенный гетеродин имеет выигрыш по уровню фазовых шумов (до 10-18 дБ) перед малозумящими гетеродинами современных анализаторов спектра СК4-БЕЛАН.

Замечания по диссертации:

1. Диссертантом в первой главе слишком подробно описаны свойства и параметры основных методов синтеза частот, как в учебном пособии, что привело к затянутости обоснования актуальности темы исследования.

2. Для систем прямого метода синтеза актуальным параметром является уровень ПСС, а для систем косвенного – быстродействие, однако для разработанных ГСЧ численных оценок обоих параметров не приведено, хотя их важность отмечается на с.66 и с.125 соответственно.

3. В «Заключении» (с.133) приведено 9 выводов, что для соискателя на степень к.т.н. многовато, без ущерба для содержания за счет объединения число выводов можно сократить до 4-5.

4. Затрудняет понимание текста наличие сложных аббревиатур, причем в нижних индексах, например $S_{ГСЧ ЦВС ПА}$, что можно было упростить, написав $S_{ВЫХ}$. Чтение текста диссертации затрудняется присутствием стилистических ошибок:

- на схеме «...приведен шум» (с.47,с.53);

- «для формирования сигнала...с диапазоном частот» (с.110,с.80);

а также наличием описок:

- ссылка на несуществующий рис.1.15 (с.41);

- в формуле 2.1 неучтен знак «-» у предпоследнего преобразователя на рис.2.1 (с.47);

- не пояснен коэффициент d в формуле 3.22 (с.101).

Указанные замечания не снижают положительного впечатления о диссертационном исследовании. В целом диссертация и автореферат написаны ясным научным языком, оформлены в соответствии с правилами оформления диссертационных работ, имеют минимальное количество ошибок и описок.

Заключение.

Диссертация Якименко К.А. является законченной научно-квалификационной работой, имеющей существенную теоретическую и практическую значимость. Все основные результаты диссертации опубликованы в статьях, уровень которых соответствует требованиям ВАК, и в достаточной степени апробированы на международных и Всероссийских конференциях.

В соответствии с вышеизложенным считаю, что диссертационная работа «Гибридные синтезаторы частот с низким уровнем фазовых шумов» полностью отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Якименко Кирилл Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Отзыв составил:

Зав. кафедрой «Конструирование и технология РЭС»
Арзамасского политехнического института (филиала)
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
профессор, доктор технических наук по спец.
05.12.04 – «Радиотехника, в том числе
системы и устройства телевидения»

Н.П. Ямпурин

26 апр 2018г.

Подпись Ямпурин Н.П. заверяю:

Зам.директора АПИ НГТУ по научно-технической работе
и инновационной политике

к.т.н., профессор



Пучков В.П.