

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 Телефакс (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 19.12.2016 № 1314
На № _____ от _____

Ученому секретарю
дис. совета Д 219.025.04
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

Отзыв официального оппонента по
диссертации

ОТЗЫВ

по диссертации Суржика Дмитрия Игоревича «Цифровые вычислительные синтезаторы с автоматической компенсацией фазовых искажений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы исследования. Диссертационная работа Суржика Д.И. посвящена решению задачи улучшения спектральных характеристик цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС), что обусловлено наличием шумов и дискретных паразитных спектральных составляющих (ПСС), имеющих значительный уровень.

Для решения поставленной задачи автор применяет и развивает подход автоматической компенсации фазовых искажений (АКФИ) выходного сигнала ЦВС, который был предложен во второй половине 20-го века и связан с работами муромской школы синтеза частот (П.А. Попов, В.В. Ромашов, И.А. Курилов и др.). Применение метода АКФИ к ЦВС многоуровневых сигналов и формирователей радиосигналов на их основе предложено впервые в данной диссертационной работе.

Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы и приложения.

Во введении дается общая характеристика работы, обсуждается актуальность темы исследований, формируются цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, перечисляются основные результаты и положения, выносимые на защиту.

Первая глава носит постановочный характер.

Автором проведен обширный анализ научных источников по тематике исследования, позволивший определить основные источники искажений выходного сигнала ЦВС, оценить их влияние на спектральные характеристики и проанализировать известные способы снижения ПСС. Показано, что наибольшее влияние на спектральную чистоту синтезируемых сигналов оказывают фазовые искажения, а существующие на данный момент способы их уменьшения (фильтрация, передискретизация, рандомизация и др.) в большинстве случаев недостаточно эффективны и совсем непригодны для подавления искажений, возникающих от нескольких источников.

Показано, что перспективным методом улучшения спектральных характеристик ЦВС является использование метода АКФИ, для которого приведены структурные схемы с различными типами регулирования и их описанием.

Вторая глава посвящена разработке и исследованию ЦВС с АКФИ.

Обосновано применение метода АКФИ для снижения фазовых искажений, возникающих в ЦВС: показано, что в выходном сигнале цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) синтезатора присутствуют противофазные компоненты тактовой частоты, имеющие тот же закон паразитной фазовой модуляции, что и синтезируемая частота. Для АКФИ автором предложен алгоритм, заключающийся в дифференцировании выходного сигнала ЦВС с последующим двухполупериодным выпрямлением для выделения из спектра сигнала тактовой частоты с фазовыми искажениями ЦВС. Алгоритм проиллюстрирован временными диаграммами сигналов и схематичными представлениями их спектров. Разработано два варианта тракта формирования управляющего сигнала автокомпенсатора. Получено аналитическое выражение для описания выходного сигнала ЦАП с учетом действующих источников искажений, что позволило промоделировать прохождение сигнала через узлы автокомпенсатора.

Выявлены недостатки использования фазовращателя в качестве устройства управления задержкой автокомпенсатора и предложена его реализация на основе петли фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), что приводит к гибриднему методу синтеза частот, представляющему собой различные вариации использования ЦВС в петле ФАПЧ.

Для исследования предложенных устройств автором получены необходимые математические соотношения: дифференциальные уравнения по фазовым искажениям ЦВС и передаточные функции по возможным источникам фазовых отклонений. На их основе проведен анализ частотных и динамических свойств предложенных устройств, отражающий свойства синтезаторов с автокомпенсаторами.

Третья глава диссертационной работы посвящена исследованию шумовых характеристик ГСЧ с АКФИ цифровых вычислительных синтезаторов.

На основе эквивалентных функциональных схем, для предложенных в работе устройств при наличии всех источников действующих фазовых шумов, разработаны математические модели для расчета спектральной плотности мощности фазовых шумов, что позволило провести оценку шумового вклада звеньев ГСЧ. Показано, что именно ЦВС оказывает существенное влияние на уровень фазового шума для всех рассмотренных схем по сравнению с собственными фазовыми шумами автокомпенсатора. Автор оценил влияние частоты тактирования ЦВС на степень компенсации фазовых шумов, что особенно актуально для схемы с ЦВС в цепи обратной связи петли ФАПЧ.

Четвертая глава посвящена экспериментальной апробации результатов теоретических исследований и возможности практического применения разработанных вариантов ГСЧ.

Автор провел схемотехническое моделирование, которое интересно реализацией ЦВС с помощью специально созданных макросов, описывающих функционирование произвольного синтезатора с учетом конкретных разрядностей узлов и эффектов квантования, усечения кода фазы, воздействия дестабилизирующих факторов и нелинейности ЦАП. Проведенное моделирование выявило необходимость коррекции структурной схемы автокомпенсатора и позволило дать оценку по улучшению спектральных характеристик гибридных синтезаторов.

Сравнительный анализ результатов экспериментального исследования автокомпенсатора фазовых искажений ЦВС AD9854 с результатами математического и схемотехнического моделирования свидетельствует о достоверности предложенного в работе алгоритма и эффективности схем гибридных синтезаторов частот с АКФИ.

Автором осуществлено проектирование системы формирования сигналов с заданными техническими требованиями на основе ГСЧ с АКФИ. Приведенные

результаты сравнительного анализа основных технических параметров современных микросхем ГСЧ наглядно иллюстрируют достоинства предложенного устройства.

В заключении приведены основные результаты диссертационного исследования.

Особенность диссертационного исследования Суржика Д.И. 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.

Достоверность исследований обеспечивается анализом состояния работ в данной области, согласованностью теоретических выводов с результатами моделирования и экспериментальной проверки, применением апробированных аналитических и численных методов решения рассматриваемых задач.

Теоретические и прикладные результаты диссертационной работы Суржика Д.И. **внедрены** в НИОКР на АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов», в учебном процессе кафедры радиотехники Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и В.Г. Столетовых», использованы при выполнении гранта РФФИ.

Автореферат полностью соответствует диссертации, отражает все ее разделы. В нем обоснована актуальность темы исследования, поставлены задачи, дана научная новизна, приведены краткое описание глав и выводы, представлен перечень опубликованных работ автора, приведены результаты апробации диссертации.

Основные положения диссертации в достаточной мере **апробированы** на различных научно-практических конференциях, включая международные, публиковались в рецензируемых журналах, проходили экспертизу при патентовании. Основные результаты работы **опубликованы** автором в 12 статьях (шесть статей в журналах перечня ВАК, три статьи в международной реферативной базе Scopus) и девять- в тезисах докладов. Диссертант имеет два патента на полезные модели и два свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что автор впервые использовал метод АКФИ применительно к ЦВС, для чего он разработал алгоритм выделения фазовых искажений и предложил соответствующие структурные схемы ГСЧ для его реализации. Полученные в работе математические соотношения и модели позволили теоретически исследовать основные свойства предложенных устройств.

Практическая значимость работы заключается в том, что в ней предложены, реализованы и апробированы на уровне моделей структурные схемы ГСЧ с АКФИ ЦВС в петле ФАПЧ, а также разработан формирователь сигналов на их основе, позволяющий уменьшить уровень ПСС и фазового шума сигнала до 13 дБ. Разработанные математические модели и программные средства позволяют на стадии проектирования с низкой погрешностью оценивать и исследовать основные параметры и характеристики данных устройств (частотные, динамические, шумовые).

Таким образом, Суржигом Д.И. выполнено ценное научное исследование, обладающее теоретической и практической значимостью, в котором на основе исследований автора, опубликованных в научных статьях, патентах, программах для ЭВМ, тезисах и материалах конференций представлены новые научно обоснованные технические решения. При этом автор показал себя высококвалифицированным исследователем в области спектрального анализа, автоматического управления, методов компьютерного моделирования, а также в области экспериментальных исследований с использованием современных измерительных приборов и элементной базы.

Диссертация Суржика Д.И. не лишена **недостатков**:

1. На рис.1.4.4(стр. 33) представлена структурная схема автокомпенсатора фазовых искажений с регулированием назад «и фазовым детектированием», что наводит

на мысль о том, что возможны схемы автокомпенсаторов с другими типами детекторов, однако в диссертационной работе они не исследованы.

2. Не очень удачно начало заголовка 4-й главы: “Практическое применение ...”, поскольку в главе речь идет в основном об экспериментальных исследованиях, а не о применениях. В главе рассмотрены вопросы разработки устройства АКФИ для синтезатора с тактовой частотой 30 МГц, однако практический интерес представляет его работа в широком диапазоне частот, например, при тактовых частотах до 1 ГГц.

3. Затрудняет чтение текста диссертации наличие специфических сокращений и аббревиатур, очевидно, их лучше оформить отдельным списком.

Встречаются стилистические неточности и инженерный сленг: “густая сетка” (с.60); “замена нелинейных характеристик ...соответствующими крутизнами” (с.61).

Указанные замечания не снижают благоприятного впечатления о диссертационном исследовании Суржика Д.И., которое выполнено на высоком уровне, написано понятным языком и соответствует уровню кандидатской диссертации.

Анализ диссертации и автореферата Суржика Дмитрия Игоревича на тему «Цифровые вычислительные синтезаторы с автоматической компенсацией фазовых искажений», а также научных работ, патентов и программ для ЭВМ автора позволяет сделать заключение, что диссертационная работа полностью отвечает требованиям «Положения ВАК РФ», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Суржик Д.И. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Отзыв составил:

Зав. каф. «Конструирование и технология РЭС»
Арзамасского политехнического института (филиал)
ФГБОУ ВПО «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»

Ямпурин Н.П.

607227, Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, 19;

Арзамасский политехнический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»;

Кафедра «Конструирование и технология радиоэлектронных средств»;

E-mail: kitres@apingtu.edu.ru;

тел. раб. 8-(831-47)-7-41-20.

Подпись Ямпурин Н.П. заверяю:

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

к.т.н., профессор



Пучков В.П.