



Утверждаю

Заместитель генерального директора
по научно-техническому развитию
АО «Концерн «Созвездие»

 Р.А. Быстрых
« 25 » сентября 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации АО «Концерн «Созвездие»
на диссертационную работу Никитина Юрий Александровича
«Теория и применение цифроаналоговых синтезаторов частоты радиоэлектронных систем», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.13 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

1. Актуальность темы исследования

Необходимость увеличения плотности информационных сигналов и их перенос в более высокочастотные области спектра заставляет применять новые, более сложные способы кодирования информации, что предъявляет более жесткие требования к колебаниям синтезаторов частоты – к формирующим трактам мощных радиопередающих устройств (к возбудителям передатчиков), и к гетеродинным трактам радиоприемных устройств – прежде всего, к гетеродинам измерительных радиоприемников и анализаторов спектра; ужесточаются требования к точности установки частоты на выходе синтезаторов, к уменьшению времени переключения при смене формируемых частот, к преемственности фазы при смене выходных частот, к минимизации помеховых составляющих колебаний – шумовых и дискретных, формируемых на их выходе.

В этой связи особого внимания требует решение научной проблемы повышения эффективности работы синтезаторов частоты – а именно необходим анализ современного состояния теории и техники синтеза частот, нахождение связующего общего, объединяющего на данном этапе развития отдельные направления рассматриваемого раздела радиотехники и, на основе новых знаний, создание единой теории цифроаналогового синтеза частот.

Указанные обстоятельства позволяют констатировать актуальность выбранной темы диссертационной работы Ю.А. Никитина и решаемой в ней научной проблемы.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Новизна исследования диссертационной работы заключается в том, что соискателем предложен новый подход к решению указанной научной проблемы в виде систематизации и обобщения известных направлений теории и техники синтеза частот на основе теории синтезаторных конечных автоматов (СКА), массовое использование которых в технике синтеза частот оказывает существенное влияние как на построение структур современных цифроаналоговых синтезаторов частоты, так и на качественные параметры колебаний, формируемых на их выходах. Полученные результаты исследования оформлены в виде новой научной теории – теории цифроаналогового синтеза частот на основе конечных автоматов.

Отличительной особенностью предложенного автором подхода, в отличие от известных методов классификации и описания синтезаторов частоты радиоэлектронных систем различного назначения является то, что автором разработаны новые математические модели, которые позволяют получить полное представление о СКА во временной области и доказана оптимальность СКА в смысле минимальной временной ошибки формируемого колебания, модуль которой не превышает половины периода тактового колебания СКА и является минимально возможной величиной для класса чисто цифровых устройств.

К наиболее важным научным результатам, полученным автором в диссертационной работе, имеющих важное значение для развития современной теории цифроаналогового синтеза частот являются:

1. Создание теории оптимального конечного автомата – СКА на основе метода формирования квазиравномерной последовательности (КРП) импульсов требуемой частоты.
2. Развитие метода сложнопериодической решетчатой функции (СРФ) для анализа и расчета спектров периодических колебаний при когерентных преобразованиях частоты с помощью СКА.
3. Развитие метода модифицированного конечного автомата (МКА), т.е. СКА, дополненного цифроаналоговыми узлами для минимизации ошибки воспроизведения огибающей синтезируемого колебания относительно идеального колебания требуемой формы и частоты.
4. Развитие теории линейного динамического управления временным положением импульсов в наносекундном диапазоне.
5. Предложение метода алгоритмической, чисто цифровой, компенсации помех дробности на выходе синтезаторного кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП).

Все локальные теории и методы связаны единой методологией исследований, единым математическим и понятийным аппаратом, что позволило объединить их в качественно новое целое – теорию цифроаналогового синтеза частот.

2. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Достоверность и обоснованность результатов не вызывает сомнений и является следствием корректного применения методов теории чисел и спектрального анализа, математического, структурного и схмотехнического моделирования, а также натурных экспериментов.

Полученные результаты не противоречат, но детализируют, дополняют и развивают выводы отечественных и зарубежных ученых, опубликованных в ведущих научно-технических журналах и монографиях, а также подтверждаются широким обсуждением результатов диссертации на международных и российских конференциях.

3. Значимость для науки и практики результатов, полученных автором диссертации

Теоретическая значимость работы заключается в развитии и совершенствовании теории цифроаналогового синтеза частот с помощью СКА, а именно:

- 1) теории СКА и метода формирования КРП импульсов или точек на числовой оси с минимально возможным временным отклонением от идеально равномерной последовательности требуемой частоты – получены аналитические выражения для полного описания состояния СКА и параметров КРП, формируемой на его выходе, в любой наперед заданный момент времени;

2) теории спектрального анализа периодических колебаний на выходе СКА и(или) МКА при когерентных преобразованиях на основе метода СРФ с открытой архитектурой совместно с аппаратом теории чисел, позволяющая найти амплитудный спектр рационального числа $N = P/Q$; 3) теории МКА с целью уменьшения ошибки воспроизведения, огибающей синтезируемого колебания относительно идеального колебания той же формы и частоты;

4) теории линейного динамического управления временным положением импульсов в наносекундном и субнаносекундном диапазонах с помощью метода промежуточных преобразований.

Практическая значимость результатов работы заключается в:

1) предложены новые структурные и схемотехнические решения прямочастотных и прямопериодных пассивных цифровых синтезаторов частоты, что расширяет возможности разработки эффективных структур синтеза частот и сигналов. Введение УУЗ в структуру МКА позволило дополнительно уменьшить уровень ДПСС на (38-52) дБ по сравнению с уровнем ДПСС на выходе исходного оптимального КА;

2) получены аналитические выражения для расчета спектров колебаний на выходе цифровых и цифроаналоговых конечных автоматов, что позволяет сократить сроки их разработки, повысить качество и точность проектирования;

3) на основе сочетания методов управления временной задержкой и методов активного и пассивного цифрового синтеза разработаны структуры частотных и фазовых манипуляторов на основе оптимальных автоматов и умножающих колец ИФАП, что позволило совместить формирование мелкой сетки частот и телеграфных сигналов в одном устройстве и с пониженным уровнем внеполосного излучения;

4) впервые предложены два варианта метода и структуры нониусного цифроаналогового преобразования информации, позволившие резко повысить точность и(или) скорость преобразования цифрового кода управления в выходной параметр – напряжение или ток;

5) предложены новые структуры умножающих колец ИФАП с пониженным уровнем помех в ближней зоне отстроек, что позволяет существенно улучшить спектральный состав выходного колебания. При одной декаде дробности в ДДПКД чисто цифровым способом удалось подавить наиболее опасные помехи с частотами F_s и $3F_s$, при модуле дробности 12 – подавить помехи с частотами F_s и $2F_s$, а при модуле дробности 20 – с частотами F_s , $2F_s$ и $3F_s$;

6) даны конкретные инженерные рекомендации и методики по выбору и расчету структурных схем широкополосных синтезаторов частоты с мелким шагом сетки и пониженным уровнем шумовых и дискретных ПСС; разработана инженерная методика расчета фильтрации помех умножающим кольцом ИФАП с разными вариантами трактов приведения;

7) полученные в диссертационной работе результаты использовались при проведении НИОКР и производстве серийной аппаратуры на предприятиях;

АО «Российский институт мощного радиостроения»:

- при разработке двухуровневого пассивного цифрового синтезатора изделия «Вариация»;

- при разработке управляемых устройств задержки наносекундного диапазона с повышенной линейностью для синтезаторов изделий «Парсек», «Виртуоз», «Напалм»;

- методы расчета фильтрации помех кольцом ИФАП использовались при разработке синтезаторов частоты изделий «Вираз», «Вираз-М», «Пион», «Баркентина»;

- создан двухуровневый пассивный цифровой синтезатор частот с повышенной фазовой стабильностью и преемственностью фазы при смене частот СЧД ЕР2.329.008.

На предприятии «Санкт-Петербургский филиал ФГБУ НИИР – ЛОНИИР» при разработке и серийном производстве линейки генераторов испытательных сигналов ГИС в диапазоне частот от 30 Гц до 2100 МГц и синтезаторов частоты по а.с. № 1646053 для спутниковых радиомодемов М-64.

В ЗАО «РАДИАН» при разработке и серийном производстве генераторной аппаратуры для радиорелейных станций семейства «Радиян» НТВМ.464423.064; при разработке и серийном производстве гибкого мультиплексора «MF20» НТВМ.465659.014; при разработке и серийном производстве линейки синтезаторов на основе комбинации активного цифрового и пассивного цифрового синтеза частот для спутникового модема «MD-100SE» НТВМ.467762.070.

В учебном процессе ФГБОУ высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ) при подготовке студентов по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника, направление промышленная электроника» (дисциплина «Схемотехника цифроаналоговых синтезаторов частот».

4. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Считаем необходимым рекомендовать к использованию полученные в диссертационной работе результаты при анализе и расчете цифроаналоговых синтезаторов частоты различных типов – пассивных и активных. Они окажутся полезными и при выборе конкретных структур – как собственно синтезаторов частоты, так и конечных автоматов – прямочастотных и прямопериодных, используемых для синтеза частот.

Предложенные решения целесообразно использовать в высококачественных возбудителях мощных радиопередающих устройств систем радиосвязи, радиолокации и радионавигации, что позволит применять более изощренные и продвинутое виды модуляции, существенно уменьшить уровень помех другим радиосредствам, увеличить дальность и точность обнаружения целей, расширить диапазон индицируемых скоростей целей, увеличить точность позиционирования.

В радиоприемных устройствах использование полученных результатов позволит увеличить чувствительность радиоприемных устройств и расширить их динамический диапазон.

5. Общая оценка диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов, заключения, рекомендаций, направления дальнейших исследований, списка используемых сокращений, списка литературы и 5 приложений. Общий объем работы 344 страницы, основной текст диссертации изложен на 321 странице, содержит 148 рисунков и 42 таблицы. Список литературы включает 284 источника.

Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, что подтверждает наличие последовательного и структурированного плана исследования.

Диссертация является завершенным научным исследованием, направленным на решение поставленной научно-технической проблемы – созданию современной теории цифроаналогового синтеза частот.

Выдвигаемые соискателем основные положения, выносимые на защиту, а также сформированные в диссертации выводы и рекомендации. Как результат исследования, являются новыми, актуальными и сомнений не вызывают.

Основные результаты диссертационных исследований опубликованы 221 работе, из которых 2 монографии, написанные без соавторов, 49 работ опубликованных в рецензируемых журналах из списка ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 22 объекта интеллектуальной собственности (17 авторских свидетельств СССР, 4 патента на изобретения РФ, 1 патент на полезную модель РФ, 2 патента США), неоднократно обсуждались на международных и российских научно-технических конференциях.

Диссертационная работа соответствует:

по специальности 2.2.13. «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» следующим пунктам ее паспорта:

п.1. Исследование процессов и явлений в радиотехнике, позволяющих повысить эффективность радиотехнических устройств и систем.

п.3. Разработка и исследование радиотехнических устройств и систем, обеспечивающих улучшение характеристик точности, быстродействия и помехоустойчивости.

п.4. Разработка и исследование устройств генерирования, усиления, преобразования и синтеза радиосигналов, сигналов изображения и звука в радиотехнических системах различного назначения, включая системы телевидения. Создание эффективных методов их расчета и основ проектирования.

п.5. Разработка и исследование алгоритмов, включая цифровые, обработки сигналов и информации в радиотехнических устройствах и системах различного назначения, в том числе синтез и оптимизация алгоритмов обработки.

п.7. Разработка и исследование методов обеспечения электромагнитной совместимости радиотехнических систем и устройств, включая системы связи и телевидения, методов обеспечения их стойкости к электромагнитному и ионизирующему излучению, методов разрушения и защиты информации в этих системах.

п.8. Разработка и исследование радиотехнических устройств и систем передачи информации, в том числе эфирных, радиорелейных и космических, с целью повышения их пропускной способности, помехоустойчивости и помехозащищенности.

Автор достаточно полно изложил основное содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе:

- в разделе 1.1.4 на стр. 37 и в разделе 7.5 на стр. 268 (рис.7.12) и на стр.270 (рис.7.15а) приведены близкие структуры с многоуровневыми трактами приведения частоты перестраиваемого генератора кольца ИФАП к частоте сравнения. Не совсем ясно, почему эти структуры помещены в разные разделы диссертации.

- в разделе 2.2 (стр. 89 – 92, таблицы 2.4 – 2.8) приведены различные структурные схемы СКА, но подробные комментарии их назначения, работы и предпочтительного использования отсутствуют.

- в разделе 3.2 на стр. 103 (рис.3.2) приведенные временные диаграммы не дают полного представления о логике выбора пределов суммирования в формулах 3.4 и 3.6.

- в разделе 3.3 на стр.110 получен важный результат, выходящий за пределы технических наук – формула 3.18 спектра рационального числа N – основного параметра

конечного автомата. Но должного внимания к этому важному результату в тексте диссертации не уделено.

- в разделе 5.1.3 на стр. 185 и 186 приведены табл. 5.1 – 5.4 для ограниченного числа примеров, но не даются подробные объяснения о выборе конкретных цифр этих примеров.
- в разделе 5.1.4 наоборот, отсутствуют таблицы с примерами, что снижает прозрачность декларируемых выводов.
- в разделе 6.4 (стр.226, стр.231) обозначения в тексте отличаются от общепринятых в работе.
- в тексте диссертации в ограниченном объеме имеются опечатки и стилистические неточности.

Однако, указанные замечания не снижают научную значимость и практическую ценность полученных результатов диссертационной работы Ю.А. Никитина.

Заключение

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Диссертация «Теория и применение цифроаналоговых синтезаторов частоты радиоэлектронных систем» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной проблемы, имеющей важное значение для развития технико-технологического уклада страны в отрасли цифрового развития и связи, повышения ее обороноспособности, заключающейся в развитии и совершенствовании теории цифроаналогового синтеза частот с целью улучшения структур синтезаторов частоты и повышения качества формируемых на выходе колебаний.

2. Отмеченные в отзыве замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы Юрия Александровича Никитина. Сама работа соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских/докторских диссертаций, которые установлены пунктами 8-14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор Никитин Юрий Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.13. – радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Отзыв обсуждался на заседании научно-технического совета АО «Концерн «Созвездие» « 23 » сентября 2026 года, протокол № 3

Отзыв составил:

Доктор технических наук, с.н.с. Тихомиров Николай Михайлович, начальник научно-технического управления научно-технического центра «Техника радиосвязи» АО «Концерн «Созвездие»

(394018, г. Воронеж, ул. Плехановская, д. 14).

Рабочий телефон +7 (473) 252 1253, e-mail: n.m.tihomirov@sozvezdie.su.



Н.М. Тихомиров

Акционерное общество «Концерн «Созвездие»

Адрес: 394018, г. Воронеж, ул. Плехановская, д. 14

Телефон: +7 (473) 252 12-13

E-mail: office@sozvezdie.su

Вебсайт: <https://www.sozvezdie.su/>