

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: apinntu@apinntu.ru

www.apinntu.ru

Дата 07.03.2026 № 471
На № 112-2/54-99 от 29.06.2026

Отзыв официального оппонента на
диссертацию Никитина ЮА.

Ученому секретарю
диссертационного совета 55.2.004.01 при
Санкт-Петербургском государственном
университете телекоммуникаций
имени проф. М.А.Бонч-Бруевича
к.т.н., доценту Владыко А.Г.

193232, г. Санкт-Петербург,
пр. Большевиков, д. 22, корп.1, каб.608/1

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Никитина Юрия
Александровича на тему «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

Актуальность темы диссертации.

Становление и развитие основных методов синтеза частот началось с середины 40-х годов прошлого века и с той или иной интенсивностью идет до наших дней. К концу XX века стало ясно, что универсального метода синтеза частот, удовлетворяющего всем требованиям современных радиоэлектронных систем (РЭС), не существует, а использование того или иного метода синтеза частот диктуется техническими требованиями, в основном, к качеству выходного сигнала - уровню побочных спектральных составляющих (ПСС), диапазону рабочих частот и быстродействию. На основе этих требований к характеристикам формируемых колебаний шло развитие соответствующих теорий в рамках вышеупомянутых двух методов: сначала для аналоговых реализаций, а позднее и цифровых, т.е. завязано оно было на существующую элементную базу. Автор рассматриваемой научной работы Никитин Юрий Александрович сумел заметить нечто общее в этих методах, а именно – это наличие конечного автомата (КА), что делает

работу **актуальной** для построения как существующих, так и перспективных систем синтеза частот.

Цель работы состоит в создании общей теории цифроаналогового синтеза частот на основе КА путем разработки методологических, теоретических и математических основ исследования и проектирования цифроаналоговых синтезаторов частоты для возбудителей мощных радиопередающих устройств и гетеродинов высокочувствительных радиоприемных устройств с большим динамическим диапазоном для повышения их эффективности и качества.

Для достижения цели в диссертации **решены следующие задачи, обладающие новизной:**

1. Систематизация и обобщение теории цифроаналогового синтеза частот на основе теории оптимального и модифицированного (цифроаналогового) КА – МКА, теории спектрального анализа колебаний при когерентном синтезе частот с помощью КА, теории линейного динамического управления временным положением импульсов в наносекундном диапазоне, включающих:

- метод формирования квазиравномерной последовательности импульсов (КРП),

- метод сложнопериодической решетчатой функции (СРФ) для анализа и расчета спектров периодических колебаний при когерентных преобразованиях частот с помощью КА,

- метод алгоритмической компенсации помех дробности на выходе синтезаторного кольца импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП).

2. Теория спектрального анализа периодических колебаний на основе метода СРФ для анализа и расчета спектров периодических колебаний при когерентных преобразованиях частот с помощью КА на основе математической модели СРФ и аппарата теории чисел.

3. Теория МКА, когда оптимальный КА дополнен цифроаналоговыми компонентами – цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП) и управляемым устройством задержки (УУЗ).

4. Теория линейного динамического управления временным положением импульсов в наносекундном диапазоне применительно к задачам широкополосного пассивного цифроаналогового синтеза частот и метод временной задержки импульсного сигнала с помощью промежуточных преобразований.

5. Метод алгоритмической компенсации помех дробности для исключения на выходе синтезаторного кольца ИФАП низкочастотных помех, кратных частоте шага сетки.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что разработаны теории оптимального и модифицированного КА (МКА) для целей синтеза частот, а именно:

1. Теория оптимального КА и метод 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 оптимального КА и параметров КРП, формируемой на его выходе, в любой наперед заданный момент времени.

2. Теория спектрального анализа периодических колебаний на выходе КА /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. Теория модифицированного КА с целью уменьшения ошибки воспроизведения, огибающей синтезируемого колебания относительно идеального колебания той же формы и частоты.

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

5. Метод алгоритмической компенсации помех дробности на выходе синтезаторного кольца ИФАП.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что:

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 дискретных ПСС на (38-52) дБ по сравнению с уровнем дискретных помех на выходе исходного оптимального КА.

2. Получены аналитические выражения для расчета спектров колебаний на выходе цифровых и цифроаналоговых КА, 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 с понижением уровня внеполосного излучения.

4. Впервые предложены два варианта метода и структуры нониусного цифроаналогового преобразования информации, позволившие резко повысить точность / 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 делителе частоты с дробно-переменным коэффициентом деления чисто цифровым способом подавлены наиболее опасные помехи с частотами F_s и $3F_s$, при модуле дробности 12 подавлены 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.

Результаты НИР и ОКР внедрены при выполнении госзадач в ЛОНИИР - СПб филиале ФГБУ «Российский НИИ радио имени М.И. Кривошеева», АО «Российский институт мощного радиостроения» и ООО «Радиян» (г.Санкт-Петербург), в учебном процессе СПбГУТ, что подтверждено соответствующими актами.

Краткая характеристика построения и содержания работы

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, семи глав с выводами по каждой главе, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы в объеме 284 источников и 5 приложений. Объем диссертации составляет 344 страницы при основном тексте в 321 страницу, 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.

Первый раздел посвящен обзору существующих методов синтеза частот и их классификации, учитывающих широкое применение цифровой элементной базы. Рассмотрены основные достижения отечественных и зарубежных исследователей в области синтеза частот, приведен анализ наиболее важных публикаций. Показано, что требования к качественным параметрам синтезируемого колебания непрерывно ужесточаются. Решение рассмотренные выше проблем возможно только с помощью сочетания разных методов синтеза, что приводит к синергетическому эффекту и дает наилучшие результаты при обязательном использовании конечных автоматов различной конфигурации в рассмотренных структурах.

Второй раздел посвящен рассмотрению теории работы детерминированного КА во временной области. Целью раздела является разработка метода аналитического описания колебаний, формируемых на выходах КА, определение КРП импульсов и доказательство ее

оптимальности с точки зрения минимума функциональной фазоимпульсной модуляции, классификация простейших (базовых) автоматов, применяемых в технике синтеза частот, выбор критериев оценки качества их выходных колебаний.

В третьем разделе рассмотрен метод анализа спектров колебаний, получаемых при когерентных преобразованиях. Метод базируется на основе модели СРФ в совокупности с аппаратом теории чисел и связан с представлением рационального числа $N = P/Q$ в виде цепной дроби и решением диофантовых уравнений; приведены примеры получения спектров колебаний, формируемых на выходе КА как цифровых, так и модифицированных, в свернутом виде, без обращения к рядам.

В четвертом разделе рассмотрена структурная реализация оптимальных КА и получены аналитические выражения для записи функций выхода и перехода прямочастотного и прямопериодного автоматов, а также доказана оптимальность формируемых потоков импульсов на их выходах; предложены структуры конечных автоматов с переменной емкостью и повышенным быстродействием.

Пятый раздел посвящен путям дальнейшего улучшения спектрального состава колебаний, формируемых на выходах конечных автоматов. Рассмотрены модифицированные автоматы – оптимальные КА, дополненные функциональными преобразователями на основе аналоговых и цифроаналоговых устройств.

В шестом разделе предложены методы и структуры управления временной задержкой в наносекундном диапазоне с повышенной точностью и линейностью преобразования кода управления во временной интервал, а также рассмотрено влияние нелинейности этого преобразования на качество выходного колебания.

В седьмом разделе рассмотрены существенные особенности использования КА в тракте приведения умножающего кольца ИФАП и применение различных алгоритмов функционирования автомата с целью минимизации уровня дискретных ПСС.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В приложениях приведен список терминов и определений, методики расчета конкретизирующие основной текст работы, копии актов о внедрении результатов диссертационного исследования.

Автореферат полностью соответствует диссертации, отражает все её разделы. В нем обоснована актуальность темы исследования, поставлены задачи, отражена научная новизна, приведены краткие описания глав, полученные результаты и выводы, представлен перечень опубликованных работ автора, приведены результаты апробации диссертации, а также указан личный вклад автора.

По теме диссертации опубликована 221 работа, в том числе 2 монографии, 10 учебных пособий, 49 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 9 отчетов о НИР, имеющих государственную регистрацию, доклады на 90 международных, всесоюзных / российских конференциях, симпозиумах, семинарах, 17 авторских свидетельств СССР, 4 патента РФ, 1 патент на полезную модель РФ, 2 патента США.

Достоверность и обоснованность полученных результатов определяется корректным применением методов теории чисел и спектрального анализа, теории рядов, принципов и правил разработки моделей, верификацией результатов, сходимостью расчетных и экспериментальных данных, практическим применением и их непротиворечивостью с достижениями как отечественных, так и зарубежных источников.

Хотя диссертация представляет завершенное научное исследование, она имеет потенциал в части развития полученных результатов, в частности, на основе теории чисел надо бы исследовать спектры формируемых колебаний на предмет получения аналитических соотношений по расчету уровня ПСС.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями к работам на соискание ученой степени доктора наук.

Несмотря на неоспоримые научные достоинства диссертации можно сделать следующие **замечания по работе**:

1. Конец параграфа 3.3 «Спектр квазиравномерной последовательности», а именно рассмотрение формул 3.15 на стр. 108 и 3.18 на стр. 110 было бы целесообразнее выделить в отдельный подраздел 3.3.1 ввиду важности полученного результата.
2. В параграфе 4.1 «Прямочастотный конечный автомат» излишне подробно описаны арифметический сумматор и регистры – стандартные элементы цифровой электроники.
3. В разделе 6 «Управление временным положением импульсов» желательно бы привести сравнительный анализ рассмотренных структур УУЗ с указанием их сильных и слабых сторон, оформив результаты, например, в виде таблицы.
4. Приложения П.2 «Методика расчета двухуровневого пассивного цифрового синтезатора частоты» и П.3 «Методика расчета управляемого устройства задержки на основе промежуточных преобразований» было бы целесообразнее объединить в одно приложение.

Отмеченные недостатки носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку проведенного квалификационного исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Никитина Ю.А. на тему «Теория и применение цифроаналоговых синтезаторов частоты радиоэлектронных систем» соответствует специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема имеющая важное народнохозяйственное значение, особенно для развития

связных, радиолокационных, радионавигационных, прецизионных информационно-измерительных систем и повышения обороноспособности нашей Родины. Диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней в редакции от 28.08.2017 г., а её 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 составил:

Доктор технических наук по спец. 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения», профессор, профессор кафедры «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» Арзамасского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева»

 Н.П. Ямпурин

07-09 2026 г.

Контактные данные:

Адрес: 607227, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19, каб. 122
Телефон моб.: +7 (960) 194-96-77,
Телефон служ.: 8(958)549-00-81
e-mail места работы kitres@apinntu.ru

Подпись д.т.н., профессора Ямпурин Н.П. удостоверяю:

Зам. директора АПИ НГТУ по учебной работе
к.т.н., доцент

____--____.2026 г.



 А.Ю. Шурыгин