



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ОПЕРАТИВНО-СТРАТЕГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА
ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ВОЕННОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЕННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА
«ВОЕННО-МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ
имени Адмирала Флота Советского Союза
Н.Г. Кузнецова»
ул. Разводная д. 17г. Петергоф,
Санкт-Петербург, 198510
8 (812) 450-67-14, 8(812) 450-50-79
8(812) 494-02-20

«28» сентября 2020 г. № 237/3/14/351

Экз. № 1

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника НИИ ОСИС ВМФ
ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»
по научной работе
кандидат военных наук

Г. Безрук
«28» сентября 2026 г.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Никитина Юрия Александровича
на тему: «Теория и применение цифроаналоговых синтезаторов частоты
радиоэлектронных систем», представленной на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности 2.2.13 Радиотехника,
в том числе системы и устройства телевидения

1. Актуальность проблемы

Рост информационного обмена во всех сферах деятельности современного общества в виду наличия фундаментальных физических ограничений на пропускную способность каналов связи привел к неизбежному усложнению телекоммуникационных систем и, как следствие, ужесточению требований к параметрам всех, входящих в них, технических элементов, в том числе устройств синтеза частот – возбуждателей передатчиков, формирующих тракты мощных радиопередающих устройств, и гетеродинных трактов радиоприемных устройств. Наука, отвечая на потребности производственного комплекса, разработала множество теоретических положений, которые в силу отсутствия единого системного подхода

образовали множество разрозненных теорий синтеза частот. Сложившаяся ситуация привела к возникновению проблемы теории цифроаналогового синтеза частот, заключающейся в неполноте и разобщенности существующих локальных теорий (теории пассивного аналогового и пассивного цифрового синтеза частот, теории колец компенсации или возвратного гетеродинамирования, теории активного синтеза частот на основе умножающих колец импульсно-фазовой автоподстройки частоты).

В настоящее время цифроаналоговый синтез частот является результатом компромисса, обеспечивающего достижение требуемого набора характеристик выходного колебания при соблюдении разумных частотных ограничений и сложности реализации требуемых выходных параметров с использованием доступной элементной базы. Таким образом, тема диссертационного исследования, сформулированная на основе решаемой соискателем научной проблемы – разработки общей теории цифроаналогового синтеза частот с использованием и на основе конечных автоматов (КА) – является актуальной.

2. Научная новизна результатов исследований

Судя по автореферату, научная новизна диссертации обусловлена результатами, полученными автором, и заключается в следующем:

- в систематизации и обобщении теории цифроаналогового синтеза частот на основе теории оптимального КА 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;

- в разработке теории спектрального анализа периодических колебаний при когерентных преобразованиях с помощью КА на основе метода сложнопериодической решетчатой функции.

- в разработке теории модифицированного КА – МКА, в которой оптимальный КА дополнен цифроаналоговыми узлами – цифроаналоговыми преобразователями и управляемым устройством задержки с целью

уменьшения ошибки воспроизведения синтезируемого колебания относительно идеального колебания той же формы и частоты

– в обобщении и разработке теории линейного динамического управления временным положением импульсов в наносекундном и субнаносекундном диапазоне с помощью промежуточных преобразований применительно к задачам широкополосного пассивного цифроаналогового синтеза частот.

В диссертационной работе впервые введено понятие оптимального КА и предложен новый подход к его описанию во временной области, получены соответствующие аналитические выражения. С помощью этих выражений можно описать состояние оптимального КА в любой наперед заданный момент времени, а также параметры выходного колебания КА. Полученные результаты полезны для общей теории конечных автоматов и, прежде всего, для их применения в синтезаторах частоты.

Рассмотрены структуры оптимальных КА для решения различных задач синтеза частот и получен важный результат: доказана оптимальность рассматриваемых структур для формирования квазиравномерной последовательности импульсов, т.е. такой последовательности, у которой модуль максимальной временной ошибки относительно импульсов идеально равномерной последовательности требуемой (синтезируемой) частоты не превышает половины периода тактового интервала и является минимально возможной величиной для класса цифровых структур.

Также в работе рассмотрен метод спектрального анализа колебаний при их когерентных преобразованиях с помощью сложнопериодической решетчатой функции. Такой подход позволил свернуть ряды и получить аналитические выражения для нахождения тонкой структуры спектров синтезируемых колебаний. При этом используется единая математическая модель с открытой архитектурой и единый математический аппарат на основе теоретико-числовых преобразований, а именно разложение основного параметра КА – его коэффициента деления N в цепную дробь по алгоритму

Евклида и решение соответствующего диофантова уравнения. С помощью метода сложнопериодической решетчатой функции получены аналитические выражения для нахождения тонких спектров колебаний, используемых при синтезе частот.

Подробно рассмотрены различные структурные реализации синтезаторов частоты для решения конкретных задач, что полезно при практической реализации цифровых и цифроаналоговых радиоэлектронных систем.

В работе предложено решение проблемы качественного повышения точности или быстродействия цифроаналоговых преобразователей, что позволило резко ослабить предельную точность цифроаналогового преобразования от ограничений, накладываемых возможностями современного серийного производства. Следует отметить, что в работе не только создана теория подобных цифроаналоговых преобразователей, но проведено моделирование и макетирование, которые полностью подтвердили теоретические положения.

3. Теоретическая и практическая значимость результатов исследований

Теоретическая значимость научных результатов состоит в том, что получила развитие теория квазилинейного динамического управления временным положением импульсов в наносекундном диапазоне времен с помощью промежуточных преобразований цифрового кода управления в задержку моментов переключения импульсов. Получены аналитические выражения для анализа и расчета таких структур. Этот результат очень важен, т.к. активные полупроводниковые элементы управляемых устройств задержки работают на пределе своих возможностей – в режиме большого сигнала и в области субнаносекундных времен.

Практическая значимость научных результатов определяется тем, что полученные теоретические результаты подкреплены серийным внедрением в аппаратуру синтеза частот. Впервые чисто цифровым – алгоритмическим – методом подавлены самые низкочастотные помехи дробности в синтезаторных кольцах импульсно-фазовой автоподстройки частоты.

Основные результаты исследований использовались при проведении производстве серийной аппаратуры, а именно:

- при разработке двухуровневого пассивного цифрового синтезатора;
- при разработке управляемых устройств задержки наносекундного диапазона с повышенной линейностью для синтезаторов;
- при разработке синтезаторов частоты использовались методы расчета фильтрации помех кольцом импульсно-фазовой автоподстройки частоты;
- создан двухуровневый пассивный цифровой синтезатор частот с повышенной фазовой стабильностью и преемственностью фазы при смене частот для спутниковых радиомодемов;
- при разработке генераторной аппаратуры для радиорелейных станций и гибкого мультиплексора.

4. Обоснованность и достоверность основных результатов диссертации

Достоверность и обоснованность научных положений и полученных результатов исследований обеспечиваются адекватностью применяемых методов цифровой обработки сигналов; применением сертифицированного оборудования при сборке, отладке и реализации в составе серийно производимой аппаратуры; достижением статистической повторяемости экспериментальных результатов и сравнением с результатами, полученными другими исследователями.

Результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в статьях и апробированы на научных конференциях.

Результаты диссертации опубликованы в 221 работе, в том числе в 2 монографиях, 10 учебных пособий, 49 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией, 9 отчетов о НИР, доклады на 90 международных и всесоюзных (российских) конференциях, симпозиумах, семинарах, 17 авторских свидетельств СССР, 4 патента РФ, 1 патент на полезную модель РФ.

Автореферат диссертации обеспечивает достаточно полное представление о структуре и содержанию диссертационной работы.

5. Основные недостатки

По автореферату можно высказать следующие замечания:

1. Упоминание об уникальности спектра рационального числа N требует более подробного пояснения.

2. Подробное рассмотрение структур импульсно-фазовой автоподстройки частоты на стр. 33–34 информативно, но необязательно, поскольку, по нашему мнению, выходит за рамки исследования.

3. В тексте автореферата имеются незначительные отступления от требований ГОСТ по оформлению автореферата диссертации, а именно: некоторые обозначения раскрываются не после первого употребления, а далее по тексту, при указании значений физических величин не везде использованы принятые сокращения и ряд других.

Указанные недостатки не снижают научной ценности проведённых в диссертации исследований и не ставят под сомнение полученные результаты.

6. Выводы

1. Диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной проблемы, имеющей существенное значение для развития теории цифроаналоговых синтезаторов частоты радиоэлектронных систем.

2. Тема, содержание и основные научные результаты соответствуют паспорту специальности 2.2.13 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

3. Диссертация полностью удовлетворяет критериям, представленным в п.п. 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям (утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а ее автор Никитин Юрий Александрович достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.13 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании научно-технического совещания НИЦ телекоммуникационных технологий ВМФ, корабельных комплексов и средств обмена информацией и разведки НИИ ОСИС ВМФ протокол № 10 от 28 сентября 2026 г.

Отзыв составили:

Начальник 23 научно-исследовательского отдела научно-исследовательского Центра телекоммуникационных технологий ВМФ, корабельных комплексов и средств обмена информацией и разведки Научно-исследовательского института оперативно-стратегических исследований ВМФ ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»

доктор технических наук по специальности 6.2.13. Военные системы управления, связи и навигации

Типикин
Алексей Алексеевич

Старший научный сотрудник научно-исследовательского 14 отдела научно-исследовательского Центра телекоммуникационных технологий ВМФ, корабельных комплексов и средств обмена информацией и разведки Научно-исследовательского института оперативно-стратегических исследований ВМФ ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»

кандидат технических наук по специальности 6.2.13. Военные системы управления, связи и навигации

Солдатов
Анатолий Владимирович

Старший научный сотрудник научно-исследовательского 14 отдела научно-исследовательского Центра телекоммуникационных технологий ВМФ, корабельных комплексов и средств обмена информацией и разведки Научно-исследовательского института оперативно-стратегических исследований ВМФ ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»

кандидат военных наук по специальности 6.2.13. Военные системы управления, связи и навигации

старший научный сотрудник

Цыванюк
Вячеслав Александрович

«28» сентября 2026 г.

Научно-исследовательский институт оперативно-стратегических исследований ВМФ. Адрес: ул. Разводная, д. 17, г. Санкт-Петербург, 198510, т.ф. (812) 450-50-79, 450-67-14, vunc-vmf-4fil@mil.ru