



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
РОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ МОЩНОГО РАДИОСТРОЕНИЯ
RUSSIAN INSTITUTE FOR POWER RADIOENGINEERING
Joint-Stock Company

АО «РИМР»

«RIPR» JSC

ОКПО 07521995 ОГРН 1027800509901 ИНН 7801062273 / КПП 780101001



ОТЗЫВ

официального оппонента Егорова Владимира Викторовича

на диссертацию Никитина Юрия 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”.

Актуальность темы диссертации.

Синтезаторы частоты широко применяются в радиоэлектронных системах (РЭС) различного назначения: радиолокации, радионавигации, радиопротиводействию, физической аппаратуре, радиосвязи и др.

Необходимость увеличения плотности ансамблей информационных сигналов и их перенос в более высокочастотные области спектра заставляет применять новые, более сложные способы модуляции, что предъявляет более жесткие требования к колебаниям синтезаторов частоты, особенно к формирующим трактам мощных радиопередающих устройств (к возбудителям передатчиков), и к гетеродинным трактам радиоприемных устройств с большим динамическим диапазоном, и прежде всего, к гетеродинам измерительных радиоприемников и анализаторов спектра.

Кроме того, ужесточаются требования к точности установки номинального значения частоты РЭС, к уменьшению времени переключения частот, к сохранению непрерывности фазы при смене частот, к минимизации уровней помеховых составляющих – шумовых и дискретных побочных спектральных составляющих.

Научная проблема цифроаналогового синтеза частот заключается в существовании нескольких локальных теорий – теории пассивного аналогового и пассивного цифрового синтеза частот, теории колец компенсации и возвратного

гетеродинамирования, теории активного синтеза частот на основе синтезаторных колец импульсно-фазовой автоподстройки частоты (ИФАП). При этом используются разные модели и разный математический аппарат, что существенно усложняет анализ и оптимизацию структур синтезаторов частот.

Отсутствие обобщающих и системообразующих работ в области цифроаналогового синтеза частот приводит к неоправданному усложнению структур синтезаторов частоты и ухудшению их характеристик. Поэтому тема диссертации является актуальной и практически значимой.

Для комплексного решения указанных проблем в диссертации проведен анализ современного состояния теории и техники синтеза частот, найдено связующее начало и, на основе новых знаний, создана единая теория цифроаналогового синтеза частот.

Цель исследования – создание общей теории цифроаналогового синтеза частот с помощью конечных автоматов (КА), разработка методологических, теоретических и математических основ исследования и проектирования цифроаналоговых синтезаторов частоты для возбуждителей мощных радиопередающих устройств и гетеродинов высокочувствительных радиоприемных устройств с большим динамическим диапазоном – для повышения их эффективности и качества.

Основные научные результаты.

В процессе диссертационного исследования автором получены новые научные результаты, наиболее значимыми из которых являются:

- систематизация и обобщение 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.
- теория спектрального анализа периодических колебаний при когерентных преобразованиях с помощью КА на основе метода сложнопериодической решетчатой функции (СРФ).
- теория модифицированного КА-МКА, в которой оптимальный КА дополнен цифроаналоговыми узлами – ЦАП и управляемым устройством задержки с

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

- теория линейного динамического управления временным положением импульсов в наносекундном и субнаносекундном диапазоне с помощью промежуточных преобразований применительно к задачам широкополосного пассивного цифроаналогового синтеза частот.
- метод алгоритмической компенсации помех дробности для исключения на выходе синтезаторного кольца ИФАП низкочастотных помех, кратных частоте шага сетки.

Методы исследования.

При выполнении исследований использован аппарат теории чисел, аппарат теории линейных электрических цепей, частотные методы анализа систем автоматического регулирования, элементы теории рядов, методы математического и схемотехнического моделирования и экспериментальные исследования.

Работа обладает теоретической и практической ценностью.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии и совершенствовании теории цифроаналогового синтеза частот с помощью КА. Разработаны теории оптимального и модифицированного КА для целей синтеза частот, а именно:

- теория оптимального КА и метод формирования квазиравномерной последовательности (КРП) импульсов или точек на числовой оси с минимально возможным временным отклонением от идеальной 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.
- теория спектрального анализа периодических колебаний на выходе КА-МКА при когерентных преобразованиях на основе метода сложнопериодической решетчатой функции (СРФ) на основе аппарата теории чисел.
- теория модифицированного КА - МКА – многоуровневого и двухуровневого, с целью уменьшения ошибки воспроизведения огибающей синтезируемого

- колебания относительно идеального колебания той же формы и частоты.
- теория линейного динамического управления временным положением импульсов в наносекундном и субнаносекундном диапазонах с помощью метода промежуточных преобразований.
 - метод алгоритмической компенсации помех дробности синтезаторного кольца ИФАП.

Практическая ценность работы.

Предложены новые структурные и схемотехнические решения построения прямочастотных и прямопериодных синтезаторов частоты, что расширяет возможности разработки эффективных структур синтеза частот и сигналов РЭС различного назначения.

Получены аналитические выражения для расчета спектров колебаний на выходе цифровых и цифроаналоговых КА, что позволяет сократить сроки разработки синтезаторов частоты и повысить их эффективность.

Разработаны структуры частотных и фазовых манипуляторов на основе оптимальных КА и умножающих колец ИФАП, что позволило совместить формирование мелкой сетки частот и телеграфных сигналов в одном устройстве.

Впервые предложены два варианта структуры нониусного цифроаналогового преобразования информации, позволившие значительно повысить точность и скорость преобразования цифрового кода управления в выходной параметр.

Использование метода алгоритмической компенсации помех дробности при одной декаде дробности позволило в серийной аппаратуре расширить полосу пропускания петлевого фильтра нижних частот кольца ИФАП в 4 раза.

Апробация работы.

Основные положения работы прошли широкую апробацию, и основные её результаты докладывались и обсуждались на международных, всесоюзных, всероссийских, республиканских и ведомственных научно-технических конференциях, симпозиумах и семинарах.

По теме диссертации опубликовано 221 работа, в том числе две монографии, 10 учебных пособий, 49 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ, 17 авторских свидетельств СССР, 4 патента РФ на изобретения, патент на полезную модель РФ и 2 патента США.

Достоверность и обоснованность результатов является следствием корректного применения математических методов теории чисел и спектрального анализа, математического, структурного и схемотехнического моделирования, а также согласованностью теоретических результатов и данных натуральных экспериментов.

Результаты, содержащиеся в диссертационной работе, получены автором самостоятельно или при его непосредственном участии, что подтверждается значительным количеством публикаций без соавторства.

Реализация и внедрение результатов работы. Основные результаты исследований использовались при проведении НИОКР и производстве серийной аппаратуры на предприятии «Санкт-Петербургский филиал ФГБУ НИИР – ЛОНИИР», АО «РИМР», ЗАО «РАДИАН».

Структура диссертационной работы соответствует сформулированным и решенным задачам.

Диссертационная работа соответствует пунктам П.1., П.3., П.4., П.5., П.7., П.8. паспорта специальности 2.2.13. “Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения”.

Автореферат достаточно полно отражает идеи, результаты и выводы диссертации и позволяет создать объективное мнение о представленной работе.

Недостатки диссертации.

В разделе 2.1 «Квазиравномерные последовательности и их описание» слишком подробно описаны операторы выделения целой части рационального числа .

В разделе 3.7 «Спектр двойного треугольного колебания» метод сложнопериодической решетчатой функции (СРФ) не используется, а его применение было бы полезным и информативным.

В разделе 4.1 «Прямочастотный конечный автомат» описание работы и структуры арифметического сумматора и регистров целесообразно перенести в Приложения.

В разделах 5.1.3 и 5.1.4 «Метод нониусного цифроаналогового преобразования первого и второго типа» желательно сформулировать выводы по влиянию неточности сопряжения нониусных шкал парциальных ЦАП на конечный

результат преобразования.

Приведенные выше замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Выводы.

Диссертационная работа является законченной квалификационной работой, в которой решена научная проблема по теоретическому обоснованию и разработке новых методов, проектирования цифроаналоговых синтезаторов частоты радиоэлектронных систем. Результаты диссертационной работы обладают научной новизной, а их совокупность в целом может рассматриваться как значительный вклад в развитие теории и практики радиоэлектронных систем. Считаю, что диссертационная работа удовлетворяет п.9 Положения о присуждении ученых степеней, 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.

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник лаборатории моделирования и обработки сигналов АО «Российский институт мощного радиостроения», доктор технических наук, профессор

Егоров Владимир Викторович.

тел.: +7(812)328-45-50 доб. 807

E-mail: egorovrimr@mail.ru

[Redacted signature]

В.В. Егоров

01.10.2026

Подпись Егорова В.В. заверяю

Ученый секретарь АО «Российский институт мощного радиостроения»



[Redacted signature]

Т.С. Андреева