Отзыв на автореферат диссертации Ю. А. Никитина «Теория и применение цифроаналоговых синтезаторов частоты радиоэлектронных систем»,

представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Диссертационное исследование посвящено комплексу взаимосвязанных и актуальных научных задач: разработке общей теории цифроаналогового синтеза частот на базе конечных автоматов (КА), теории спектрального анализа колебаний при когерентном синтезе частот, а также теории линейного динамического управления временным положением импульсов в наносекундном диапазоне. Актуальность темы обусловлена широким применением цифровых элементов в современных гетеродинах профессиональных радиоприёмников и возбудителях радиопередающих устройств (в том числе повышенной мощности): значительная часть этих элементов относится к классу КА, которые во многом определяют архитектуру устройств формирования сигналов и ключевые параметры выходных сигналов.

Автором систематизированы и обобщены основные направления современного синтеза частот. К таким направлениям относятся методы пассивного цифрового, пассивного цифроаналогового и активного цифроаналогового синтеза. Предложен новый системный подход к описанию оптимального КА во временной области. В работе получены аналитические выражения, позволяющие однозначно определять состояние КА и параметры выходного двухуровневого (логического) колебания (в том числе квазиравномерной последовательности импульсов) в любой наперёд заданный момент времени. Этим обеспечивается определение всех параметров синтезируемого колебания.

Математический аппарат исследования базируется на разложении коэффициента деления N (основного параметра КА) в цепную дробь по алгоритму Евклида и решении диофантова уравнения. Данные подходы распространены на различные структуры КА. Рассматриваются два варианта построения оптимального КА — прямочастотный и прямопериодный. При этом строго доказано, что при использовании обоих вариантов обеспечивается формирование на выходе квазиравномерного двухуровневого колебания, а поток импульсов характеризуется минимально возможным временным отклонением от идеально равномерного потока заданной частоты или периода.

Важным результатом с точки зрения развития методологии является применение модели сложнопериодической решётчатой функции (СРФ) для

спектрального анализа колебаний при их когерентных преобразованиях. Такой подход позволил реализовать единую математическую модель с открытой архитектурой, а также единый аппарат на базе теоретико-числовых преобразований. Этот аппарат распространяется на цифроаналоговые структуры синтеза частот (включая цифровые структуры оптимальных КА, дополненные ЦАП и управляемыми устройствами задержки). Благодаря этому ряды с бесконечными пределами были свёрнуты, а также получены аналитические выражения для вычисления тонких (детальных) спектров колебаний, наиболее востребованных в задачах синтеза частот.

Практическая значимость работы определяется учётом интеграции цифроаналоговых компонентов при построении структуры пассивных цифровых и пассивных цифроаналоговых синтезаторов частоты. Это позволяет использовать теоретические результаты в инженерной деятельности. Среди ключевых практических достижений особо следует выделить решение многолетней проблемы ограничения конечной точности ЦАП вследствие технологических ограничений. С помощью нониусного метода реализовано значительное увеличение точности и/или быстродействия ЦАП, что позволило практически удвоить разрядную сетку при использовании исходных парциальных ЦАП недостаточной точности. Данный результат представляет собой качественный скачок в технике цифроаналогового преобразования кода управления в аналоговый параметр (напряжение или ток).

В значительной степени развита теория линейного динамического управления временным положением импульсов в наносекундном (вплоть до субнаносекундного) диапазоне на основе промежуточных преобразований цифрового кода управления во временной интервал (задержку). Автором получены соответствующие формулы для инженерных расчётов. Этот результат является наиболее ценным, поскольку активные элементы управляемых устройств задержки (транзисторы и диоды) работают в режимах, близких к предельным: в режиме большого сигнала (что исключает возможность линеаризации схемы) и в области малых времён. Последнее требует учёта конечного быстродействия полупроводниковых приборов. Теоретические результаты подкреплены методикой расчёта таких устройств и серийным внедрением в аппаратуру синтеза частот.

Особого внимания заслуживает впервые полученный результат по подавлению низкочастотных помех дробности, для чего используется чисто цифровой подход — метод алгоритмической компенсации помех дробности на выходе синтезаторного кольца ИФАП. Эффективность метода подтверждена моделированием и реальными измерениями спектров синтезируемых колебаний экспериментальных и серийных образцов

аппаратуры. Это что придаёт результату высокую практическую ценность как для теории автоматов, так и для практики синтеза частот.

Автореферат отражает структуру и содержание диссертационной работы. Вместе с тем имеются следующие замечания:

1. В недостаточной степени раскрыты и сопоставлены подходы к использованию операторов выделения целой части рационального числа.
2. Было бы целесообразно выполнить сравнительный анализ структур конечных автоматов, представленных в таблицах 2–6, а также структур управляемых устройств задержки.
3. Для верификации разработанных моделей, стоило бы привести наряду с результатами моделирования (рисунок 24, страница 29) измеренные спектры на выходе реального синтезатора частоты.
4. Недостаточно четко определены используемые параметры генератора пилообразного напряжения.

Указанные замечания носят уточняющий характер, не затрагивают основных научных результатов работы и не снижают её общей положительной оценки.

Считаю, что диссертационная работа «Теория и применение цифроаналоговых синтезаторов частоты радиоэлектронных систем» соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор, Никитин Юрий Александрович, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Ведущий научный сотрудник [redacted] Мякиньков Александр Валерьевич
публичного акционерного
общества «Научно-производственное
объединение «Алмаз»
имени академика А.А. Расплетина»,
профессор, доктор технических наук
(05.12.14 –Радиолокация и радионавигация)

14. 10. 2026 г.

Адрес организации: 125190, г. Москва, Ленинградский проспект, д.80, корп.16.
Телефон: +7 905 192-65-03.
E-mail: redvillage@mail.ru

Подпись Мякинькова Александра Валерьевича заверяю:

Заместитель директора – директор НПЦ [redacted] С.М. Коган