

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» от начальника кафедры сетей и систем связи космических комплексов федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского» Министерства обороны Российской Федерации доктора технических наук доцента НОВИКОВА Евгения Александровича

Актуальность проблемы. Необходимость увеличения точности определения координат военными потребителями, плотности потоков информационных сигналов и их перенос в более высокочастотные области спектра в различных радиоэлектронных системах (РЭС) – радиосвязи, радиолокации, радионавигации, 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 преобладанию фазы при смене выходных частот, к минимизации помеховых составляющих колебаний – шумовых и дискретных, формируемых на их выходе.

Научная проблема цифроаналогового синтеза частот – неполнота и разобщенность существующих локальных теорий, а именно, 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 (ИФАП).

Цифроаналоговые синтезаторы частоты есть результат компромисса с целью достижения требуемого набора характеристик выходного колебания при соблюдении разумных ограничений на $f_{\text{опвч}}$, $f_{\text{выхнч}}$ и сложности реализации требуемых выходных параметров при использовании доступной элементной базы. Поэтому актуальность темы диссертационного исследования определяется решаемой в ней научной проблемой неполноты и разобщенности существующих локальных теорий за счет разработки общей теории цифроаналогового синтеза частот с использованием и на основе конечных автоматов (КА).

В диссертационной работе впервые введено понятие оптимального КА и предложен новый подход к его описанию во временной области, получены соответствующие аналитических выражений. 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 РЭС.

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.

Расширена 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. При этом 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. Результативность предложенного метода подтверждена экспериментальными исследованиями.

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

По автореферату можно высказать следующие замечания:

1. Полезно уточнить, что выражение (16) есть конечная разность первого порядка от выражения (15).

2. При рассмотрении структур управляемого устройства задержки (УУЗ) желательно привести числовые значения получаемого выигрыша в децибелах или линейности преобразования в процентах.

3. В тексте имеются небольшие стилистические погрешности, а именно, слишком длинные предложения.

Указанные выше замечания не снижают общую положительную оценку рассматриваемой диссертационной работы.

ВЫВОД:

1. Диссертация Никитина Юрия Александровича является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной проблемы неполноты и разобщенности существующих локальных теорий цифроаналогового синтеза частот, обеспечивающей минимизацию уровня побочных спектральных составляющих синтезируемого колебания при широкополосном формировании сетки частот, что имеет существенное вклад в развитие теории цифроаналогового синтеза частот с помощью конечных автоматов.

2. По актуальности тематики, глубине проводимых исследований и значимости полученных результатов диссертация полностью удовлетворяет требованиям п.п. 9, 10, 11, 13, 14 «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

Начальник кафедры сетей и систем связи космических комплексов федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации

197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д.13, тел. (812) 347-96-63

e-mail: vka@mil.ru

доктор технических наук, доцент



Евгений Александрович Новиков

6 октября 2026 г.

Подлинность подписи доктора технических наук, доцента Новикова Евгения Александровича удостоверяю.

Начальник отдела кадров

Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского



Григорий Вячеславович Плотников

« 6 » октября 2026 г.

