

УТВЕРЖДАЮ



Зам. генерального директора
технический директор
АО «Муромский завод
радиоизмерительных приборов»

А.К. Мошнин

«07» мая 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Якименко Кирилла Александровича «Гибридные синтезаторы частот с низким уровнем фазовых шумов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Актуальность темы диссертации

Синтезаторы частот широко используются в качестве формирователей стабильных частот и сигналов в современных радиосистемах. Развитие уровня техники требует постоянного улучшения основных параметров синтезаторов: расширения диапазона выходных частот, уменьшения шага перестройки частоты, снижения уровня шумов выходного сигнала. Гибридные синтезаторы частот на основе цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) и систем фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) имеют ряд достоинств: широкий диапазон выходных частот, малое количество и низкий уровень дискретных побочных составляющих спектра выходного сигнала, высокое частотное разрешение.

Однако вопросы улучшения шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот исследованы недостаточно, поэтому тема диссертационной работы Якименко К.А., посвященной решению задачи снижения уровня шумов гибридных синтезаторов частот на основе ЦВС и систем ФАПЧ, является **актуальной**.

Научная новизна исследований

Для достижения основной цели исследования, состоящей в снижении уровня фазовых шумов гибридных синтезаторов частот на основе ФАПЧ и цифровых вычислительных синтезаторов, автором решены поставленные в диссертационной работе задачи и получены следующие новые научные результаты:

1. Разработаны и экспериментально подтверждены математические модели спектральной плотности мощности фазовых шумов гибридных синтезаторов на основе ФАПЧ и цифровых вычислительных синтезаторов, в которых учитываются шумовые характеристики цифровых вычислительных синтезаторов.

2. Предложена схема гибридного синтезатора частот на основе ФАПЧ и ЦВС с пониженным уровнем фазовых шумов за счет использования копии спектра основной частоты ЦВС.

3. Разработаны и экспериментально подтверждены математические модели спектральной плотности мощности фазовых шумов гибридных синтезаторов с пониженным уровнем фазовых шумов, использующих копии спектра основной частоты ЦВС.

4. Разработаны алгоритмы частотного планирования предложенных гибридных синтезаторов, обеспечивающие выбор параметров синтезаторов для достижения наименьшего уровня фазовых шумов выходного сигнала. На основе предложенных алгоритмов разработан программный комплекс для проектирования гибридных синтезаторов частот, моделирования, сравнения и исследования их шумовых характеристик.

Практическая значимость полученных результатов

Практическая ценность полученных в диссертационной работе результатов заключается в том, что разработанная схема гетеродина на основе предложенного гибридного синтезатора, использующего копии спектра основной частоты ЦВС, способна формировать сигналы в широком диапазоне выходных частот. При этом уровень спектральной плотности мощности фазовых шумов на 10-18 дБ меньше уровня фазовых шумов гетеродинов современных анализаторов спектра СК4-БЕЛАН.

В разработанном автором в среде MATLAB программном комплексе используются предложенные математические модели спектральной плотности мощности фазовых шумов и алгоритмы частотного планирования гибридных синтезаторов частот. На основе значений входных и выходных частот в программном комплексе проводится расчет частотного плана четырех типов гибридных синтезаторов частот, расчет фильтров, моделирование и сравнение спектральной плотности мощности фазовых шумов гибридных синтезаторов.

Достоверность полученных выводов и научных результатов

Достоверность результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждена экспериментальным исследованием шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот, реализованных на разработанном автором экспериментальном стенде на основе микросхем AD9910 и ADF4113HV (производитель Analog Devices).

Основные результаты диссертации опубликованы в 30 работах, в том числе 6 статьях в журналах перечня ВАК, 3 статьях в сборниках, индексируемых в международной реферативной базе Scopus, 14 тезисах докладов. Получен патент на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Результаты диссертации апробированы на международных и Всероссийских научно-технических конференциях.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Якименко К.А., в частности, предложенный принцип снижения уровня фазовых шумов гибридных синтезаторов за счет использования образов основной частоты ЦВС, а также программный комплекс для частотного планирования гибридных синтезаторов частот и моделирования их шумовых характеристик, могут быть рекомендованы для использования при разработке формирователей сигналов для радиосистем различного назначения.

Замечания по диссертации

1. Фактически образы используются автором для повышения выходной частоты ЦВС (частоты смещения в смесителе), за счет чего уменьшается

коэффициент деления в цепи обратной связи системы ФАПЧ. Однако существуют и другие возможности повысить выходную частоту ЦВС, например, умножителями частоты. В диссертации эти возможности не исследованы.

2. Отмечено, что уровень шумов разработанного гетеродина «на 10-18 дБ ниже лучших гетеродинов современных анализаторов спектра», однако, судя по изложению в п. 4.2, широкого сравнения с различными отечественными и зарубежными аналогами не проводилось.

3. В п. 3.4 в алгоритме определения наименьшего уровня фазовых шумов сказано, что уровни фазовых шумов рассчитываются для заданных значений частот отстроек. Здесь следовало бы пояснить, как задаются эти значения.

4. В главе 4 автор проводит исследование возможности использования разработанного гибридного синтезатора в качестве гетеродина в контрольно-измерительной аппаратуре, хотя было бы лучше провести более широкий анализ применимости разработанной схемы в различных областях радиотехники, например, для задач радиолокации, радионавигации, телекоммуникаций, и т.д.

5. На стр. 74 диссертации, а также на стр. 13 автореферата отмечается, что математические модели спектральной плотности мощности фазовых шумов позволяют проводить моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот с точностью от 1 до 4 дБ, но требования к точности моделирования не обосновываются.

Заключение

Диссертация Якименко К.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему. Сформулированные в данной работе теоретические положения и практические выводы представляют собой решение задачи снижения уровня фазовых шумов гибридных синтезаторов частот, имеющей существенное значение для разработки и проектирования радиотехнических систем различного назначения.

Текст диссертации написан четким научным языком. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Отмеченные замечания и недочеты не являются критическими и не оказывают влияния на общий высокий уровень диссертации. Полученные автором результаты имеют важное значение для решения актуальной научной проблемы снижения уровня фазовых шумов формирователей сигналов.

Диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Якименко Кирилл Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании научно-технического совета ОГК 07.05.2018 г.

Главный конструктор

Николай Витальевич Лаптев

АО «Муромский завод
радиоизмерительных приборов»,
602267, Владимирская обл.,
г. Муром, ул. Карачаровское шоссе, 2.
Телефон: 8 (49234) 3-34-36.

Ведущий инженер,
кандидат технических наук

Александр Дмитриевич Богатов

АО «Муромский завод
радиоизмерительных приборов»,
602267, Владимирская обл.,
г. Муром, ул. Карачаровское шоссе, 2.
Телефон: 8 (49234) 3-54-52.
E-mail: radio83@mail.ru