

Д.И. Суржик, С.М. Харчук

*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
E-mail: kh@mivlgu.ru*

Схемотехническое моделирование спектральных характеристик гибридного синтезатора частот с автокомпенсатором фазовых искажений цифрового вычислительного синтезатора

Реализация гибридных синтезаторов частот (ГСЧ) на основе цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) и системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) позволяет достичь высокой частоты выходного колебания (порядка единиц - десятков гигагерц), ее разрешения и быстрого переключения рабочих частот. Актуальной в настоящее время остается задача снижения уровня искажений синтезируемых колебаний ГСЧ, обусловленных паразитными спектральными составляющими и фазовыми шумами ЦВС.

Авторами предложен алгоритм автокомпенсации фазовых искажений выходного сигнала ГСЧ, обусловленных вкладом ЦВС [1-2], а также на его основе разработаны схемы ГСЧ с автокомпенсацией фазовых искажений ЦВС.

Для практической проверки достоверности данного алгоритма выделения фазовых искажений выходного сигнала ЦВС и доказательства работоспособности предложенных устройств проведено схемотехническое моделирование ГСЧ с автокомпенсатором фазовых искажений (АКФИ) ЦВС в качестве опорного генератора петли ФАПЧ, разработанного в программе Micro-Cap [3]. Для моделирования использовался ЦВС, содержащий аккумулятор фазы разрядностью 32 бит, 16-разрядное постоянное запоминающее устройство и 14-разрядный цифро-аналоговый преобразователь. Реализованная модель ЦВС учитывает эффекты квантования, усечения кода фазы, воздействия дестабилизирующих факторов и нелинейности цифро-аналогового преобразователя, а также позволяет исследовать свойства автокомпенсатора и устройства в целом при вариации параметров схемы и разнообразных детерминированных и случайных возмущениях.

В результате схемотехнического моделирования ГСЧ установлено, что для эффективного функционирования компенсационного каскада необходимо дополнить тракт формирования управляющего сигнала АКФИ усилителями У1 и У2, расположенными на входах Т-триггеров Тр1 и Тр2. Уточненная структурная схема тракта формирования управляющего сигнала АКФИ ЦВС, составленная с учетом данного изменения, представлена на рис. 1. На схеме обозначены блоки: ТГ – тактовый генератор, ДЦ1 и 2 – дифференцирующие цепи, ФД - фазовый детектор, ФНЧ – фильтр нижних частот, Атт – аттенюатор, УУЗ – устройство управления задержкой. В зависимости от типа синтезатора (вычислительный или гибридный) управляющий сигнал может подаваться к УУЗ или непосредственно к генератору управляемому напряжением петли ФАПЧ (при наличии данной системы).

На рис. 2 представлены спектрограммы сигналов на выходе ГСЧ при наличии и отсутствии цепи АКФИ ЦВС в полосе частот основного сигнала синтезатора 7,2 МГц.

Прохождение ступенчатого сигнала цифро-аналогового преобразователя ЦВС через выходной фильтр и петлю ФАПЧ сопровождается расширением спектральной линии гармоник основного тона ГСЧ в полосе отстроек от несущей частоты на 0– 600 кГц. При заданных параметрах устройства наблюдается улучшение спектральных характеристик на 7,86 дБ за счет введения в схему цепи АКФИ ЦВС. В зависимости от выходной частоты ЦВС и точности настройки звеньев АКФИ (в соответствии с условиями полной компенсации) данный параметр может достигать 10 дБ, что подтверждает работоспособность предложенных устройств и эффективность применения автокомпенсации для снижения фазовых искажений выходного сигнала ЦВС.

Секция 9. Методы и устройства повышения качества передачи информации

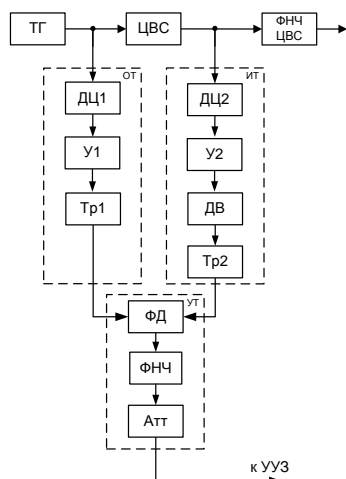


Рис. 1

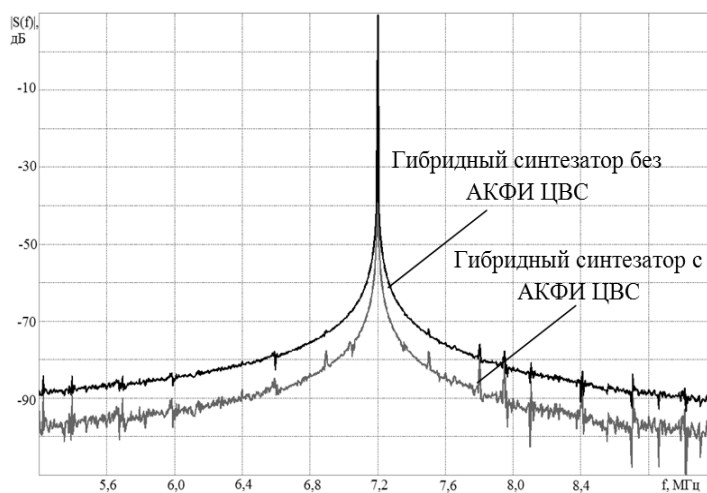


Рис. 2.

Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 15-08-05542

Литература

1. Васильев Г.С., Курилов И.А., Харчук С.М. Моделирование нелинейного автокомпенсатора фазовых помех ЦАП прямого цифрового синтезатора частот. // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №2, 2014. – С. 30-38.
2. Surzhik D.I., Kurilov I.A., Kuzichkin O.R., Vasilyev G.S., Kharchuk S.M. Modeling the noise properties of hybrid frequency synthesizers with automatic compensation of phase noise of DDS / 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). – Omsk, May 21 – 23, 2015. – IEEE Catalog Number: CFP15794-CDR. – ISBN: 978-1-4799-7102-2.1.
3. Амелина М.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версия 9, 10. – Смоленск: Смоленский филиал НИУ МЭИ, 2013. – 618 с.