

Д.И. Суржик, Г.С. Васильев, И.А. Курилов  
 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](mailto:kh@mivlgu.ru)

### Разработка модели гибридного синтезатора частот с автоматической компенсацией фазовых искажений цифрового вычислительного синтезатора в программе Micro-Cap

В работах [1-2] показано, что приложение метода автоматической компенсации фазовых искажений применительно к цифровым вычислительным синтезаторам (ЦВС) позволяет существенно уменьшить уровень паразитных спектральных составляющих (ПСС) и фазового шума в спектре синтезируемого колебания как ЦВС, так и различных формирователей сигналов в составе которых он используется, в частности, в составе гибридных синтезаторов частот (ГСЧ).

Принцип действия цепи автокомпенсации основан на выделении закона паразитного отклонения фазы выходного сигнала ЦВС посредством нелинейного преобразования, детектирования, фильтрации, инверсии и последующего сложения выделенного компенсирующего сигнала с управляющим сигналом генератора управляемого напряжением системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ).

Для практической проверки достоверности разработанного подхода к выделению фазовых искажений выходного сигнала ЦВС и доказательства работоспособности предложенных устройств проведено схемотехническое моделирование ГСЧ с автокомпенсатором фазовых искажений (АКФИ) ЦВС, содержащего аккумулятор фазы разрядностью 32 бит, 16-разрядное постоянное запоминающее устройство и 14-разрядный цифро-аналоговый преобразователь.

На рис. 1 представлена упрощенная модель ГСЧ с АКФИ ЦВС в качестве опорного генератора петли ФАПЧ, разработанная в программе схемотехнического моделирования Micro-Cap [3].

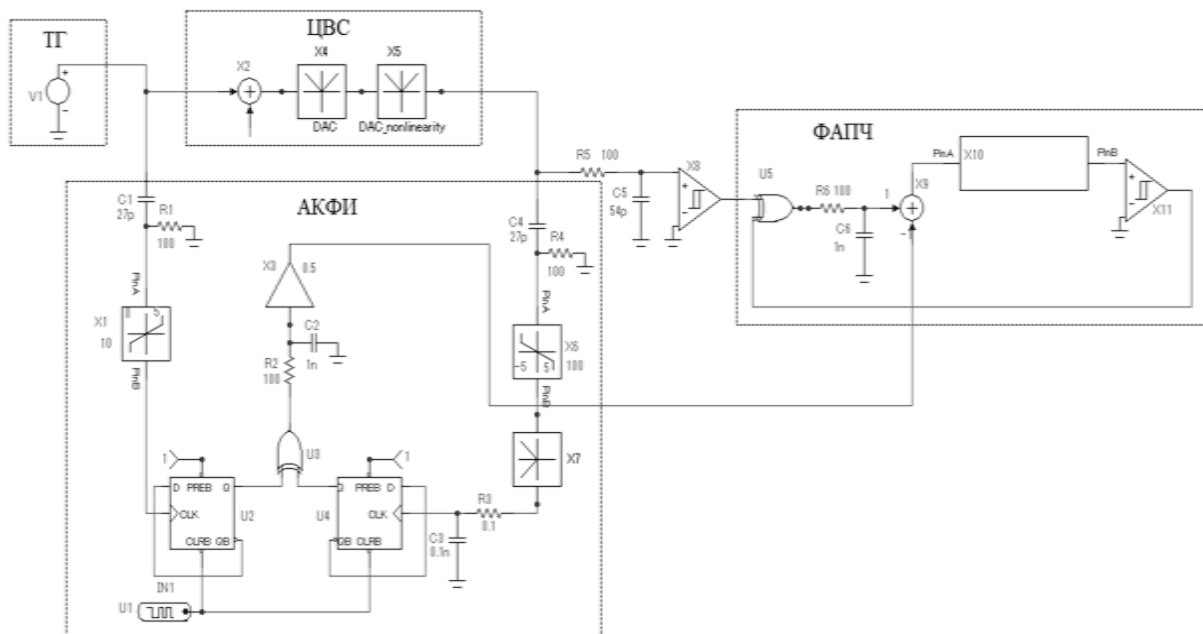


Рис. 1

В данной модели ЦВС реализован с помощью специально созданных макросов X4 и X5, описывающих функционирование синтезатора с учетом разрядностей его аккумулятора фазы, постоянного запоминающего устройства, цифро-аналогового преобразователя (блок DAC), эффектов квантования, усечения кода фазы, воздействия дестабилизирующих факторов и нелинейности цифро-аналогового преобразователя (блок «DAC\_nonlinearity»).

## Секция 9. Методы и устройства повышения качества передачи информации

Петля цифровой ФАПЧ синтезатора содержит фазовый детектор на логическом элементе «Исключающее ИЛИ» U5, фильтр нижних частот 1-го порядка на элементах R5 и C5 и генератор управляемый напряжением X10.

В качестве тактового генератора (ТГ) с частотой 30 МГц, вычитающего устройства, двухполупериодного выпрямителя, аттенюатора и усилителей автокомпенсатора использованы модели идеализированных звеньев.

Разработанная модель ГСЧ позволяет исследовать, в частности, динамические и частотные характеристики исследуемого синтезатора при вариации параметров структурных звеньев устройства и воздействующих возмущений. Важным преимуществом данной схемотехнической модели по сравнению с ранее предложенными аналитическими моделями синтезаторов для фазовых отклонений [2] является возможность непосредственного расчета и анализа уровня ПСС в различных точках схемы и на выходе устройства. Это позволяет более точно оценить степень компенсации фазовых искажений ЦВС в синтезируемом сигнале гибридного синтезатора.

*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.