

Петров А.Е., Якименко К.А.

*Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор В.В. Ромашов
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: petrov_a@mail.ru*

Исследование моделей шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот с использованием образов основной частоты ЦВС

Для формирования частот используются прямой аналоговый, косвенный и прямой цифровой методы синтеза. У каждого есть свои плюсы и минусы. Гибридный метод синтеза представляет собой комбинации вышеназванных методов, что позволяет снизить влияние их недостатков на систему синтеза.

Гибридные синтезаторы на основе систем фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и цифровых вычислительных синтезаторов (ЦВС) обеспечивают малый шаг частотной сетки, низкий уровень фазовых шумов и дискретных составляющих выходного сигнала [1].

Уровень ФШ ГСЧ можно уменьшить за счет увеличения выходной частоты ЦВС тем самым уменьшив коэффициент деления в цепи обратной связи ФАПЧ. Для увеличения выходной частоты ЦВС можно использовать побочные составляющие спектра выходного сигнала – образы основной частоты [2].

Спектральная плотность мощности (СПМ) фазовых шумов характеризует фазовую нестабильность выходного сигнала синтезаторов. Целью данной работы является разработка математической модели СПМ фазовых шумов гибридного синтезатора частоты с использованием образов ЦВС.

Структурная схема гибридного синтезатора, использующего образы основной частоты ЦВС, представлена на рис. 1.

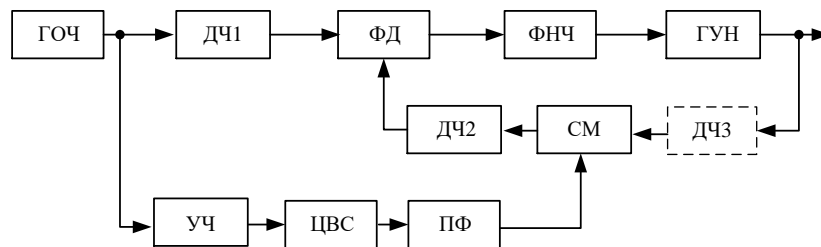


Рис. 1. Гибридный синтезатор, использующий образы основной частоты

На рис. 1 применены следующие обозначения: ГОЧ – генератор опорной частоты; ЦВС – цифровой вычислительный синтезатор; УЧ – умножитель частоты ДЧ1, ДЧ2, ДЧ3 - делители частоты; СМ – смеситель частоты ФД – фазовый детектор; ГУН – генератор, управляемый напряжением ФНЧ – фильтр нижних частот.

Математическая модель СПМ фазовых шумов гибридного синтезатора имеет вид:

$$S_{ГС}(F) = \left[\frac{S_{ГОЧ}(F)}{N_1^2} + S_{ДФКДН1}(F) + \frac{S_{УФД}(F) + S_{ФНЧ}}{E_{УФД}^2} + S_{ДФКДН2}(F) + \frac{1}{N_2^2} [S_{СМ}(F) + S_{ЦВС_обр}(F)] \right] |H_{31}(F)|^2 + S_{ГУН}(F) \cdot |H_{32}(F)|^2;$$

где $S_{ГОЧ}$, $S_{УФД}$, $S_{ДФКДН1}$, $S_{ФНЧ}$, $S_{ДФКДН2}$, $S_{СМ}$, $S_{ЦВС_обр}$, $S_{ГУН}$ - математические модели соответствующих звеньев гибридного синтезатора; H_{31} и H_{32} - передаточные функции ФАПЧ

по внешним и внутренним шумам; $N1$ и $N2$ - коэффициенты деления делителей частот ДЧ1 и ДЧ2 соответственно.

На рис. 2 приведены результаты моделирования шумовых характеристик гибридного синтезатора для следующих значений частот: $f_{ЦВС} = 1000$ МГц, $f_{срчфд} = 100$ МГц, $f_{гун} = 10$ ГГц.

Коэффициент умножения $n1=25$ и двух значений $K_{ЦВС}=0,1; 0,4$.

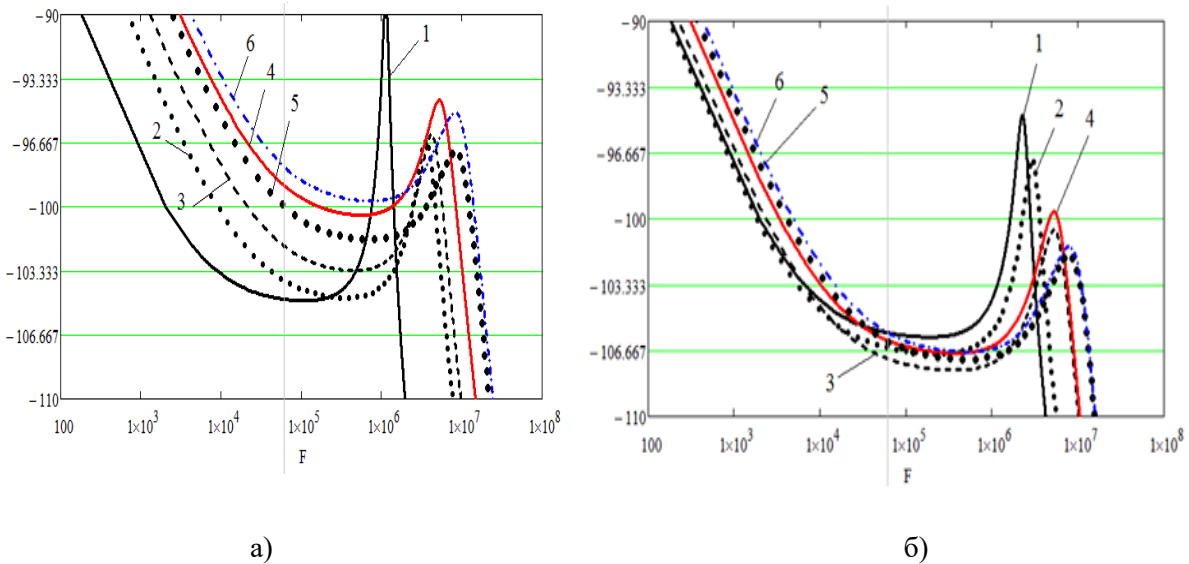


Рис. 2. СПМ фазовых шумов гибридного синтезатора на образцах а) при $K_{ЦВС}=0,1$ б) при $K_{ЦВС}=0,4$: номера образцов 1) $n=0$ 2) $n=1$ 3) $n=-1$ 4) $n=-2$ 5) $n=2$ 6) $n=-3$

Таким образом, полученная математическая модель позволяет производить теоретическую оценку уровня фазовых шумов гибридного синтезатора. Так же определили, что при увеличении $K_{ЦВС}$ уровень фазовых шумов снижается. При использовании образцов мы имеем лучшие шумовые характеристики после частоты отстройки $F=10$ кГц, около 2-3 дБ.

Литература

1. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н. Модель спектральной плотности мощности фазовых шумов цифровых вычислительных синтезаторов на образцах основной частоты // Радиопромышленность. 2012, №2. С. 38-48.
2. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Якименко К.А. Исследование шумовых характеристик гибридного синтезатора частот на основе однокольцевой ИФАПЧ со смесителем и цифрового вычислительного синтезатора // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2013, №4 С. 23-29