

Петров А.Е.

*Научный руководитель: д-р.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*

Разработка математической модели маломушьящего гетеродина анализатора спектра на гибридных синтезаторах

В настоящее время требования к гетеродинам анализаторов спектра становятся все более жесткие. Они должны обеспечивать большой диапазон частот, маленький шаг перестройки, а также низкий уровень фазовый шумов. Это возможно обеспечить с помощью применения гибридных синтезаторов частот. Гибридные синтезаторы сочетают в себе несколько методов синтеза, такие как: прямой аналоговый, косвенный и цифровой метод синтеза, которые позволяют недостатки одних методов скомпенсировать преимуществами других методов [1].

Спектральная плотность мощности (СПМ) фазовых шумов является одной из важнейших критериев оценки любого источника сигнала. Она является качественным показателем того, насколько точно данный генератор может воспроизводить одну и ту же частоту. Целью данной работы является разработка математической модели СПМ фазовых шумов маломушьящего гетеродина анализатора спектра на гибридных синтезаторах.

Структурная схема маломушьящего гетеродина анализатора спектра на гибридных синтезаторах изображена на рисунке 1 [2].

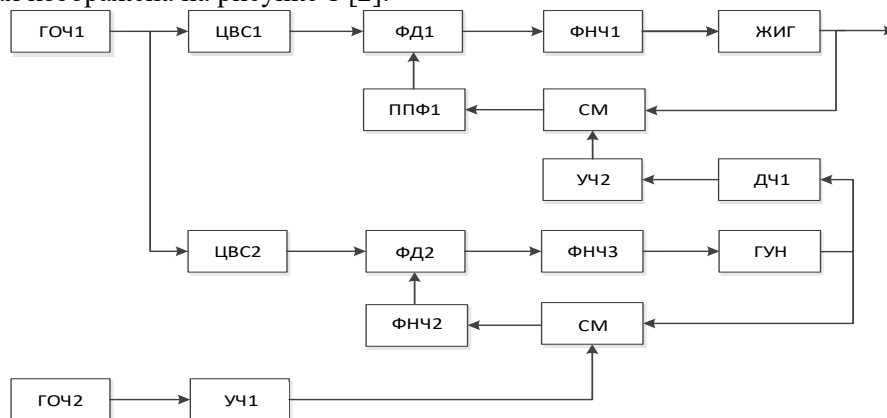


Рис.1. Структурная схема маломушьящего гетеродина анализатора спектра

На структурной схеме применены обозначения: ГОЧ1 и ГОЧ2 – генераторы опорной частоты; ЦВС1 и ЦВС2 – цифровые вычислительные синтезаторы; ФД1 и ФД2 – фазовые детекторы; ППФ1 – полосно-пропускающий фильтр; СМ1 и СМ2 – смесители частот; ДЧ1; УЧ1 и УЧ2 – умножители частоты; ФНЧ1, ФНЧ2, ФНЧ3 – Фильтры нижних частот; ГУН – генератор управляемый напряжением; ЖИГ – генератор с перестройкой на железо-иттриевом гранате

Математическая модель СПМ фазовых шумов маломушьящего гетеродина анализатора спектра на гибридных синтезаторах имеет следующий вид:

$$S_{\text{ФАПЧ1}} = \left(S_{\text{ГОЧ}}(F) K_{\text{ЦВС1}}^2 + S_{\text{ЦВС1}}(F) + S_{\text{СМ}}(F) + S_{\text{ФД1}}(F, f_{\text{ср1}}) + S_{\text{ДЧ2}}(F) \right) (|H_{31}|)^2 + S_{\text{ЖИГ}} |H_{32}|^2$$

;

где $S_{\text{Гоч}}$, $S_{\text{цвс1}}$, $S_{\text{см}}(F)$, $S_{\text{Фд1}}$, $S_{\text{дч2}}$, $S_{\text{жиг}}$ – математические модели соответствующих звеньев гетеродина; H_{31} и H_{32} передаточные функции ФАПЧ по внешним и внутренним шумам.

На рисунке 2 приведены результаты моделирования шумовых характеристик малошумящего гетеродина анализатора спектра для следующих значений частот:

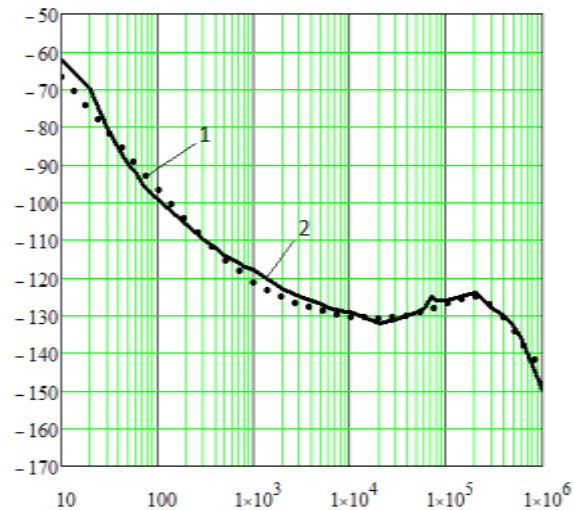


Рис. 2. СПМ фазовых шумов малошумящего гетеродина анализатора спектра на гибридных синтезаторах 1) математическая модель 2) экспериментальные данные

Таким образом, сравнивая 2 получившиеся характеристики, можно сказать, что математическая модель разработана верна и благодаря её использованию появляется возможность для теоретической оценки СПМ уровня фазовых шумов малошумящего гетеродина анализатора спектра на гибридных синтезаторах. Так же по данным характеристикам можно сказать, что уровень СПМ фазовых шумов на отстройке 10 кГц достигает -130 дБн/Гц.

Литература

1. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н., Якименко К.А. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2014, №1. С. 5 – 20/
2. Бельчиков, С. Фазовый шум: как спуститься ниже –120 дБн/Гц на отстройке 10 кГц в диапазоне частот до 14 ГГц, или Борьба за децибелы // Компоненты и технологии. - 2009. - № 5. - С.139 - 146