



Для анализа шумовых свойств гибридных синтезаторов были использованы известные модели спектральных плотностей мощности (СПМ) фазовых флуктуаций отдельных звеньев, основанные на степенной аппроксимации экспериментальных зависимостей и заимствованные из различных источников, в частности, [3]. В случае необходимости исследования устройств при больших фазовых флуктуациях, когда проявляются нелинейные свойства составляющих блоков, для получения выражений может быть использован разработанный авторами аппарат на основе кусочно-линейных передаточных характеристик [2].

Расчет характеристик конкретных гибридных синтезаторов проведем для следующих значений параметров составляющих блоков:  $f_{ог} = 100$  МГц,  $K_{цвс} = 0,31$ ,  $N_{цап} = 12$ ,  $N_{дпкд} = 10$ , коэффициенты степенной аппроксимации СПМ фазовых шумов ЦВС  $k_1 = -9,2$ ,  $k_2 = -8,4$ ,  $k_3 = -16,8$ ,  $k_4 = -14,5$ , частоты среза фильтров нижних частот первого порядка, используемых в качестве Ф, Ф\* и ФА:  $f_{ср} = 100$  кГц, крутизны характеристик фазовых детекторов и УФ  $K_{фд} = K_{фд} = K_{уф} = 1$ , крутизна модуляционной характеристики  $K_{гун} = 4$  МГц/В.

Обозначим  $N_A$ ,  $N^*$  – коэффициенты регулирования автокомпенсатора для помех ЦВС и ФАПЧ соответственно. На рис. 2а и 2б приведены графики СПМ фазовых флуктуаций отдельных блоков схем ГСЧ1 и ГСЧ2 соответственно при  $N_A = N^* = 100$ . Область подавления помех ЦВС и УФ ограничена полосой пропускания фильтра автокомпенсатора ФА. Из сравнения рисунков 2а и рис. 2б видно, что в рассматриваемых устройствах вклады ОГ и ФАПЧ компенсируются только при больших значениях отстройки  $F > 1000$  Гц. Выигрыш схемы ГСЧ2 по сравнению с ГСЧ1 в уровне фазового шума составляет 10...17,5 дБ/Гц и наиболее существенно проявляется в узком диапазоне отстроек  $F = 50...1500$  Гц.

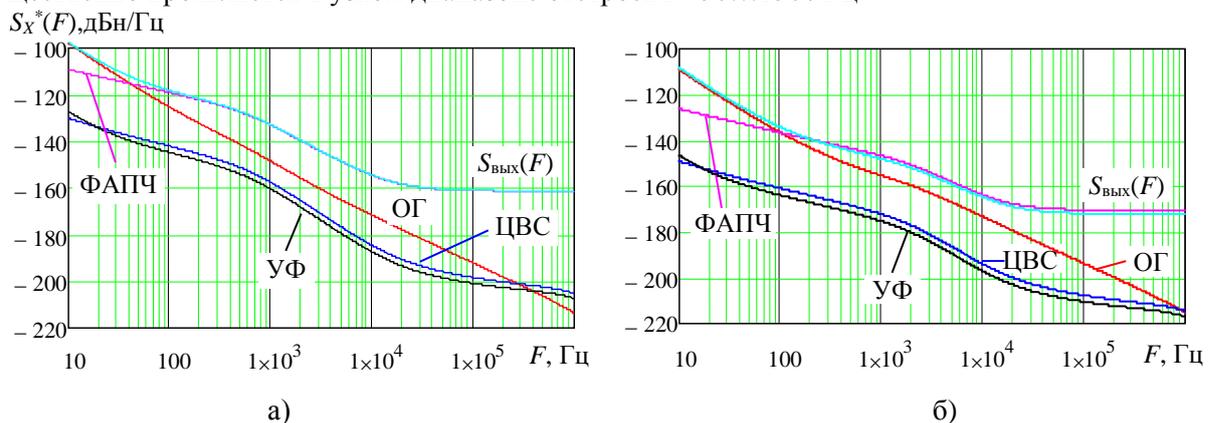


Рис. 2. Графики СПМ фазовых шумов блоков схем ГСЧ1 и ГСЧ2

Моделирование шумовых свойств показало высокую эффективность исследуемых схем при больших значениях коэффициентов регулирования автокомпенсаторов помех ЦВС и ФАПЧ (100...1000). Установлено, что схема ГСЧ2 (рис. 2) обладает сравнительно лучшими шумовыми свойствами по сравнению с первой схемой (рис. 1).

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

#### Литература

1. Кочемасов В.Н. Цифровые вычислительные синтезаторы – применение в системах синтеза частот и сигналов. – Электроника: НТБ, 2014, №8. – С. 171-178.
2. 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.
3. Рьжков А.В., Попов В.Н. Синтезаторы частот в технике радиосвязи – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с.