

Сравнительный анализ формирователей сигналов на основе ЦВС и ФАПЧ по уровню фазового шума

В [1-3] описаны структурные схемы формирователей сигналов на основе гибридных синтезаторов частот (ГСЧ) с кольцом фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и автоматической компенсации фазовых искажений (АКФИ) цифрового вычислительного синтезатора (ЦВС). Для оценки эффективности их применения проведем сравнительную оценку шумовых характеристик формирователя с ЦВС в качестве опорного генератора петли ФАПЧ при наличии и отсутствии цепи автокомпенсации с одной из практических схем.

Формирователи сигналов (ФС) строятся по обобщенной схеме, изображенной на рис. 1. На схеме приняты следующие обозначения: ОГ - опорный генератор; ФСЧ - формирователь сетки частот; УЧ1 и УЧ2 - умножители частот ОГ и ФСЧ соответственно.

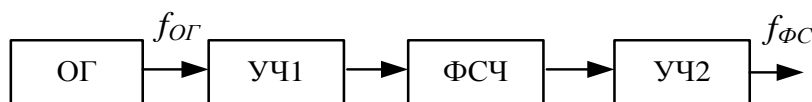


Рис. 1.

Одним из наиболее часто используемых формирователей является вариант построения схемы рис. 1, где в качестве ФСЧ используется ЦВС, а УЧ1 для повышения тактовой частоты ЦВС реализован на ФАПЧ [4]. Данная схема содержит одинаковые структурные элементы со схемой гибридного синтезатора с ЦВС в качестве опорного генератора ФАПЧ.

Для исследования шумовых характеристик составлены эквивалентные функциональные схемы обоих формирователей со всеми источниками действующих фазовых шумов, установлен шумовой вклад составляющих звеньев формирователей и получены выражения спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых флуктуаций на выходе устройств. На рис. 2 приведены результаты моделирования шумовых характеристик исследуемых схем с фильтром нижних частот 1-го порядка и выходными частотами 800 и 2720 МГц. Для моделирования приняты следующие параметры устройства: коэффициент умножения тактовой частоты ЦВС $K_{ЦВС} = 0.2$, крутизна модуляционной характеристики ГУН системы ФАПЧ $K_f = 8$ МГц/В, частота опорного генератора $f_{ог} = 50$ МГц.

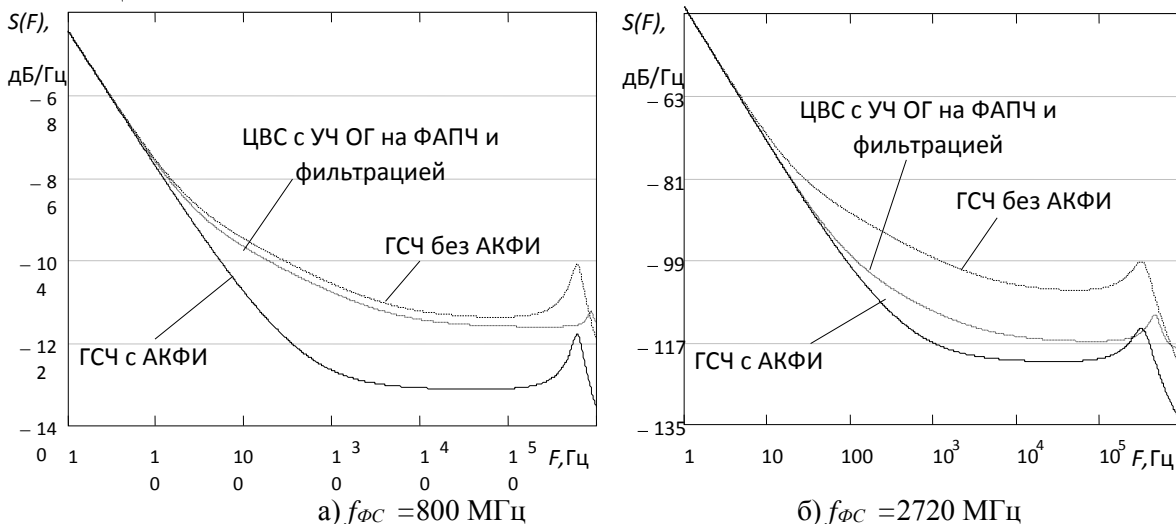


Рис. 2.

Наименьшим уровнем фазовых шумов обладает формирователь на основе гибридного синтезатора с ЦВС, охваченным цепью АКФИ [1-3]. В тоже время, используемая на практике схема с ЦВС и умножением опорной частоты на ФАПЧ обладает лучшими шумовыми характеристиками, чем гибридный синтезатор без автокомпенсации, за счет подавления фазовых шумов в выходном

Секция 7. Машиностроение и материаловедение

сигнале формирователя с помощью фильтрации и меньшего умножения опорной частоты в петле ФАПЧ.

На рис. 3 представлен результат моделирования – графические зависимости СПМ фазовых флуктуаций на выходе исследуемых схем формирователей в зависимости от выходной частоты устройств с шагом 80 МГц. Сравнение проводилось при отстройке частоты 1 кГц.

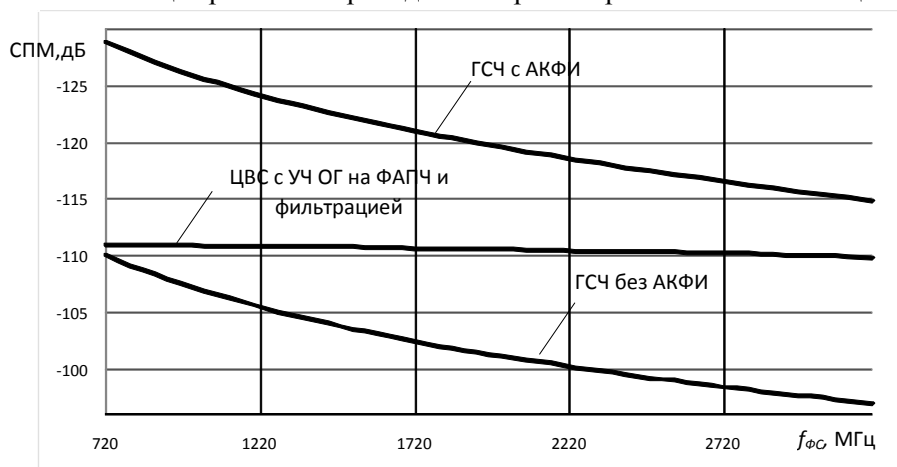


Рис.3.

Максимальная степень компенсации фазовых искажений ГСЧ с АКФИ относительно ФС с ЦВС и умножением опорной частоты на ФАПЧ в заданном диапазоне частот составляет 17.9 дБ, минимальная составляет 5.1 дБ.

Использование предложенных схем гибридных синтезаторов с АКФИ позволяет удовлетворить требования к формирователю с запасом, тем самым улучшив технические показатели радиотехнической системы, а также смягчить требования к параметрам блоков устройства.

Литература

1. 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). Proceedings. –Omsk: Omsk State Technical University. Russia, Omsk, May 21–23, 2015. - IEEE Catalog Number: CFP15794-CDR.
2. Vasilyev G.S., Kurilov I.A., Kuzichkin O.R., Surzhik D.I., Kharchuk S.M. Modeling of noise properties of the signals former based on direct digital frequency synthesizer with autocompensating phase noise // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). Proceedings. –Omsk: Omsk State Technical University. Russia, Omsk, May 21–23, 2015. - IEEE Catalog Number: CFP15794-CDR.
3. Vasilyev G.S., Surzhik D.I., Kurilov I.A., Kharchuk S.M. Suppression of the phase noise of signal formers on the basis of DDS and PLL // 25th International Crimean Conference on Microwave & Telecommunication Technology (CriMiCo'2015). – Sevastopol, September 6 – 12, 2015. – pp. 209-211. – IEEE Catalog Number: CFP15788-PRT, CFP15788-CDR. – ISBNs: 978-1-4673-9413-0 (CD), 978-1-4673-9414-7, 978-1-4673-9415-4. - Pp. 223-224.
4. 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. №2 (10), 2014. – С. 30-38.