

Ромашов В.В., Якименко К.А., Докторов А.Н.
 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: yakimenko.kirill@yandex.ru

Экспериментальное исследование шумовых характеристик гибридного синтезатора частот, использующего образы основной частоты ЦВС

В настоящее время в качестве формирователей сигналов широко применяются гибридные синтезаторы частот (ГСЧ) на основе косвенного метода синтеза (системы фазовой автоподстройки частоты – ФАПЧ) и прямого цифрового метода синтеза (цифровой вычислительный синтезатор – ЦВС), которые обеспечивает малый шаг перестройки частоты и свободный от побочных составляющих спектр выходного сигнала [1]. Существенно снизить уровень фазовых шумов гибридных синтезаторов частот с ЦВС в качестве генератора подставки позволяет применение дискретных копий спектра основной частоты ЦВС – образцов основной частоты [2]. Целью данного исследования является разработка экспериментального образца гибридного синтезатора частот, использующего образцы основной частоты ЦВС, и исследование его шумовых характеристик.

Экспериментальный образец ГСЧ, использующего образцы основной частоты ЦВС, реализован на современных интегральных микросхемах фирмы Analog Devices: ADF4113HV (микросхема ФАПЧ, содержащая частотно-фазовый детектор (ЧФД), и два делителя частоты ДЧ1 и ДЧ2 с коэффициентами деления R и N соответственно) и AD9910 (микросхема ЦВС с 14-разрядным цифроаналоговым преобразователем). В качестве смесителя применяется отладочный модуль с микросхемой AD831. В качестве усилителя – ADL5536. Разработанный экспериментальный образец ГСЧ, использующего образцы основной частоты ЦВС, формирует диапазон от 280 до 305 МГц с шагом перестройки частоты, составляющим тысячные доли Гц. В ходе работы было проведено исследование шумовых характеристик экспериментального образца.

Измерения проводились при следующих параметрах синтезатора: тактовая частота $f_T = 100$ МГц, выходная (основная) частота ЦВС микросхемы AD9910 $f_{ЦВС} = 25$ МГц, выходная частота $f_{ВЫХ} = 300$ МГц, частота сравнения $f_{СР} = 1$ МГц, коэффициент деления $R = 100$. Образцы основной частоты ЦВС выделялись полосовыми фильтрами ПФ1-ПФ5.

На рис. 1 представлены спектры выходного сигнала ГСЧ, использующего образцы основной частоты ЦВС, реализованного на экспериментальной установке, а) – в широком диапазоне отстройки от несущей (120 МГц), б) – в малом диапазоне (200 кГц).

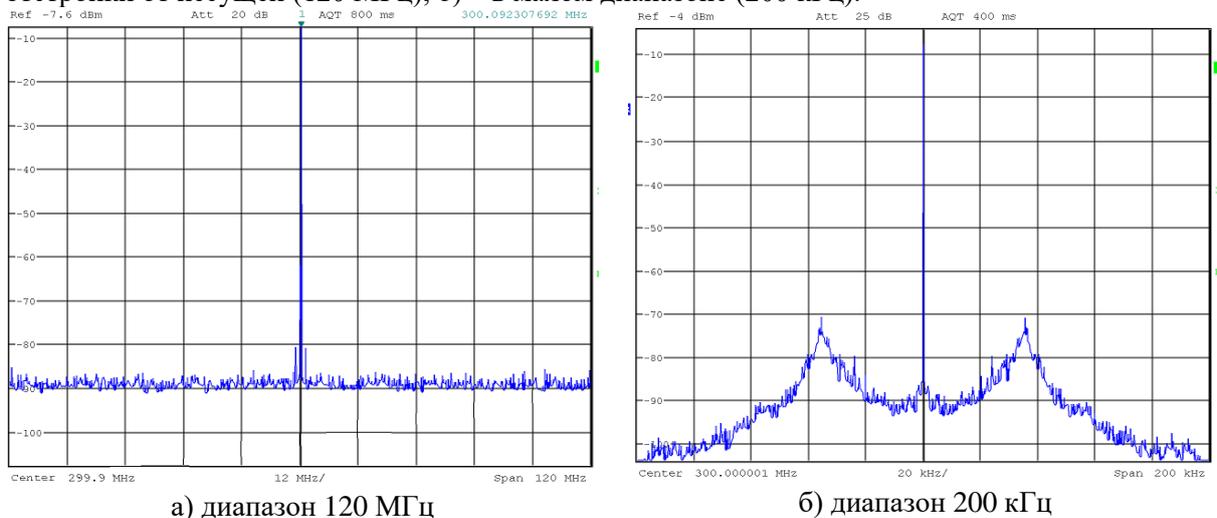


Рис. 1. Спектры выходного сигнала ГСЧ, использующего образцы основной частоты ЦВС

По рис. 1 видно, что на отстройках до 40 кГц от несущей возрастает шумовой пьедестал, что соответствует полосе захвата системы ФАПЧ. Уровень и форма всплесков шумов по краям шумового пьедестала зависит от типа и параметров петлевого ФНЧ.

На рис. 2 представлены СПМ фазовых шумов гибридных синтезаторов частот полученные экспериментально и рассчитанные теоретически по математическим моделям из [3]. Цифрами обозначены: СПМ фазовых шумов ГСЧ с ЦВС в качестве генератора подставки, т.е. измерение проводилось на основной частоте ЦВС (1– модель, 2 – эксперимент) и ГСЧ, использующего образы основной частоты ЦВС при $n = 1$ (3 – модель, 4 – эксперимент), при $n = 2$ (5 – модель, 6 – эксперимент), при $n = -3$ (7 – модель, 8 – эксперимент).

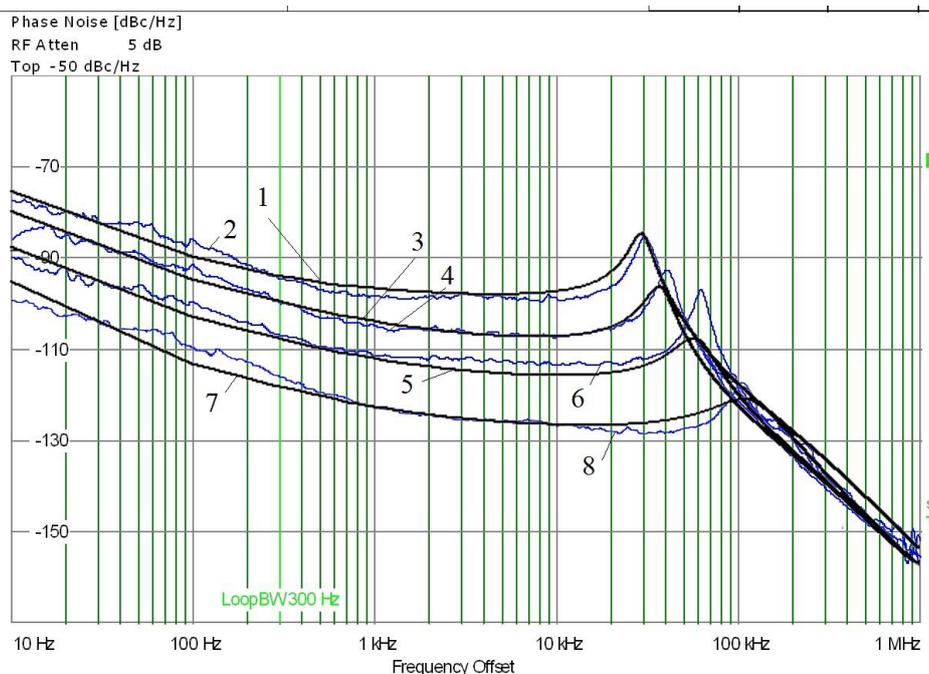


Рис.2. СПМ фазовых шумов экспериментального образца ГСЧ

В соответствии с рис. 2, разработанные математические модели СПМ фазовых шумов гибридных синтезаторов частот позволяют проводить моделирование шумовых характеристик с достаточной степенью точности (1-4 дБн/Гц). Применение образов с номерами до $n = -3$ обеспечивает малое значение коэффициента деления (до $N_2=25$), что приводит к выигрышу по уровню фазовых шумов перед ГСЧ с ЦВС в качестве генератора подставки до 25 дБн/Гц.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-00299 мол_a

Литература

1. Ченакин, А. Частотный синтез: текущие решения и новые тенденции / А. Ченакин // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. – 2008. – №1. – С. 92-97.
2. Ромашов, В.В. Применение образов основной частоты ЦВС в гибридных синтезаторах частот / В.В. Ромашов, Л.В. Ромашова, К.К. Храмов, К.А. Якименко // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2013, №3. С. 19-24.
3. Ромашов, В.В. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот / В.В. Ромашов, Л.В. Ромашова, К.К. Храмов, А.Н. Докторов, К.А. Якименко // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2014, №1. С. 5-20.