

Анализ результатов измерения шумовых характеристик цифрового вычислительного синтезатора AD9910

Цифровые вычислительные синтезаторы (ЦВС) широко используются во многих радиотехнических системах, измерительных приборах, а также системах передачи данных, метрологических комплексах и медицинском оборудовании. Основной качественной характеристикой таких синтезаторов является спектральная плотность мощности (СПМ) фазовых шумов. Для более эффективного проектирования формирователей сигналов, построенных на основе ЦВС, требуется оперативно оценить уровень фазовых шумов таких синтезаторов. Это возможно с помощью методов математического моделирования спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых шумов. Подробно метод математического моделирования, и использование его для расчета уровня фазовых шумов ЦВС рассмотрено в [1, 2].

В работах [3, 4] было проведено экспериментальное измерение СПМ фазовых шумов ЦВС AD9910 как на основной частоте выходного сигнала, так и на образцах, а также сравнение полученных на практике результатов с результатами математического моделирования.

В дальнейшем, для исследования метода моделирования, оценки погрешности и повышения точности математической модели собственных фазовых шумов интегрального ЦВС AD9910 была проведена серия подобных экспериментов по измерению фазовых шумов данного ЦВС на основной частоте.

Эксперименты проводились с цифровым вычислительным синтезатором AD9910, тактовым сигналом для которого был выходной сигнал высокостабильного генератора опорной частоты SMA100A компании Rohde & Schwarz. Измерение фазовых шумов ЦВС AD9910 было выполнено с помощью анализатора сигналов и спектра R&S FSUP8. Пример СПМ фазовых шумов ЦВС AD9910, полученный в процессе одного из экспериментов, приведен на рис. 1, а; на рис. 1, б показано сравнение результатов моделирования и эксперимента.

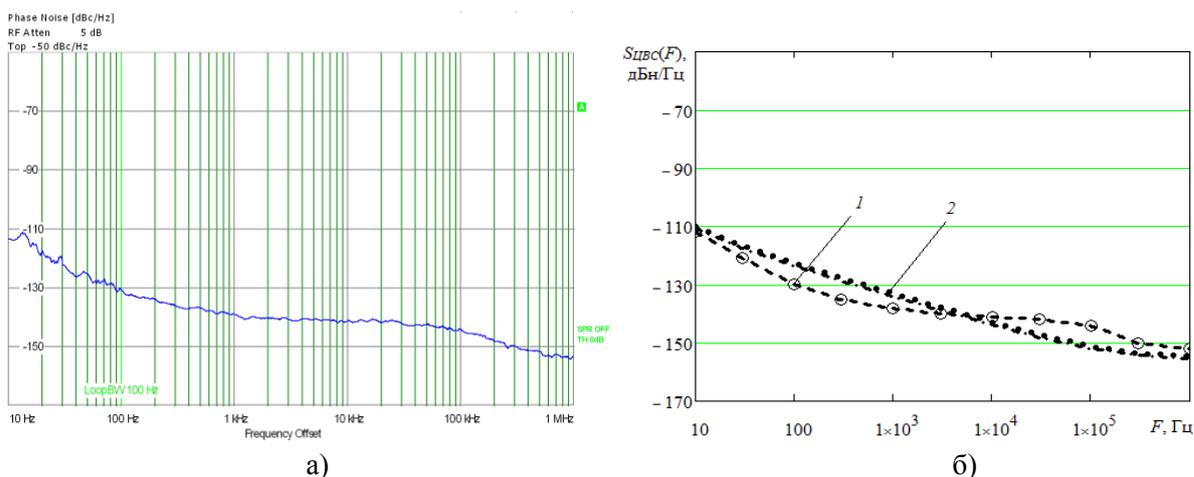


Рис. 1 СПМ фазовых шумов ЦВС AD9910 при $f_T = 300$ МГц, $f_{ЦВС} = 75$ МГц : а) эксперимент, б) сравнение эксперимента (1) с аппроксимацией СПМ фазовых шумов ЦВС (2).

В таблице 1 приводится оценка абсолютной погрешности математической модели СПМ фазовых шумов ЦВС AD9910, полученная на основе сравнения результатов экспериментальных измерений и математического моделирования.

Таблица 1. Анализ результатов и оценка погрешности моделирования.

Тактовая частота, МГц		100			300			900		
$K_{ЦВС}$		0,0625	0,1	0,125	0,0625	0,1	0,125	0,0625	0,1	0,125
Погрешность, дБн/Гц, $S_{ЦВС_{экс}} - S_{ЦВС_{мод}}$ при частоте отстройки F, Гц	10	-7	-1	13	-14	-12	-17	-5	0	-1
	100	-0	1,5	-4	-15	-6	-18	-5	8	-2
	1000	9	9	-10	-11	-7	-15	-1	9	-2
	10^5	5	2	6	-1	-2	-3	9	10	10
	10^6	7	4,5	6	-3	-1	-6	4	5	5
Тактовая частота, МГц		100			300			900		
$K_{ЦВС}$		0,2	0,25	0,4	0,2	0,25	0,4	0,2	0,25	0,4
Погрешность, дБн/Гц, $S_{ЦВС_{экс}} - S_{ЦВС_{мод}}$ при частоте отстройки F, Гц	10	-9	-6	-20	-3	-1	-7	2	-8	-4
	100	-3	-9	-18	-2	-3	-7	9	-7	3
	1000	3	-6	-7	-5	-4	-8	12	-3	7
	10^5	-1	0	-11	-3	8	0	14	9	10
	10^6	-0	1	-7	-4	3	-7	7	4	4

Анализируя данные о погрешности моделирования из таблицы 1, можно заметить, что точность математической модели зависит от тактовой частоты. Вероятно, это вызвано зависимостью коэффициентов аппроксимации k_1, k_2, k_3, k_4 от тактовой частоты ЦВС. Видно, что наименьшая точность моделирования возникает при работе ЦВС AD9910 на низкой тактовой частоте – 100 МГц. Следует отметить, что при такой тактовой частоте работа ЦВС еще устойчива, но при снижении тактовой частоты прямого тактирования ниже 60 МГц цифровой вычислительный синтезатор AD9910 перестает работать. Наименьшая погрешность достигается при тактовой частоте ЦВС 300 МГц, для $K_{ЦВС} = 0,2 - 0,3$.

В дальнейшем потребуется провести еще ряд экспериментов для проверки имеющихся экспериментальных данных, а также исследовать зависимость коэффициентов аппроксимации k_1, k_2, k_3, k_4 от тактовой частоты ЦВС. Это позволит повысить точность математических моделей спектральной плотности мощности фазовых шумов цифровых вычислительных синтезаторов, как на основной частоте выходного сигнала, так и на ее образах.

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

Литература

1. Romashov V.V., Romashova L.V., Khramov K.K., Doktorov A.N. Simulation of Noise Curves of the New Integrated DDS from Analog Devices // Proc. of the 2013 Int. Siberian Conf. on Control and Communications (SIBCON). – Krasnoyarsk: Siberian Federal University. Russia, Krasnoyarsk, September 12–13, 2013. IEEE Catalog Number: CFP13794-CDR. ISBN: 978-1-4799-1060-1.
2. Romashov V.V., [Romashova L.V.](#), Doktorov A.N. The mathematical model of noise characteristics of a direct digital synthesizer with the built-in multiplier of clock frequency on PLL // Proc. of the 2015 Int. Siberian Conf. on Control and Communications (SIBCON). – Omsk State Technical University. Russia, Omsk, Mai 20–22, 2015. ISBN: 978-147997102-2. DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147197
3. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н. Модель спектральной плотности мощности фазовых шумов цифровых вычислительных синтезаторов на образах основной частоты // Радиопромышленность. 2012, №2. С.38-48.
4. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Докторов А.Н., Якименко К.А. Экспериментальная проверка моделей шумовых характеристик интегральных цифровых вычислительных синтезаторов компании Analog Devices // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2016. - №3 – С.15-24.