

В.В. Ромашов, Л.В. Ромашова, А.Н. Докторов, Д.А. Хазов
 Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
 602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская, 23
 E-mail: romashovmurom@mail.ru, doctorov_a_n@mail.ru

Измерение спектральной плотности мощности фазовых шумов ЦВС с использованием высокостабильного генератора опорной частоты

Цифровые вычислительные синтезаторы (ЦВС) широко используются во многих радиотехнических системах, измерительных приборах, а также системах передачи данных. 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]. Для проверки результатов моделирования, и оценки его точности, необходимо провести экспериментальное измерение уровня фазовых шумов ЦВС на основной частоте выходного сигнала.

Кроме того, имеется возможность использовать образы основной частоты ЦВС для формирования радиосигналов. Моделирование СПМ фазовых шумов ЦВС на образцах рассмотрено в [3, 4].

Эксперимент проводился 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.

Непосредственно перед измерением СПМ фазовых шумов ЦВС была измерена шумовая характеристика ГОЧ SMA100A (рис.1, а) на частоте 300 МГц.

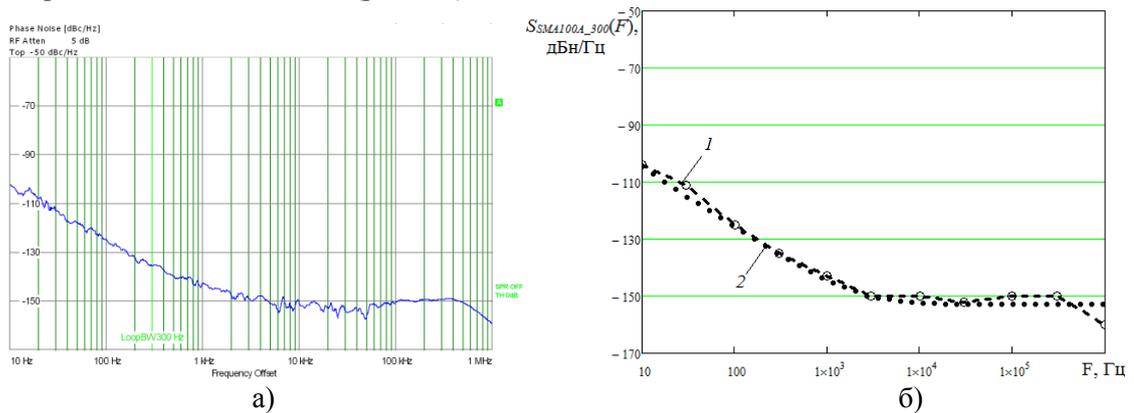


Рис.1. СПМ фазовых шумов ГОЧ SMA100A при $f_T = f_{ГОЧ} = 300$ МГц: а) эксперимент, б) сравнение эксперимента (1) с аппроксимацией СПМ фазовых шумов ГОЧ (2)

В дальнейшем, данная характеристика ГОЧ SMA100A потребуется при моделировании СПМ фазовых шумов ЦВС AD9910. Аппроксимация полученной характеристики с помощью математической модели

$$S_{SMA100A_300MHz}(F) = \frac{10^{-8.0}}{F^3} + \frac{10^{-8.6}}{F^2} + \frac{10^{-8.0}}{F} + 10^{-15.3} \quad (1)$$

показана на рис. 1, б, кривая 2.

С использованием данного высокостабильного генератора опорной частоты было проведено измерение спектральной плотности мощности фазовых шумов ЦВС AD9910 на основной частоте выходного сигнала. Результаты измерения, а также их сравнение с теоретическим уровнем СПМ фазовых шумов, полученным с помощью математического моделирования, приведены на рис. 2. а, б. Тактовая частота ЦВС AD9910 в данном случае равна 300 МГц, т.е. выходной частоте ГОЧ SMA100A.

СПМ фазовых шумов ЦВС можно определить по следующей формуле

$$S_{ЦВС}(F) = S_{ГОЧ}(F) \cdot K_{ЦВС}^2 + S_{ЦВС_собств}(F), \quad (2)$$

Секция 2. Анализ сигналов и систем

здесь $K_{\text{ЦВС}} = f_{\text{ЦВС}} / f_T$, $S_{\text{ЦВС_собств}}(F)$ - СПМ собственных фазовых шумов ЦВС, может определяться моделью СПМ фазовых шумов ЦВС [4].

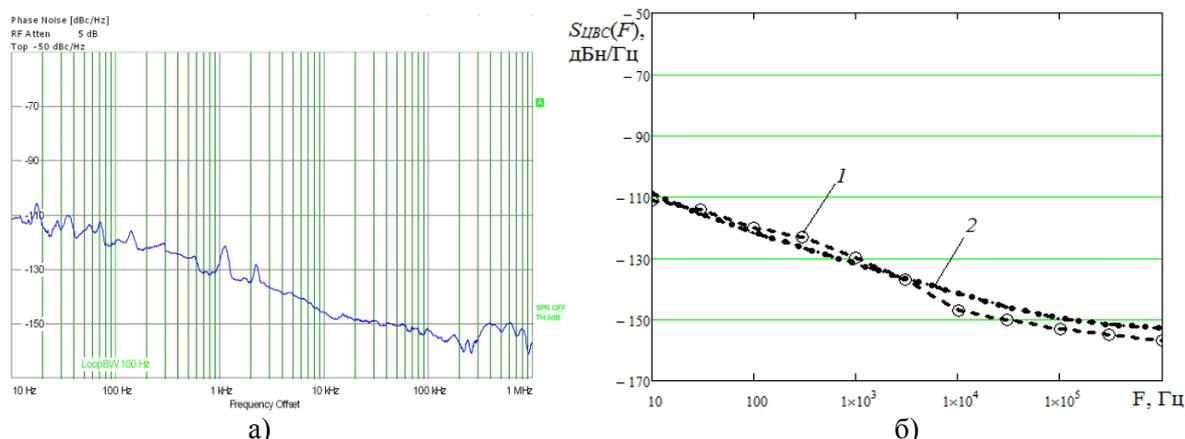


Рис. 2. СПМ фазовых шумов ЦВС AD9910 при $f_T = 300$ МГц, $f_{\text{ЦВС}} = 25$ МГц : а) эксперимент, б) сравнение эксперимента (1) с аппроксимацией СПМ фазовых шумов ЦВС (2)

Сравнение математического моделирования и экспериментального измерения СПМ фазовых шумов показывает, что метод математического моделирования позволяет определить уровень СПМ фазовых шумов интегральных ЦВС на приемлемом для практических применений ЦВС уровне.

В дальнейшем потребуется определить погрешность метода моделирования, что достаточно сложно, поскольку потребуется провести значительный ряд измерений. Необходимо выработать рекомендации по снижению погрешности, точному выбору и возможному диапазону значений коэффициентов аппроксимации k_1, k_2, k_3, k_4 в модели собственных фазовых шумов ЦВС.

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 образцах основной частоты // Радиопромышленность. 2012, №2. С.38-48.
4. Romashov V.V., Romashova L.V., Khramov K.K., Yakimenko K.A. The use of images of DDS in the hybrid frequency synthesizers // 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, CriMiCo 2014. Pp.302-303. Category number CFP14788-CDR; Code 109221. (DOI: 10.1109/CRMICO.2014.6959404)