

А.Н. Докторов, Д.А. Хазов  
 Научный руководитель: доктор техн. наук, проф. В.В. Ромашов  
 Муромский институт Владимирского государственного университета  
 602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, д.23  
 E-mail: romashovamur@mail.ru, doctorov\_a\_n@mail.ru

### Измерение спектральной плотности мощности фазовых шумов цифрового вычислительного синтезатора

Множество современных систем формирования радиосигналов использует цифровые вычислительные синтезаторы (ЦВС). При проектировании различных устройств на основе таких синтезаторов необходимо знать их шумовые характеристики. Для исследования шумовых свойств ЦВС используются методы экспериментального измерения и математического моделирования спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых шумов.

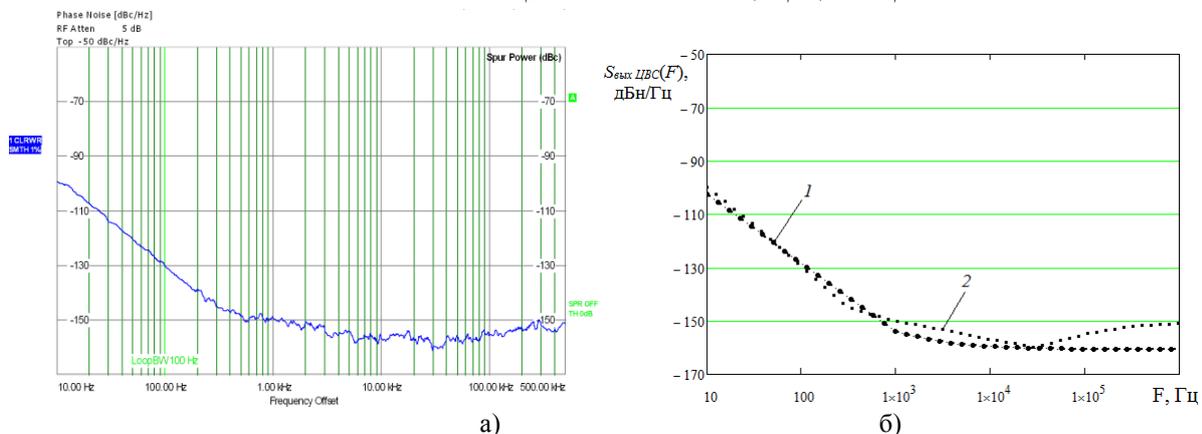
Экспериментальное измерение СПМ фазового шума может быть выполнено с помощью разных методик, таких как: прямое измерение анализатором фазового шума, измерение низкочастотной составляющей фазового шума при подавлении несущей, и измерение методом спектроанализатора. Проведем измерение СПМ фазовых шумов интегрального ЦВС AD9854 на основной частоте синтезируемого сигнала с помощью анализатора сигналов R&S FSUP8 компании Rohde & Schwarz. В данном приборе используется первый метод измерения. Результаты показаны на рис. 1-3 (а) для тактовой частоты  $f_T = 30$  МГц, основных синтезируемых частот  $f_{ЦВС} = 1,87$  МГц, 3,75 МГц, 7,5 МГц.

Воспользуемся методом математического моделирования, описанным в [1]. Математическая модель СПМ собственных фазовых шумов ЦВС рассмотрена в [2]:

$$S_{ЦВС}(F) = \left( \frac{f_{ЦВС}}{f_T} \right)^2 \left( \frac{10^{k_2}}{F^2} + \frac{10^{k_1}}{F} + 10^{k_4} \right) + \left( 10^{k_3} + 2^{-2N-0.59} \left( \frac{f_{ЦВС}}{f_T} \right)^2 \right) \quad (1)$$

СПМ фазовых шумов на выходе ЦВС:

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



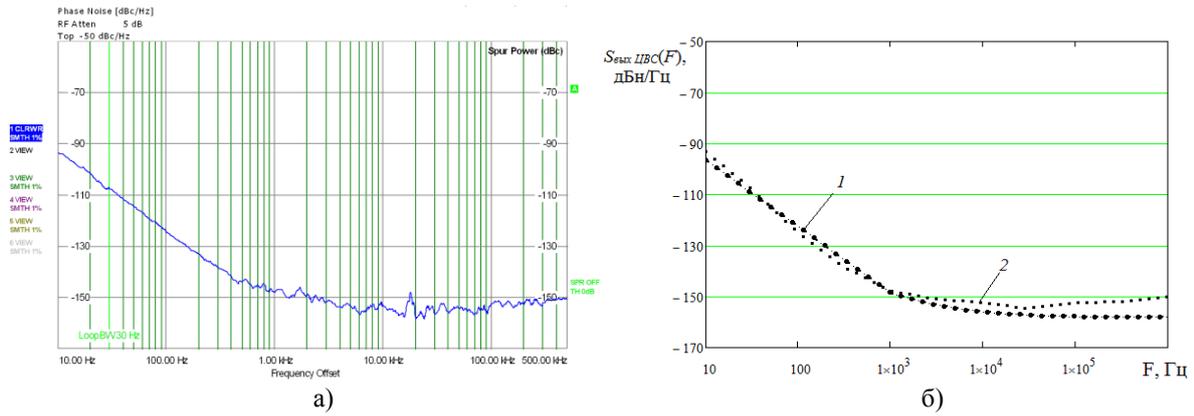
**Рис.1.** СПМ фазовых шумов ЦВС при основной частоте 1,87 МГц: а) экспериментальные данные, б) 1 - результат моделирования, 2 - экспериментальные данные

$S_{ГОЧ}(F)$  - СПМ фазовых шумов ГОЧ. Для моделирования была проведена аппроксимация измеренной шумовой характеристики ГОЧ отладочного модуля с интегральным ЦВС AD9854, используемого в измерениях. Математическая модель ГОЧ:

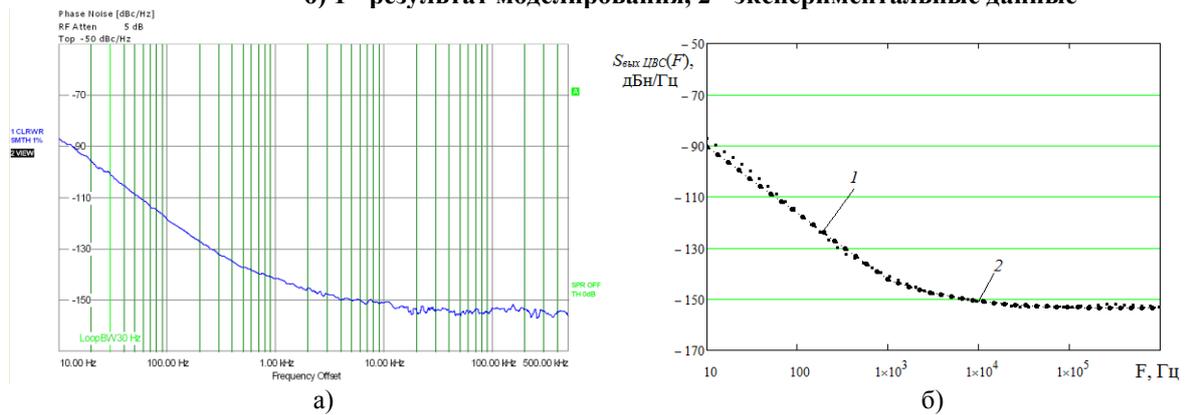
$$S_{ГОЧ}(F) = \frac{10^{-4.85}}{F^3} + \frac{10^{-15.8}}{F^2} + \frac{10^{-10.9}}{F} + 10^{-15.1}, \quad (3)$$

Сравнение результатов математического моделирования с данными эксперимента показано на рис. 1-3 (б).

## Секция 13. Моделирование радиоэлектронных устройств и систем



**Рис.2.** СПМ фазовых шумов ЦВС при основной частоте 3,75 МГц: а) экспериментальные данные, б) 1 - результат моделирования, 2 - экспериментальные данные



**Рис.3.** СПМ фазовых шумов ЦВС при основной частоте 7,5 МГц: а) экспериментальные данные, б) 1 - результат моделирования, 2 - экспериментальные данные

Видно, что результаты математического моделирования и экспериментальные данные СПМ фазовых шумов интегрального ЦВС AD9854 практически совпадают. Это подтверждает возможность применения метода математического моделирования шумовых характеристик для основной частоты выходного сигнала ЦВС.

### Литература

1. Ромашов В.В., Ромашова Л.В. Моделирование шумовых характеристик интегральных цифровых вычислительных синтезаторов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2011, №13. – С. 20 – 23.
2. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н. Моделирование шумовых характеристик новых интегральных цифровых вычислительных синтезаторов компании Analog Devices // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2013, №2. – С. 26 – 32.