

Божаткин И.А.

Научный руководитель д.т.н., проф. Ромашов В.В.

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: romashovamurom@mail.ru, ilya.bozhatkin@mail.ru

Экспериментальная установка для измерения спектральной плотности мощности фазовых шумов цифровых вычислительных синтезаторов и устройств формирования сигналов

Цифровые вычислительные синтезаторы широко применяются для формирования радиосигналов. Основной проблемой совершенствования данных радиосистем является повышение выходной частоты ЦВС. Одним из методов решения данной проблемы является использование образов основной частоты ЦВС [1]. Структурная схема формирователя, построенного на данном принципе, приведена на рис. 1, а в работах [2, 3] проведены исследования шумовых характеристик и частотного планирования.

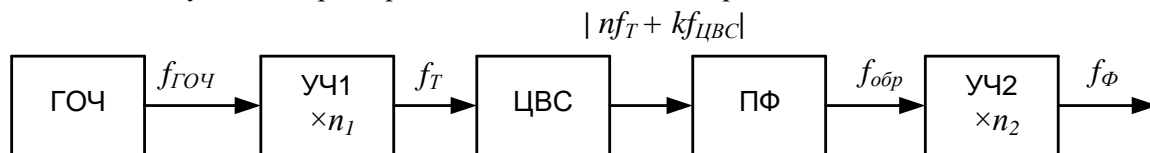


Рис. 1 Структурная схема формирователя сигналов

Частотное планирование формирователя сигналов с использованием образов основной частоты является сложной задачей. Для её решения в работе [4] был создан и исследован алгоритм частотного планирования.

Для оценки шумовых свойств данного формирователя сигналов, используем соотношение для спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых флуктуаций выходного сигнала:

$$S_{\text{фор}}(F) = (S_{\text{ФАПЧ}}(F)(n + K_{\text{ЦВС}})^2 + S_{\text{ЦВСобр}}(F)) \cdot n^2 + S_{\text{УЧ}}(F), \quad (1)$$

где: $S_{\text{ФАПЧ}}(F)$ - СПМ фазовых шумов ФАПЧ (УЧ1), $S_{\text{ЦВСобр}}(F)$ - СПМ собственных фазовых шумов ЦВС на образах основной частоты [5], $S_{\text{УЧ}}(F)$ - СПМ фазовых шумов выходного умножителя частоты, $K_{\text{ЦВС}}^2 = (f_{\text{ЦВС}}/f_{\text{T}})^2$ - коэффициент передачи фазовых шумов ЦВС, n_2 - коэффициент умножения выходного умножителя, F - частота отстройки, $f_{\text{ЦВС}}$ - основная выходная частота ЦВС, f_{T} - тактовая частота.

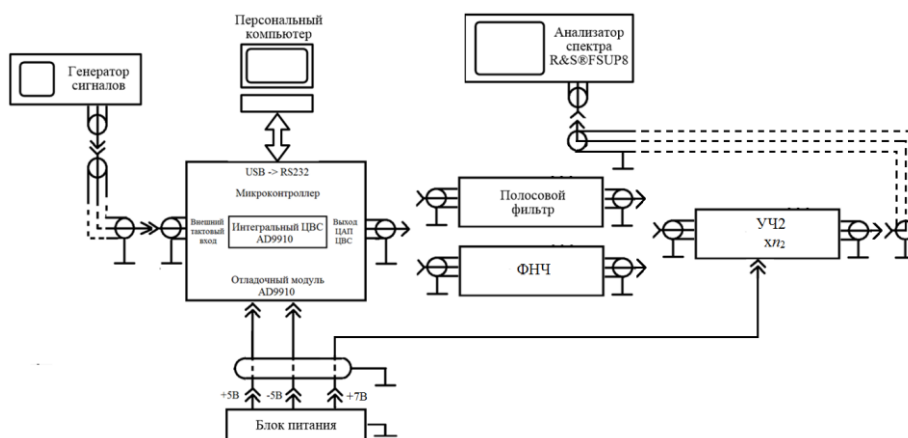


Рис. 2 Схема включения отладочного модуля AD9910

Для проведения эксперимента была собрана схема, изображенная на рисунке 2.

Созданная экспериментальная установка может быть использована и для экспериментальных измерений шумовых характеристик других ЦВС при замене отладочного модуля.

Результаты измерения и их сравнение с результатами математического моделирования фазовых шумов формирователя сигналов на основе интегрального цифрового вычислительного синтезатора AD9910, для тактовой частоты 600 МГц с использованием образа основной частоты ЦВС показаны на рисунке 3.

На рисунке 3а приведено экспериментальное исследование СПМ фазовых шумов формирователя сигналов при $n = -3$. На рисунке 3б приведено моделирование СПМ фазовых шумов на основной частоте при $n = 0$, и на частоте образа $n = -3$ и $n = -1$.

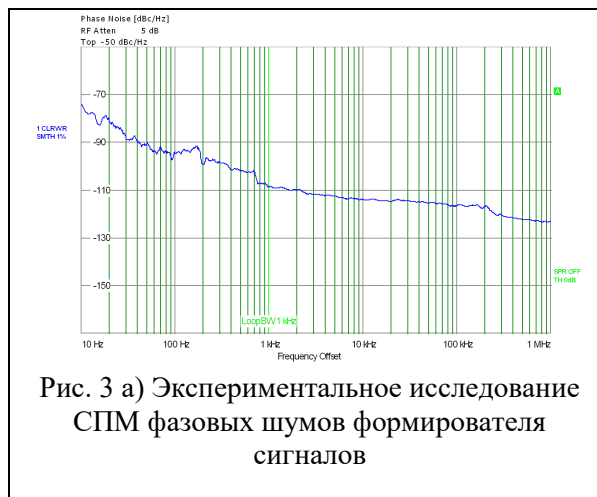


Рис. 3 а) Экспериментальное исследование СПМ фазовых шумов формирователя сигналов

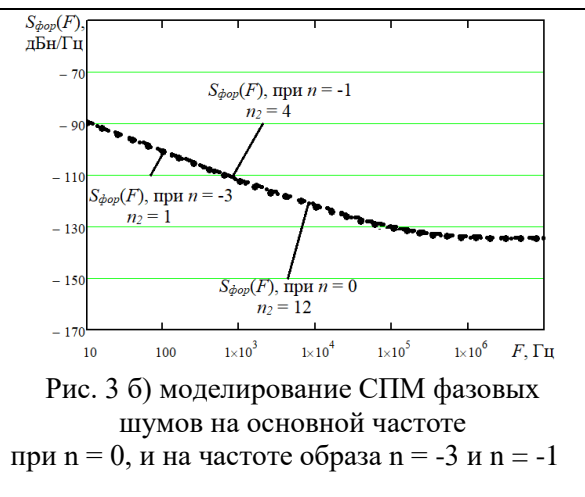


Рис. 3 б) моделирование СПМ фазовых шумов на основной частоте при $n = 0$, и на частоте образа $n = -3$ и $n = -1$

В ходе проведенного исследования было установлено, что использование образов позволяет при одной и той же выходной частоте формирователя сигналов снижать коэффициент умножения выходного умножителя без ухудшения шумовых свойств формирователя сигналов. Например, на рисунке 3б показано, что уровень СПМ фазовых шумов одинаков при $n_2 = 3$, $n_2 = -1$, $n_2 = 0$, т.е. можно обойтись без умножителей частоты при использовании образов. Это говорит о снижении числа каскадов выходного умножителя.

Таким образом, показана возможность повышения выходной частоты цифрового вычислительного синтезатора и улучшение характеристик формирователя сигналов с помощью применения образов основной синтезируемой частоты ЦВС.

Литература

1. Romashov, V.V. The use of images of DDS fundamental frequency for high-frequency signals formation / V.V. Romashov, K.K. Khramov, A.N. Doktorov // 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, CriMiCo. - 2014. - Pp. 310-311. Category number CFP14788-CDR; Code 109221. (DOI: 10.1109/CRMICO.2014.6959408).
2. Ромашов, В.В. Методы повышения частоты выходного сигнала формирователей на основе цифровых вычислительных синтезаторов / В.В. Ромашов, Л.В. Ромашова, К.К. Храмов, А.Н. Докторов // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. VI Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Муром, 14 февр. 2014 г. – Муром: ИПЦ МИ ВлГУ, 2014. – С.299-301.
3. Ромашов, В.В. Частотное планирование формирователей сигналов радиосистем на основе цифровых вычислительных синтезаторов / В.В. Ромашов, К.К. Храмов, А.Н. Докторов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2012. - №4 – С.10-16.
4. Докторов, А.Н. Анализ алгоритма частотного планирования формирователей сигналов с использованием образов основной частоты цифровых вычислительных синтезаторов / А.Н. Докторов // Перспективные технологии в средствах передачи информации: Материалы 12-ой

международной научно-технической конференции / Владим. гос. университет; редкол.: А.Г. Самойлов (и др). – Владимир: ВлГУ. 2017. – С.43-45.

5. Ромашов, В.В. Модель спектральной плотности мощности фазовых шумов цифровых вычислительных синтезаторов на образах основной частоты / В.В. Ромашов, Л.В. Ромашова, К.К. Храмов, А.Н. Докторов // Радиопромышленность. – 2012. - №2. – С.38 – 48.