

Божаткин И.А., Докторов. А.Н.
Научный руководитель д.т.н., профессор В.В. Ромашов
 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: romashovamur@mail.ru, ilya.bozhatkin@mail.ru

Математическое моделирование фазовых шумов формирователей сигналов с использованием образов основной частоты интегральных ЦВС

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. В работах [2, 3] проведены исследования шумовых характеристик и частотного планирования формирователя сигналов использующего образы основной частоты цифровых вычислительных синтезаторов.

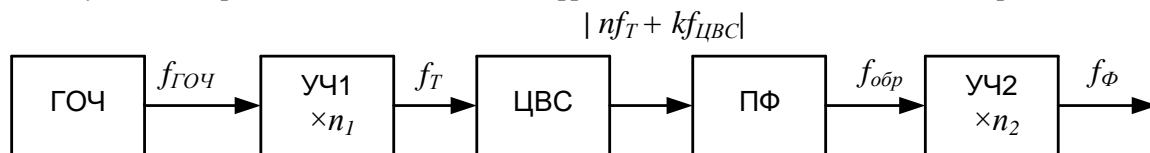


Рис. 1. Структурная схема формирователя сигналов

Частотное планирование формирователя сигналов с использованием образов основной частоты является сложной задачей. Для её решения и автоматизации проектирования формирователей сигналов радиосистем, 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, которое можно записать в виде

$$S_{\text{фор}}(F) = (S_{\text{ФАПЧ}}(F)(n + K_{\text{ЦВС}})^2 + S_{\text{ЦВСобр}}(F)) \cdot n_2^2 + S_{\text{УЧ}}(F), \quad (1)$$

где:

$S_{\text{ФАПЧ}}(F)$ - СПМ фазовых шумов ФАПЧ, $S_{\text{ЦВСобр}}(F)$ - 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.

В работе [6] исследовалась передискретизация выходного сигнала ЦВС и её применение для увеличения амплитуды гармоник образов, и соответственно отношения сигнал/шум. Передискретизация снижает уровень фазовых шумов формирователя сигналов, при использовании образов основной частоты цифровых вычислительных синтезаторов.

Результаты математического моделирования СПМ фазовых шумов формирователя сигналов с использованием образов основной частоты ЦВС и передискретизацией приведены на рис. 2. Для моделирования использовались следующие исходные данные: ЦВС AD9910, частота ГОЧ - $f_{\text{ГОЧ}} = 24$ МГц, тактовая частота $f_{\text{T}} = 600$ и 744 МГц, соответственно коэффициент умножения тактового умножителя n_1 был равен 25 и 31.

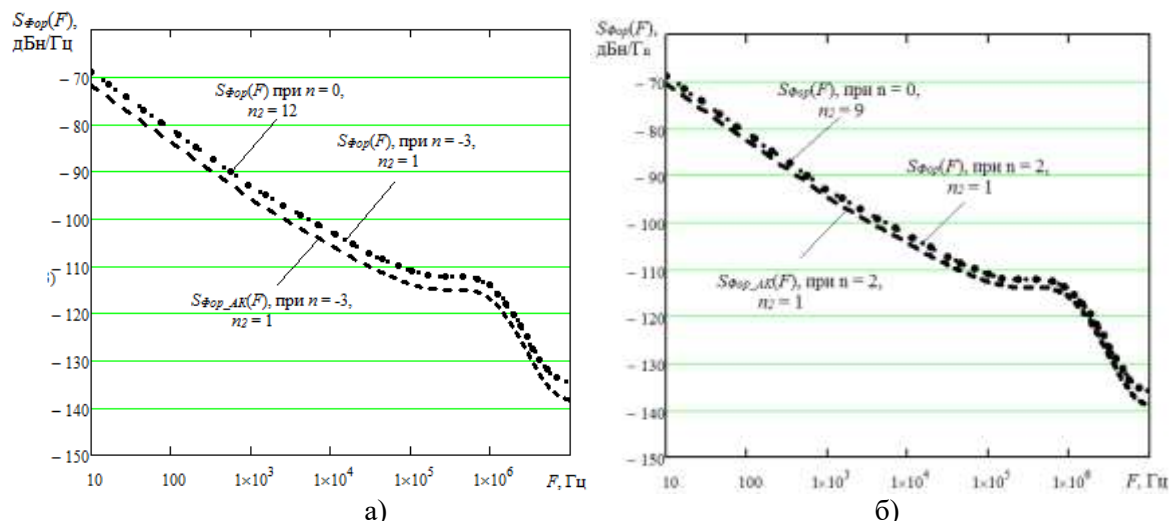


Рис. 2 Теоретический расчет СПМ фазовых шумов преобразователя
а) на -3 образе при $n_1=25$; б) на 2 образе при $n_1=31$

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 2а, показано уменьшение коэффициента n_2 от 12 до 1, на рисунке 2б – от 9 до 1. Это говорит о снижении числа каскадов выходного умножителя. При этом, использование передискретизации дополнительно позволяет снизить уровень фазовых шумов формирователя сигналов на 4 дБ/Гц для всех частот отстройки зависимости спектральной плотности мощности фазовых шумов.

Таким образом показана возможность повышение 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.
6. Докторов, А.Н. Исследование влияния передискретизации выходного сигнала цифрового вычислительного синтезатора на уровень дискретных составляющих / А.Н.

Докторов, Д.А. Хазов // Методы и устройства передачи и обработки информации, 2016, № 17.
С. 4-11.