

Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Докторов А.Н., Сочнева Н.А.
 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: romashovmurom@mail.ru, doctorov_a_n@mail.ru, sochnewa.natalya@yandex.ru

Исследование коэффициентов передачи фазового шума быстродействующих цифроаналоговых преобразователей при использовании образов основной частоты

Перспективным и активно развивающимся в настоящее время направлением синтеза частот является метод прямого цифрового синтеза. Формирование сеток частот высокочастотных диапазонов методом прямого цифрового синтеза предполагает использование современных подходов – быстродействующих цифроаналоговых преобразователей (ЦАП), использующих специальные режимы работы, позволяющие повысить эффективность использования побочных высокочастотных компонент спектра выходного сигнала. Данные компоненты называются образами основной частоты и образуются вследствие эффекта дискретизации.

Применение новых режимов работы ЦАП позволяет увеличить отношение сигнал/шум без использования дополнительных устройств, путем изменения огибающей частотной характеристики. В целом все это приводит к улучшению шумовых характеристик цифровых вычислительных синтезаторов [1-3].

Ранее в [4] были описаны специальные режимы работы быстродействующих ЦАП [5-7], а также частотные характеристики цифро-аналоговых преобразователей в данных режимах. В [8] получены основные выражения, описывающие коэффициенты передачи фазового шума.

Нормирование коэффициентов передачи фазовых шумов ЦАП в специальных режимах относительно коэффициента передачи фазового шума в обычном режиме (NRZ) и приведение к одной основной выходной частоте позволяет анализировать и сравнивать режимы работы ЦАП с точки зрения уменьшения фазовых шумов. Пример формулы нормированного коэффициента для режима RZ:

$$Z_{RZ_NRZ0}(K_{ЦВС}, n, q) = \frac{Z_{RZ}(K_{ЦВС}, n, q)}{Z_{NRZ}(K_{ЦВС}, 0, q) \cdot \frac{[n + K_{ЦВС}]^2}{K_{ЦВС}^2}} \quad (1)$$

Формулы нормированных коэффициентов других режимов (RF, RFZ, RFZ2) аналогичны данной формуле. На рисунках 1, 2 приведены результаты анализа нормированных коэффициентов передачи фазовых шумов в зависимости от образов основной частоты.

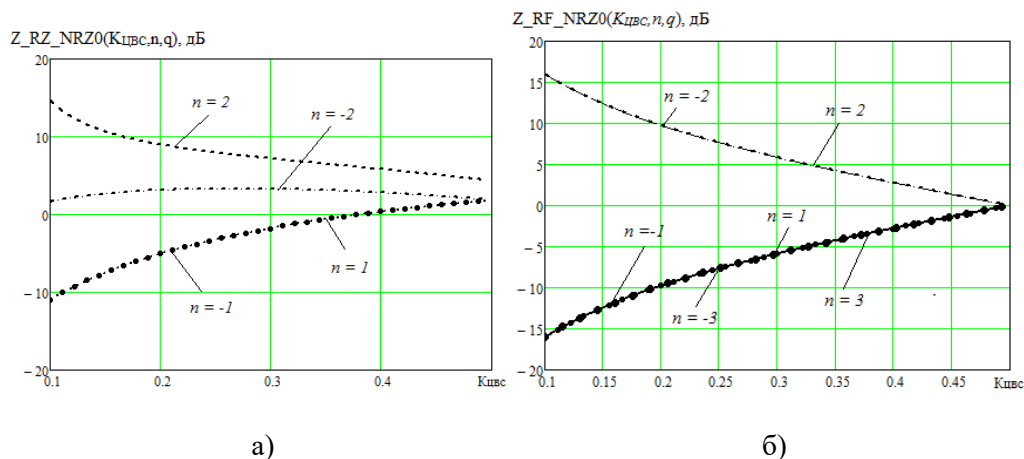


Рис.1 – Коэффициенты передачи фазовых шумов:
 а) режим RZ при коэффициенте заполнения q = 4, б) режим RF

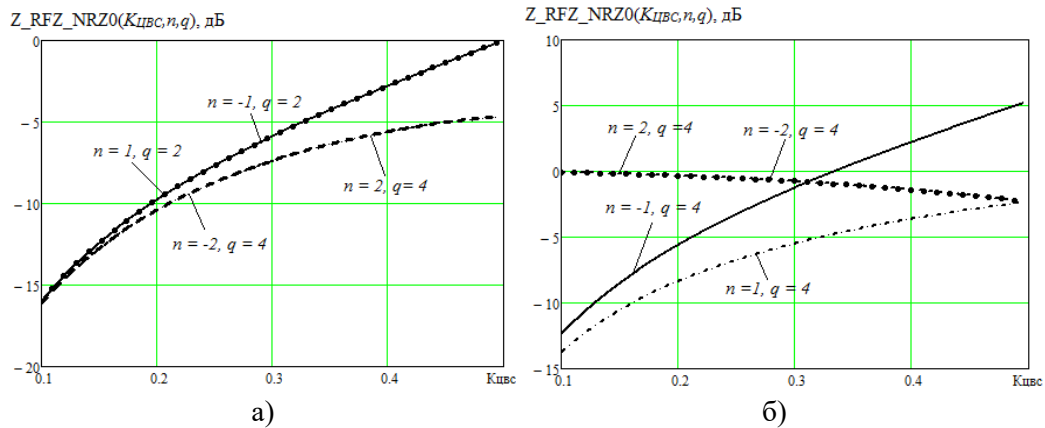


Рис.2 – Коэффициенты передачи фазовых шумов:
 а) режим RFZ при коэффициенте заполнения $q = 4$,
 б) режим RFZ2 при коэффициенте заполнения $q = 4$

Проанализируем полученные результаты. Для RZ режима лучше всего использовать первый положительный и первый отрицательный образы ($n = -1, 1$). В этом случае уменьшение уровня фазового шума может достигать 3.. 5 дБ в зависимости от значения $K_{ЦВС}$. Режим RFZ позволяет еще больше снизить уровень фазовых шумов, до 5...10 дБ при значениях $K_{ЦВС}$, оптимальных для фильтрации образов ($0,15 < K_{ЦВС} < 0,35$).

Из рисунка 2 видно, что наилучшим с точки зрения минимума фазовых шумов в RFZ режиме будет использование -2 и 2 образа. При этом уменьшение уровня фазовых шумов в требуемом диапазоне $K_{ЦВС}$ достигает 6..13 дБ. В RFZ2 некоторое преимущество дает использование первого положительного образа. Однако для режимов RZ, RFZ, RFZ2 требуется определить значения коэффициента заполнения восстанавливающего импульса ЦАП q , при которых снижение уровня фазовых шумов будет максимальным.

Литература

1. Romashov V.V., Khramov K.K., Doktorov A.N. "The Use of Images of DDS Fundamental Frequency for High-Frequency Signals Formation," 2014 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology Conference Proceedings. 2014, pp. 310-311.
2. Romashov V.V., Romashova L.V., Khramov K.K., Yakimenko K.A. "The Use of Images of DDS in the Hybrid Frequency Synthesizers," 2014 24th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology Conference Proceedings. 2014, pp. 302-303.
3. Ромашов В.В., Храмов К.К., Докторов А.Н. Частотное планирование формирователей сигналов радиосистем на основе цифровых вычислительных синтезаторов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2012, № 4. С. 10-15.
4. Khramov K.K., Romashov V.V. Mathematical modeling of operational modes of high-speed DACs. В сборнике: Информационные технологии и нанотехнологии. Сборник трудов ИТНТ-2018. Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева. 2018. С. 1403-1411.
5. High-SpeedDACs [Электронный ресурс]: сайт компании MaximIntegrated, 2017. URL: <https://para.maximintegrated.com/en/results.mvp?fam=hsdacs&tree=master>
6. High Speed DAC [Электронный ресурс]: сайт компании Analog Devices, Inc., 2017. URL: <http://www.analog.com/en/products/digital-to-analog-converters/high-speed-da-converters.html>
7. Kuckreja Ajay, OstremGeir, "High-Speed DACs ease transmitter designs," Microwave & RF, August 2010.
8. Ромашов В.В., Докторов А.Н., Якименко К.А., Сочнева Н.А., Матерухин С.Е. Математическое моделирование шумовых характеристик формирователей высокочастотных сигналов на основе быстродействующих цифро-аналоговых преобразователей // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2019. № 4. С. 52-59.