

Ромашов В.В., Докторов А.Н., Сочнева Н.А., Матерухин С.Е.
 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,
 materukhin.sergey@mail.ru, sochnewa.natalya@yandex.ru

Исследование коэффициентов передачи фазового шума быстродействующих цифроаналоговых преобразователей

Развитием широко используемого в технике синтеза частот метода прямого цифрового синтеза является применение быстродействующих цифроаналоговых преобразователей [1-3], позволяющих использовать образы основной частоты [4] более эффективно, за счет изменения огибающей частотной характеристики в специальных режимах работы.

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 [5, 6].

В работах [7, 8] были выведены основные соотношения, определяющие коэффициенты передачи фазовых шумов специальных режимов быстродействующих цифро-аналоговых преобразователей.

В режимах RZ, RF, RFZ, RFZ2 параметр q определяет коэффициент заполнения восстанавливающего импульса быстродействующего цифроаналогового преобразователя. Для режима NRZ q всегда равен 1, в режиме RF q всегда равен 2, а в остальных режимах его значение может изменяться от 1 до 8 и более. Физически он эквивалентен скважности и определяется отношением длительности восстановленного импульса и периода тактового сигнала.

Формула нормированного коэффициента передачи фазовых шумов ЦАП, приведенного к одной основной выходной частоте 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 коэффициента заполнения q .

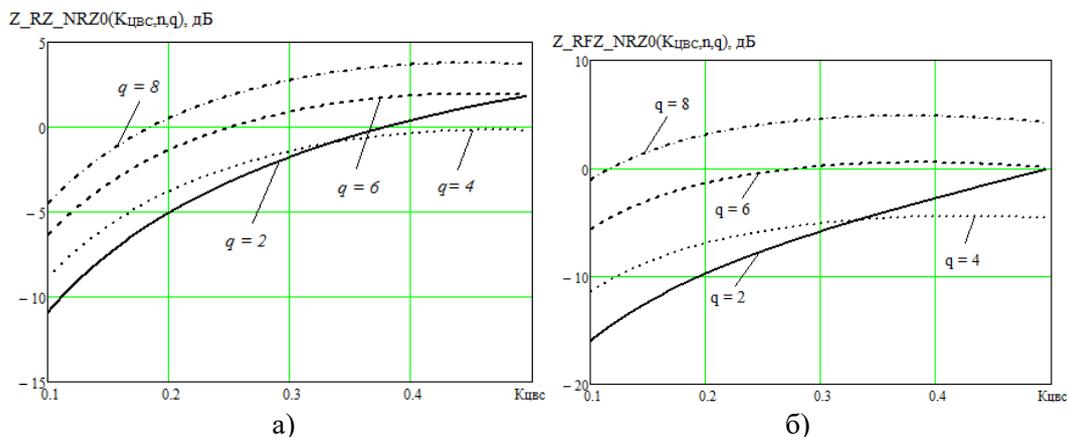


Рис.1 – Коэффициенты передачи фазовых шумов для номера образа $n = 1$:
 а) режим RZ, б) режим RFZ

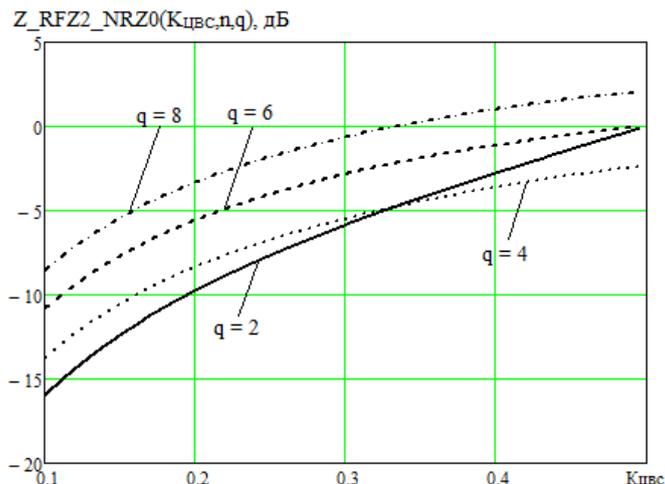


Рис.2 – Коэффициент передачи фазовых шумов режима RFZ2 для номера образа $n = 1$

Из анализа рисунков 1, 2 можно сделать следующие выводы. Во-первых, значительное увеличение коэффициента заполнения q ухудшает шумовые характеристики системы с быстродействующим ЦАП. Во-вторых, для образа с номером 1 оптимальным будет значение $q = 2$ для всех трех режимов с изменением q .

Уменьшение уровня фазовых шумов в требуемом диапазоне изменения $0,15 < K_{ЦВС} < 0,35$ на 3..12 дБ для первого образа достигается применением режимов RFZ и RFZ2 при коэффициенте заполнения $q = 2$. Для высокочастотных образов по сравнению с $n = 1$ применение коэффициента заполнения q со значениями больше 2 будет более эффективным, однако это требуется исследовать дополнительно.

Литература

1. High-SpeedDACs [Электронный ресурс]: сайт компании MaximIntegrated, 2017. URL: <https://para.maximintegrated.com/en/results.mvp?fam=hsdacs&tree=master>
2. 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>
3. Kuckreja Ajay, OstremGeir, "High-Speed DACs ease transmitter designs," Microwave & RF, August 2010.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
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.