

Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Якименко К.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: romashovmurot@mail.ru

Модели шумовых характеристик гибридного цифро-аналогового синтезатора частот

Для теоретического анализа шумовых характеристик устройств частотного синтеза используют модели спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых шумов на основе степенных функций. Такие модели широко применяются для анализа и проектирования гибридных синтезаторов частот, позволяя обойтись без сложных экспериментальных исследований.

Как известно, наименьшие фазовые шумы имеют синтезаторы, использующие прямой аналоговый метод синтеза. Совмещение его с прямым цифровым синтезом в гибридных синтезаторах частот позволяет реализовать все преимущества цифровых методов.

Одним из вариантов схем гибридного цифро-аналогового синтезатора является схема на рис. 1.

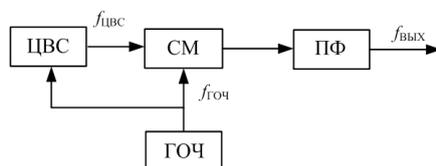


Рисунок 1. Структурная схема гибридного цифро-аналогового синтезатора частот

Основной принцип построения такого синтезатора заключается в переносе малого шага перестройки частоты, обеспечиваемого цифровым вычислительным синтезатором (ЦВС), на более высокий частотный диапазон путем смешения с частотой сигнала, формируемого одним или несколькими генераторами опорной частоты (ГОЧ). Достоинства таких гибридных синтезаторов – низкий уровень фазовых шумов, малый шаг и высокая скорость перестройки по частоте. Формирование высокой частоты ГОЧ $f_{ГОЧ}$ возможно путем умножения выходной частоты высокостабильных кварцевых или иных генераторов частот, что при больших коэффициентах умножения вносит существенный вклад в уровень шумов выходного сигнала. К недостаткам следует отнести также ограниченный диапазон выходных частот частотой ГОЧ.

Математическую модель СПМ фазовых шумов можно представить в виде

$$S_{ГС}(F) = [S_{ГОЧ}(F) \cdot K_{ЦВС}^2 + S_{ЦВС}(F)] + S_{ГОЧ}(F) + S_{СМ}(F), \quad (1)$$

где $S_{ГОЧ}(F)$, $S_{ЦВС}(F)$, $S_{СМ}(F)$ – модели СПМ фазовых шумов генератора опорной частоты, ЦВС, смесителя частот, $K_{ЦВС}$ – коэффициент передачи ЦВС.

В широко применяемых цифровых вычислительных синтезаторах формирование сигналов на основной частоте ограничено частотами до $K_{ЦВС} f_{ГОЧ}$ при $K_{ЦВС} \leq 0,4$. Дальнейшее повышение частоты осуществляется с помощью умножителей частоты в n_2 раз. Использование образов основной частоты ЦВС позволяет отказаться от умножителей, так как на выходе синтезатора формируются частоты $n f_{ГОЧ} \pm f_{ЦВС}$, где $n = \pm 1, \pm 2, \dots$ – номер образа. При использовании $n=1$ ЦВС оказывается эквивалентен гибриднему синтезатору на рисунке 1.

Для сравнения шумовых свойств гибридного синтезатора с цифровыми используем модель СПМ фазовых шумов ЦВС на основной частоте с последующим умножением частоты до необходимой [1] и модель СПМ фазовых шумов ЦВС, работающий на образах основной частоты [2].

Результаты моделирования приведены на рисунке 2. Моделирование проведено для частоты выходного сигнала 920 МГц при частоте ГОЧ 1100 МГц, которая получена путем умноже-

ния на 8 частоты кварцевого генератора 96 МГц. При этом для всех случаев основная частота ЦВС равнялась 140 МГц, т.е. $K_{\text{ЦВС}}=0,146$.

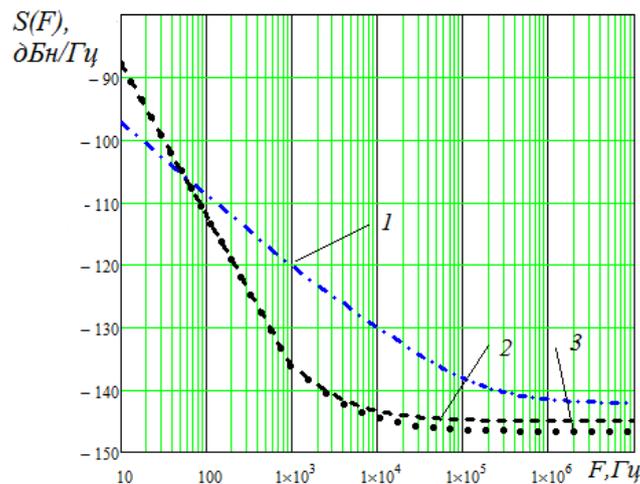


Рисунок 2. СПМ фазовых шумов: 1- ЦВС на основной частоте, 2 – ЦВС с использованием 1-го образа, 3 – гибридного цифро-аналогового синтезатора

Как видно, шумы гибридного синтезатора и ЦВС с использованием 1-го образа практически идентичны, что говорит о правильности примененных моделей. Шумы ЦВС на основной частоте существенно выше, так как для получения частоты 1100 МГц из 140 необходимо применить умножитель частоты с $n=8$, что увеличило шумы.

Таким образом, гибридный цифро-аналоговый синтезатор имеет практически такой же уровень фазовых шумов, что и ЦВС с применением образов основной частоты, но использует дополнительный смеситель частоты.

Литература

1. Ромашов В.В., Якименко К.А. Исследование фазовых шумов гибридного синтезатора частот на основе прямого цифрового и прямого аналогового методов синтеза // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. VII Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской межвузовской научной конференции. Муром, 6 февр. 2015 г.– Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2015.– 695 с.: ил.– [Электронный ресурс]: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISSN 2220-8763 (CD-ROM) – С.219-220.
2. Ромашов В.В., Ромашова Л.В. Моделирование шумовых характеристик интегральных цифровых вычислительных синтезаторов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2011, №4. С. 20 – 23.
3. Ромашов В.В., Ромашова Л.В., Храмов К.К., Докторов А.Н. Модель спектральной плотности мощности фазовых шумов цифровых вычислительных синтезаторов на образах основной частоты // Радиопромышленность. 2012, №2. С. 38 – 48.