

Колпаков А.Д.

*Научный руководитель: к.т.н. К.А. Якименко*

*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: qqwp7@icloud.com*

### **Методы снижения уровня фазовых шумов гибридных синтезаторов частот**

Известны несколько типов гибридных синтезаторов частот на основе прямого цифрового и косвенного методов синтеза [1–3]: гибридный синтезатор с цифровым вычислительным синтезатором (ЦВС) в качестве опорного генератора системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), гибридный синтезатор с ЦВС в цепи обратной связи ФАПЧ, гибридный синтезатор с ЦВС в качестве генератора подставки ФАПЧ, гибридный синтезатор, использующий образы основной частоты ЦВС. Основная характеристика качественных показателей выходного сигнала синтезаторов частот — уровень фазовых шумов, который оценивается спектральной плотностью мощности (СПМ) фазовых шумов. Целью данной работы является проведение обзора методов снижения уровня фазовых шумов гибридных синтезаторов частот на основе прямого цифрового и косвенного методов синтеза.

В работе был проведен анализ литературы по гибриднему методу синтеза частот. Определено, что наиболее оптимальным способом улучшения шумовых характеристик всех формирователей на основе ФАПЧ является уменьшение коэффициента деления в цепи обратной связи. Такой способ подходит для гибридных синтезаторов с ЦВС в качестве генератора подставки и использующих образы основной частоты. В таком случае, необходимо увеличить частоту генератора подставки. В обоих случаях в качестве генераторов подставки используются цифровые вычислительные синтезаторы. Частоту их выходного сигнала можно увеличить, используя умножители частот. Однако, такие устройства существенно (пропорционально квадрату коэффициента умножения) увеличивают уровень фазовых шумов, а также вносят большое количество нежелательных дискретных побочных спектра. Кроме того, использование умножителей частоты приводит к увеличению шага перестройки по частоте всего гибридного синтезатора. В связи с этим, необходим другой способ увеличения выходной частоты цифровых синтезаторов. Таким способом может являться применение образов основной частоты цифровых синтезаторов (копий спектра сигнала основной частоты) [4]. Образы представляют собой результат цифро-аналогового преобразования цифровых отсчетов, синусоиды. Частота образов определяется по формуле

$$f_{OBR} = |n \cdot f_T + f_{ЦВС}|,$$

где  $n = \dots -n_{max}, -2, -1, 1, 2, n_{max} \dots$  — номера образа. Образы можно выделять, используя полосовой фильтр. Применение образов позволяет увеличить выходную частоту ЦВС без существенного увеличения уровня фазовых шумов, сохраняя шаг перестройки по частоте.

### **Литература**

1. Рыжков, А.В. Синтезаторы частот в технике радиосвязи / А.В. Рыжков, В.Н. Попов. — М. : Радио и связь, 1991. — 264 с.
2. Ямпурин, Н.П. Формирование прецизионных частот и сигналов: Учеб. пособие. / Н.П. Ямпурин, Е.В. Сафонова, Е.Б. Жалнин. — Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2003. — 187 с.
3. Ромашов, В.В. Моделирование шумовых характеристик гибридных синтезаторов частот / В.В. Ромашов, Л.В. Ромашова, К.К. Храмов, А.Н. Докторов, К.А. Якименко // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. — 2014. — №1. — С. 5-20.
4. Romashov, V.V. Modelling and comparing of phase noise curves of hybrid synthesizers / V.V. Romashov, K.A. Yakimenko // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015. — Omsk State Technical University. Russia, Omsk. May 21-23, 2015. — DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147198. — Pp. 714–719.