

# СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТ КУ-ДИАПАЗОНА С РЕЖИМОМ БЫСТРОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ

Григорьев И. А.

ОАО «Радиофизика», г. Москва, Россия

Использование в радиолокационных комплексах сложных сигналов, а также увеличение временных интервалов когерентного накопления принятых радиолокационных импульсов диктует определенные требования к характеристикам гетеродинных сигналов, среди которых обеспечение низкого уровня спектральной плотности мощности фазовых флуктуаций (далее фазовых шумов), широкой рабочей полосы и малого времени перестройки [1].

Существует две основных технологии для получения сигнала заданной частоты: прямой синтез частот (direct frequency synthesis) и косвенный синтез частот (indirect frequency synthesis) [2, 3, 4, 5]. Прямой и косвенный синтез частот могут быть реализованы на основе цифровых, аналоговых и комбинированных схем.

Прямой цифровой синтез частот (DDS) реализуется путем восстановления в цифро-аналоговом преобразователе (ЦАП) аналогового радиочастотного сигнала по массиву цифровых отсчетов, формируемому специальным цифровым синтезатором [6]. К преимуществам прямого цифрового синтеза следует отнести малое время переключения частоты, возможность программной настройки различных типов модуляций, а к недостаткам – наличие паразитных дискретных составляющих в выходном спектре сигнала [2, 4, 5].

Косвенный синтез частот обычно реализуется на базе аналоговых схем фазовой автоподстройки частоты опорного колебания и генераторов управляемых напряжением. В отличие от прямого цифрового синтеза частот, метод косвенного формирования имеет очевидные преимущества в составе выходного спектра, более простой архитектуре, а также возможности снижения фазовых шумов в ближней зоне отстроек от несущей частоты благодаря применению петли обратной связи. Основным недостатком систем с косвенным формированием выходной частоты является низкая скорость переключения выходных частот. [4, 5]

В работе представлены результаты разработки и испытаний синтезатора частот *Ку*-диапазона с низким уровнем фазовых шумов (ФШ) и режимом быстрой перестройки частоты в широкой рабочей полосе, предназначенного для переноса по частоте сверхширокополосных радиосигналов в приемо-передающей аппаратуре РЛС миллиметрового диапазона.

Одной из ключевых особенностей разработанного синтезатора является использование в нем гибридной схемы построения, при которой сигнал промежуточной частоты с возможностью быстрой перестройки формируется путем прямого цифрового синтеза, а для его переноса используется высокостабильный ГУН на керамических резонаторах с малыми коэффициентами деления выходной частоты в петле ФАПЧ.

Экспериментальные результаты, полученные в ходе измерения фазовых шумов, регистрации времени переключения частот, а также сравнительного анализа с известными решениями, показали применимость гибридной схемы для построения синтезаторов гетеродинных сигналов с быстрой перестройкой частоты и малыми фазовыми шумами, а также позволили выявить пути функционального расширения разработанного устройства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Очков Д. С., Силаев Е. А., Формальный И. С.. Оценка интервалов когерентности радиотракта РЛС. – Радиотехника, 2006, № 4.
2. Маннаевич В. Синтезаторы частот (Теория и проектирование): Пер. с англ./Под ред. А. С. Галина. М.: Связь, 1979.

- синхронизации с элементами дискретизации. – М.: Радио и связь, 1989.
4. *Alenander Chenakin* Building a Microwave Frequency Synthesizer – Part 5: Advanced Techniques, High Frequency Electronics 2008, URL:  
[http://www.highfrequencyelectronics.com/Archives/Sep08/HFE0908\\_Chenakin5.pdf](http://www.highfrequencyelectronics.com/Archives/Sep08/HFE0908_Chenakin5.pdf)
  5. *Ki-Jae Song, Jae-Il Lee/Hyun-Seop Shim*, Frequency Synthesizer Using Dual Offset Mixing for Low Phase Noise and Narrow Resolution, International Frequency Control Symposium and Exposition, 2006 IEEE. URL:  
[http://ieeexplore.ieee.org/search/freesrchabstract.jsp?tp=&arnumber=4053762&queryText%3DFrequency+Synthesizer+Using+Dual+Offset+Mixing+for+Low+Phase+Noise+and+Narrow+Resolution%26openedRefinements%3D\\*%26searchField%3DSearch+All](http://ieeexplore.ieee.org/search/freesrchabstract.jsp?tp=&arnumber=4053762&queryText%3DFrequency+Synthesizer+Using+Dual+Offset+Mixing+for+Low+Phase+Noise+and+Narrow+Resolution%26openedRefinements%3D*%26searchField%3DSearch+All)
  6. *Jouko Vankka* Direct Digital Synthesizers: Theory, Design and Applications, Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology. URL:  
<http://lib.tkk.fi/Diss/2000/isbn9512253186/isbn9512253186.pdf>