

УДК 621.372.632

СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТ КРУПНОГО ШАГА СЕТКИ ЧАСТОТ

ЛЯШУК Ю. А., СОКОЛОВСКИЙ Д. В., КОРЕНЕВСКИЙ С. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: Yury-Liashuk@yandex.by, SokolDimon9797@mail.ru

Аннотация. В работе проведен анализ схем построения синтезаторов частот крупного шага сетки частот (порядка 200 – 400 МГц). Актуализировано использование петель фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) с высокой частотой сравнения (порядка 400 МГц) для применения в качестве синтезатора частот крупного шага сетки со значительно малым уровнем фазового шума (порядка -110 дБн/Гц на отстройке 10 кГц при формировании сигнала 10 ГГц). Разработана схема, программное обеспечение микроконтроллера для управления синтезатором. Проведены исследования параметров синтезатора частот крупного шага сетки частот.

Abstract. The paper analyzes the circuits for constructing frequency synthesizers with a large frequency grid step (about 200 - 400 MHz). The use of a phase-locked loop with a high comparison frequency (about 400 MHz) for use as a frequency synthesizer with a large grid step with a significantly low phase noise level (about -110 dBc / Hz at 10 kHz offset when forming a 10 GHz signal) has been updated. A circuit, microcontroller software for synthesizer control has been developed. Investigations of the parameters of the frequency synthesizer with a large step of the frequency grid are carried out.

В настоящее время в условиях боевых действий противоборствующими сторонами все активнее используются ударные беспилотные летательные аппараты, крылатые и баллистические ракеты, работающие на крайне малых высотах [1]. Данные объекты отличает достаточно малая эффективная поверхность рассеяния (до 0,1 м²) и относительно невысокие скорости (до 300 м/с), что приводит к достаточно малым доплеровским смещениям отраженного сигнала и к ужесточению технических требований радиолокационных станций для их обнаружения.

В состав современных радиолокационных станций входит многофункциональный синтезатор частот, который формирует сигналы для сеток частот первого и второго гетеродинов, зондирующего сигнала, для опорной и тактовой частот. Как правило, ухудшение фазового шума синтезатора частот приводит к снижению чувствительности приемного тракта, а также сужению диапазона измеряемых доплеровских частот. При построении синтезаторов частот наиболее трудными для одновременного выполнения являются требования по фазовым шумам, по скорости переключения частот, по уровню побочных спектральных составляющих, по массогабаритным показателям [2, 3]. Требуемые параметры могут быть достигнуты путем применения гибридных синтезаторов на основе прямого аналогового и прямого цифрового метода синтеза (рис. 1.).

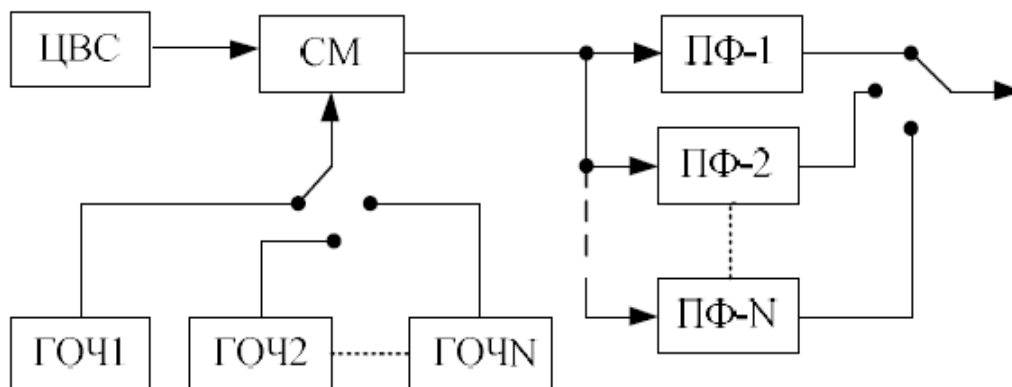


Рис. 1. Гибридный синтезатор на основе прямого аналогового и прямого цифрового методов синтеза

Данный синтезатор состоит из банка генераторов опорной частоты ГОЧ1...ГОЧN, смесителя СМ, цифрового вычислительного синтезатора ЦВС и набора полосовых фильтров [4]. Крупный шаг сетки частот получается переключением выходного сигнала банка ГОЧ. ЦВС в свою очередь обеспечивает малый шаг перестройки. Достоинства гибридного синтезатора: широкий диапазон частот; высокая скорость перестройки; низкий уровень фазовых шумов; малое количество и малый уровень побочных составляющих спектра на больших отстройках от несущей за счет применения полосовых фильтров; достижение очень малого шага перестройки частоты за счет ЦВС. Современные методы синтеза подразумевают когерентную работу – работу от одного опорного кварцевого генератора, поэтому на сегодняшний день крупный шаг сетки частот может формироваться путем использования умножителей на диодах с накоплением заряда, схем ФАПЧ. Первые в свою очередь требуют на своем выходе высокочастотных фильтров, что приводит либо к увеличению габаритов, либо увеличению техпроцесса их изготовления.

Применение схем ФАПЧ в качестве синтезаторов частот крупного шага или ГОЧ позволяют добиться низких побочных составляющих спектра, малого уровня фазовых шумов.

Разработанная структурная схема синтезатора частот крупного шага изображена на рис. 2.

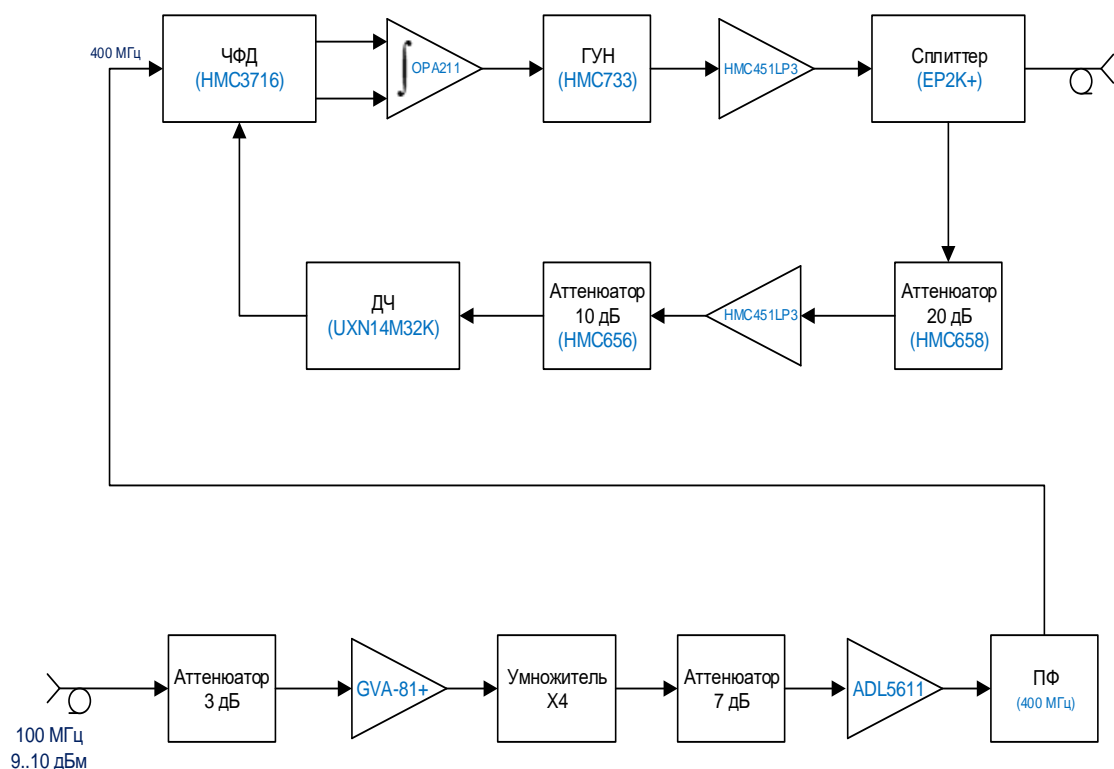


Рис. 2. Структурная схема синтезатора частот крупного шага

Из рис. 2. видно, что сигнал опорного высокостабильного кварцевого генератора (ГК317) поступает умножается на 4 и после фильтруется поступает на частотно-фазовый детектор (ЧФД). Относительно высокая опорная частота (400 МГц) позволяет уменьшить коэффициент деления в петле обратной связи и тем улучшить фазовый шум (фазовый шум на выходе петли ФАПЧ в пределах полосы пропускания петлевого фильтра определяется как сумма фазовых шумов на входах ЧВД, чувствительности по фазовым шумам самого ЧВД, а также $20\log N$, где N – коэффициент деления в петле обратной связи). ЧВД формирует фазовую ошибку, которая поступает через петлевой фильтр на генератор управляемый напряжением (ГУН).

В результате исследований синтезатора частот крупного шага получены спектр выходного сигнала и график фазового шума синтезатора, которые изображены на рис. 3., 4.

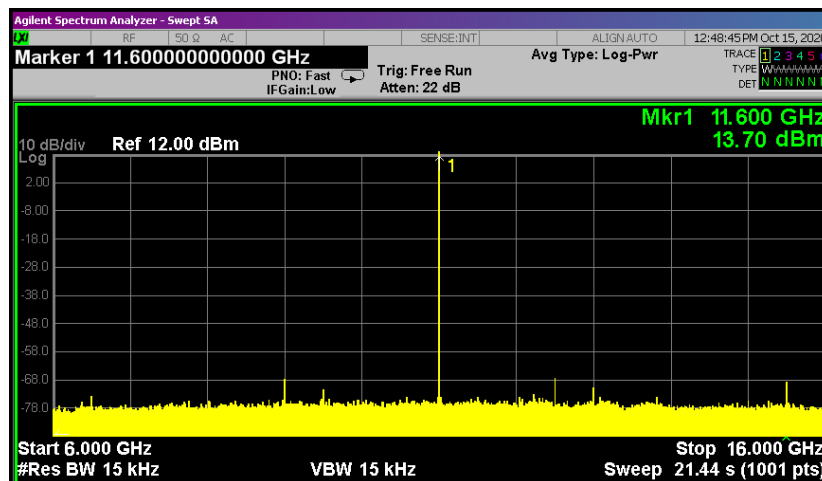


Рис. 3. Спектр выходного сигнала синтезатора частот крупного шага при формировании выходной частоты 11.6 ГГц

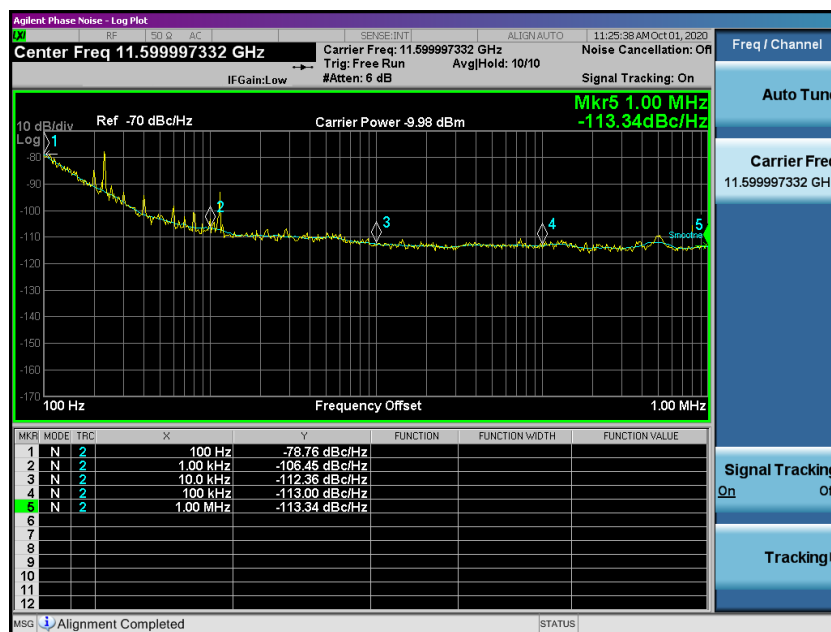


Рис. 4. График фазового шума синтезатора частот крупного шага при формировании выходной частоты 11.6 ГГц

В результате выполнения работы произведена разработка, изготовление, настройка и экспериментальные исследования синтезатора частот крупного шага сетки частот.

Список использованных источников

1. Alabaster C., Pulse Doppler Radar. Principles, Technology, Applications. / Alabaster C. SciTech Publishing, Edison, NJ, 2012, p. 139-145.
2. Соколовский, Д. В. Широкополосный генератор радиочастот с малым уровнем побочных излучений / Д. В. Соколовский // Радиотехника и электроника: 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22-26 апреля 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2019. – С. 138 – 139.
3. Ляшук, Ю. А. Программно-управляемый широкополосный генератор СВЧ / Ю. А. Ляшук // Радиотехника и электроника: 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22-26 апреля 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2019. – С. 104 – 105.
4. Якименко, К. А. Гибридные синтезаторы частот с низким уровнем фазовых шумов: дис. канд. техн. наук. / К. А. Якименко; МИВЛГУ. – Муромск, 2018. – С. 30 – 32.