



УДК 621.396.96

Формирование высокостабильных сигналов миллиметрового диапазона для радиолокационных устройств

**Г.А. Кусов, Д.С. Очков, Л.В. Ратцева, Е.А. Силаев, А.А. Сударенко,
М.Я. Терёхин, И.С. Формальнов, В.П. Шилов**

Приведены результаты разработки и создания блока формирования сигналов и опорных частот для когерентной многофункциональной РЛС Ка-диапазона.

Creation of precision signals of Ka band for radar systems

**G.A. Kusov, D.S. Ochkov, L.V. Ratseva, E.A. Silaev, A.A. Sudarenko,
M.Y. Terekhin, I.S. Formalnov, V.P. Shilov.**

Results of development Ka band signal sources for coherent radar systems are presented.

Введение.

Освоение все более высокочастотных диапазонов длин волн на протяжении последних десятилетий остается устойчивой тенденцией развития современной радиотехники. Это в полной мере касается радиолокационных систем и устройств. Следует отметить, что одновременно идет переход на использование когерентных РЛС, позволяющих значительно повысить потенциал и точностные характеристики радиолокационных систем [1], [2]. Для решения задачи обеспечения когерентности разработчикам аппаратуры формирования зондирующих, опорных, гетеродинных и синхросигналов требуется соблюдать ряд условий при выборе схемотехнических решений и построении структуры устройства [3].

В статье приведены результаты разработки и создания блока формирования сигналов и опорных частот (БФСОЧ) для когерентной многофункциональной РЛС Ка-диапазона.

Структура БФСОЧ.

На этапе разработки к БФСОЧ были предъявлены следующие основные технические требования:

- 1) Цифровое формирование структуры зондирующих сигналов на второй промежуточной частоте.
- 2) Управление блоком по магистрали обмена информации типа «Манчестер», с минимальным временем исполнения поступающих команд.
- 3) Широкий диапазон перестройки несущей частоты и доплеровской поправки частоты во втором гетеродине.
- 4) Все опорные, гетеродинные и синхросигналы формируются от одного высокостабильного источника колебаний.
- 5) Использование одних и тех же опорных и гетеродинных сигналов при переносе зондирующих сигналов с промежуточной частоты на несущую и преобразовании эхо-сигналов с несущей частоты на промежуточную.
- 6) Минимальное энергопотребление и массогабаритные характеристики.
- 7) Минимальное время замены блока при его отказе.

Структурная схема БФСОЧ приведена на рис. 1. В состав БФСОЧ входят блок шифрации (БШ), блок опорных сигналов (БОС), блок второго гетеродина (БВГ), блок миллиметровый (БМ).

БШ обеспечивает:

- прием и передачу информации по магистрали обмена информацией;
- перестройку частоты 105 МГц в пределах ± 2500 кГц с дискретностью 200 Гц;
- формирование зондирующих сигналов на промежуточной частоте 105 МГц;
- формирование сигналов управления другими блоками, поступающих по МОИ.

БШ состоит из следующих функциональных узлов:

- источника питания (ИП), формирующего необходимые номиналы напряжений из ± 27 В, для работы остальных узлов блока;
- цифровой части – реализующей функции формирователя запросной посылки и частоты Доплера, организацию работы с мультиплексным каналом в режиме оконечного устройства и выполнения роли синхронизатора с внешними устройствами;
- аналоговой части – состоящей из цифроаналоговых преобразователей сигналов ЛЧМ и частоты Доплера в аналоговые и переносчиков частоты вверх на первую промежуточную.

БОС обеспечивает формирование из высокостабильного колебания частотой 160 МГц:

- опорных сигналов метрового диапазона с частотами 20, 80, 90, 105 и 145 МГц;
- опорных последовательностей видеоимпульсов с тактовой частотой 50, 100 и 500 Гц

с длительностью фронтов не более 10 нс.

БОС состоит из следующих функциональных узлов:

- формирователя сетки частот (ФСЧ), где путем прямого синтеза (с использованием преобразователя и ряда делителей частоты) формируется весь набор указанных частот;
- узлов фильтрации, обеспечивающих подавление внеполосных колебаний и поддержание постоянства уровня выходных сигналов;
- формирователя опорных импульсов (ФОИ), состоящего из ряда высокочастотных делителей импульсных сигналов, позволяющих сформировать требуемую последовательность видеоимпульсов. В схеме ФОИ введена обратная связь, осуществляющая привязку передних фронтов импульсов с точностью ± 10 нс.

БВГ обеспечивает:

- формирование высокостабильного опорного колебания $F_0 = 160$ МГц;
- формирование сигнала второго гетеродина;
- преобразование зондирующих, запросных и контрольных сигналов со второй промежуточной частоты (105 МГц) на частоту 3200 МГц и 3240 МГц.

БВГ состоит из следующих функциональных узлов:

- источника питания (ИП), формирующего необходимые номиналы напряжений из ± 27 В, для работы остальных узлов блока;
- блока опорных частот (БОЧ), содержащего термостатированный кварцевый генератор на частоту 160 МГц, умножитель частоты высокой кратности на диоде с накоплением заряда (ДНЗ) с выходной частотой 3200 МГц, фильтр на встречных стержнях, а также микрополосковые усилители на транзисторах и микросхемах;
- блока смесителя, содержащего смеситель, фильтр и усилители, в котором из опорного сигнала 3200 МГц и сигнала 105 МГц с перестройкой частоты в пределах ± 2500 кГц с дискретностью 200 Гц формируется сигнал второго гетеродина;
- нескольких блоков смесителей, обеспечивающих когерентное преобразование зондирующих, запросных и контрольных сигналов со второй промежуточной частоты (105 МГц) на частоты 3200 МГц и 3240 МГц.

БМ обеспечивает:

- формирование сигнала первого гетеродина;
- преобразование зондирующих, и контрольных сигналов на несущую частоту;
- изменение несущей частоты без изменения частоты гетеродина на 40 МГц;
- перестройку несущей частоты.

БМ состоит из следующих функциональных узлов:

- источника питания (ИП), формирующего необходимые номиналы напряжений из ± 27 В, для работы остальных узлов блока;

- узла формирования сигнала первого гетеродина, в который входят: синтезатор частоты, умножитель частоты, усилитель;
- узла преобразования зондирующего, контрольного сигнала, в который входят: смеситель сдвига, усилитель и направленный ответвитель;
- узла перестройки несущей без изменения частоты гетеродина, в который входят: переключатель и блок управления переключателем.

Аппаратура БФСОЧ размещается в оригинальной конструкции типа «книжка», представляющей собой блок с откидными боковыми стенками, на которых установлены функциональные узлы. На торцевой передней установлен врубной разъем, включающий в себя все низкочастотные и СВЧ внешние соединения за исключением волноводных. Общий вид БФОСЧ представлен на рис. 2. Такая конструкция при общей компактности и высокой плотности размещения позволяет обеспечить свободный доступ ко всем функциональным узлам. Это значительно облегчает настройку и устранение неисправностей. Применение врубного разъема позволяет оперативно производить монтаж–демонтаж блока.

Схема БФСОЧ построена таким образом, что все опорные, гетеродинные и синхросигналы формируются от одного высокостабильного источника колебаний, а при переносе зондирующих сигналов с промежуточной частоты на несущую и преобразовании эхо-сигналов с несущей частоты на промежуточную используются одни и тех же опорные и гетеродинные сигналы.

В качестве опорного используется термостабилизованный кварцевый генератор [4]. На рис. 3 приведена экспериментальная кривая кратковременной нестабильности частоты $\delta f(t)$ этого генератора, используя которую можно оценить достижимые интервалы когерентности радиотракта РЛС по методике, приведенной в [3].

Проведенные расчеты показали, что при использовании БФСОЧ с этим опорным генератором достижимая длительность когерентного сигнала составляет 5-10 секунд, а возможная дальность действия когерентного локатора 20-30 тысяч километров.

Заключение.

В целом результаты разработки, создания и испытаний БФСОЧ, предназначенногодля использования в составе когерентного локатора Ка диапазона свидетельствуют о выполнении заданных требований. Разработанный блок может быть использован во вновь разрабатываемых и проектируемых РЛС Ка диапазона.

Разработка БФСОЧ была выполнена большим коллективом сотрудников ОАО «Радиофизика» при участии специалистов МИЭТ и ООО «Радис». Авторы благодарят всех участников за квалифицированный и добросовестный труд, обусловивший успешное завершение работы.

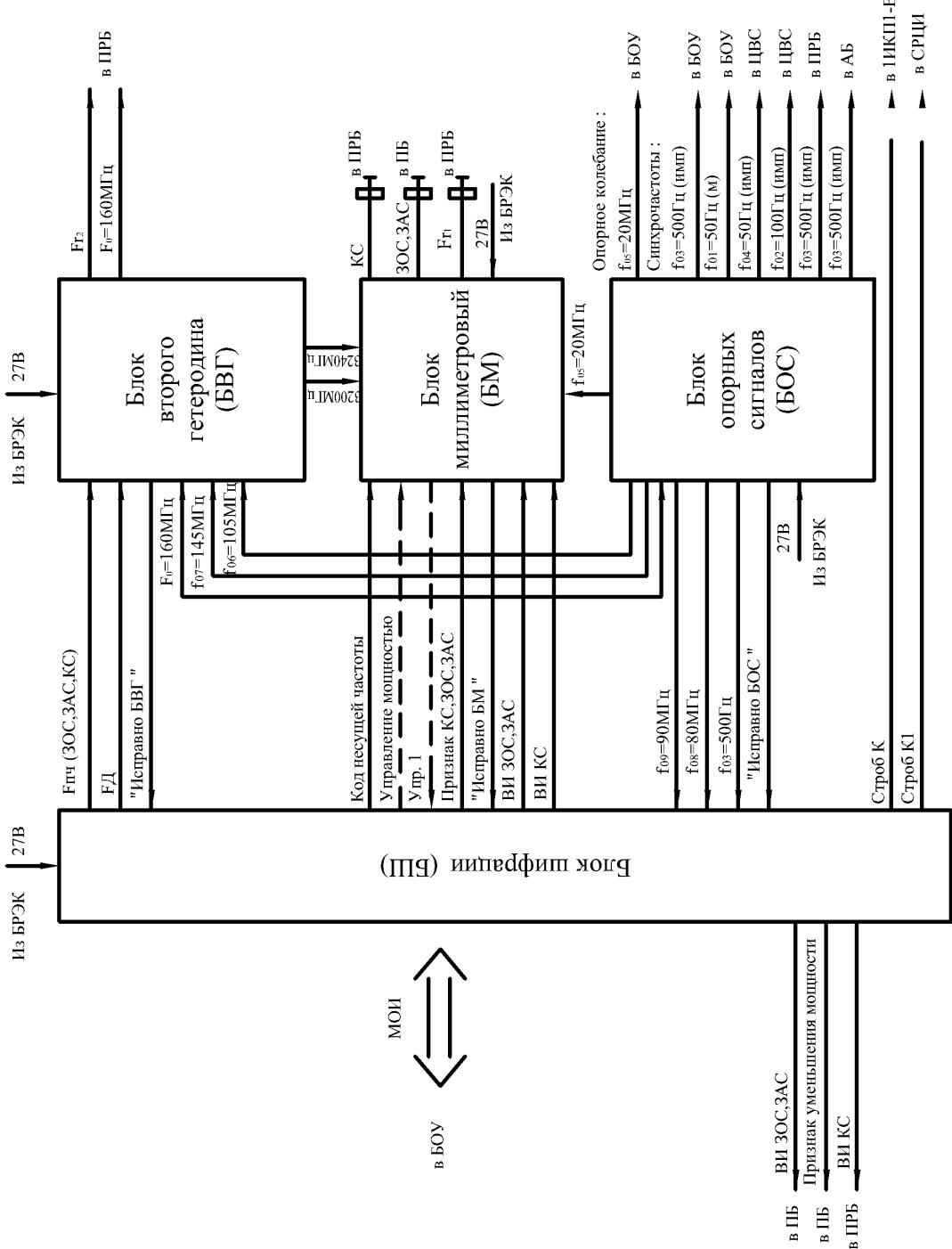


Рис. 1. Структурная схема БФСОЧ.



Рис.2. Внешний вид БФСОЧ

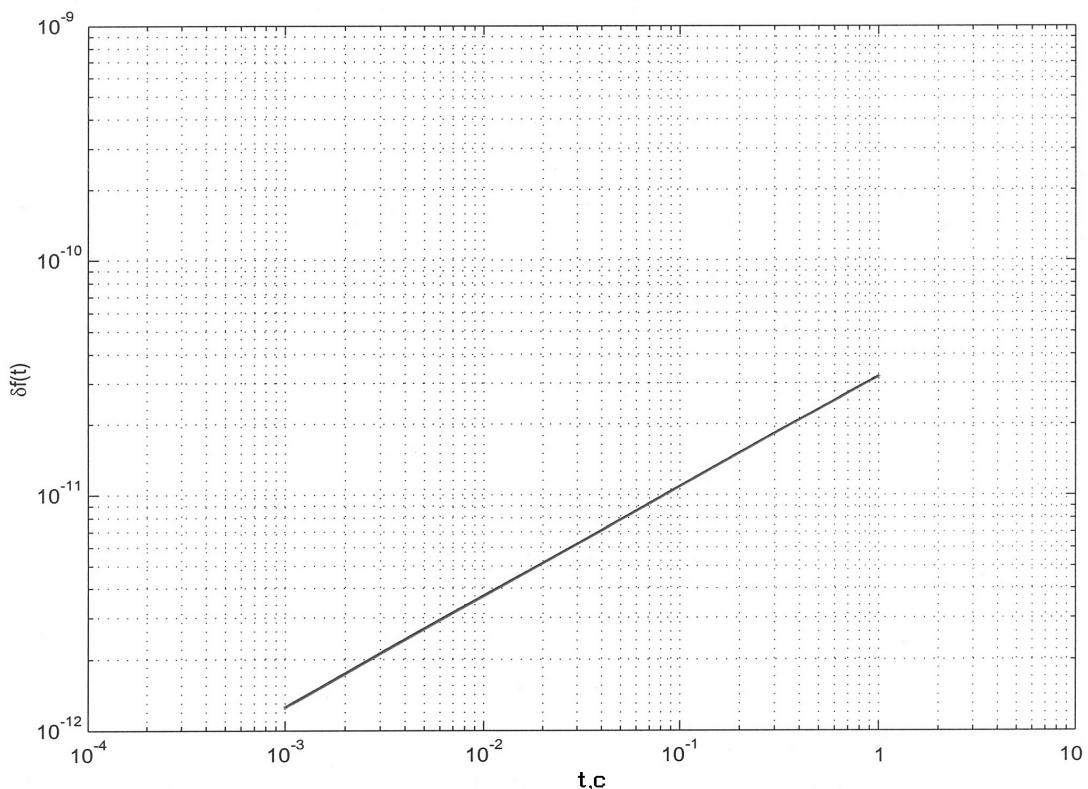


Рис. 3. Зависимость кратковременной нестабильности частоты опорного генератора от интервала измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. A.Moussessian, R.L.Jordan, E.Rodriguez, A.Safaeinili, T.L.Akins, W.N.Edelstein, Y.Kim, S.P.Gogineni. A new coherent radar for ice sounding in Greenland.- Proc. IEEE, 2000.
2. Г.П. Кобельков, А.А. Курикша, Б.А. Левитан, Д.С. Очков, Г.К. Соловьёв, А.А. Толкачёв, С.А. Топчиев, В.Е. Фарбер. Обоснование возможности и целесообразности создания РЛС радиовидения в миллиметровом диапазоне длин волн. – Радиотехника, 2006, № 1.
3. Д.С. Очков, Е.А. Силаев, И.С. Формальнов. Методика оценки интервалов когерентности радиотракта РЛС. - Радиотехника, 2006, № 1.
4. E.A. Silaev, D.V. Bogomolov. Low noise ovenized quartz oscillator.- Proc. 44th IEEE Int. Frequency Control Symposium, May 1998, pp.349-352.