

В. А. ХИТРОВСКИЙ, Д. Н. БЕРКУТА

Украина, г. Киев, НИИ "Орион", ДП "Элисаг"
E-mail: orion@email.com.ua

Дата поступления в редакцию
21.04 2003 г.

Оппонент к. т. н. Н. Ф. КАРУШКИН
(НИИ "Орион", г. Киев)

ЭКОНОМИЧНЫЙ КОГЕРЕНТНЫЙ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК Ka-ДИАПАЗОНА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ РЛС БЛИЖНЕГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ

Приведены результаты разработки когерентного приемопередатчика с непрерывным фазокодоманипулированным излучением сигнала для патрульных радаров.

Приемопередатчик разработан для использования в малогабаритной патрульной радиолокационной станции (РЛС) "Барсуک" 8-миллиметрового диапазона длин волн, предназначенной для обнаружения движущихся объектов на расстоянии до 2,4 км. В ней используется непрерывный сигнал с фазокодовой манипуляцией, позволяющий определять дальность цели, а также классифицировать цели по виду и скорости передвижения, используя характерную "окраску" спектра отраженного от них сигнала.

Приемопередатчик такой РЛС должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- передатчик должен обеспечивать непрерывную выходную мощность в передающей антенне 30...40 мВт на частоте 36 ГГц с возможностью фазовой 0/π-манипуляции; погрешность установки фазы не должна быть более ±3° при уровне паразитной амплитудной модуляции не более 0,5 дБ;

- чувствительность приемника в полосе видеочастот 0...6 МГц должна составлять не менее -125 дБ·Вт, а его динамический диапазон — не менее 60 дБ;

- электропотребление, габариты и масса должны быть минимальными;

- конструкция должна быть технологичной, дешевой и обеспечивать высокую эксплуатационную надежность РЛС.

Известны приемопередатчики для РЛС такого класса, выполненные по гомодинной, гетеродинной и супергетеродинной схемам [1].

Гомодинная схема очень привлекательна благодаря своей простоте и пригодности для массового производства. Гетеродинная и супергетеродинная схемы являются более сложными по своей архитектуре, однако позволяют получить лучшую чувствительность, чем гомодинная, особенно при использовании гетеродинов с низким уровнем фазовых шумов.

Удовлетворить вышеприведенным требованиям в полной мере может супергетеродинная схема. Однако наилучших характеристик РЛС можно достичь, обеспечив истинную когерентность приемопередатчика с использованием современных технологий и новейшей элементной базы. При этом улучшение характеристик РЛС достигается без увеличения энергопотребления, габаритов, массы и даже стоимости приемопередатчика.

Предлагаемый приемопередатчик (блок БС2-1) выполнен по супергетеродинной схеме с истинной

когерентностью с однократным преобразованием частоты. Фазоманипулированный сигнал формируется на частоте 7,2 ГГц, составляющей 1/5 от рабочей частоты РЛС. На этой же частоте выполняется демодуляция (фазовое детектирование) сигнала промежуточной частоты приемника. Разделение сигналов передачи и приема выполняется за счет использования двух независимых антенн.

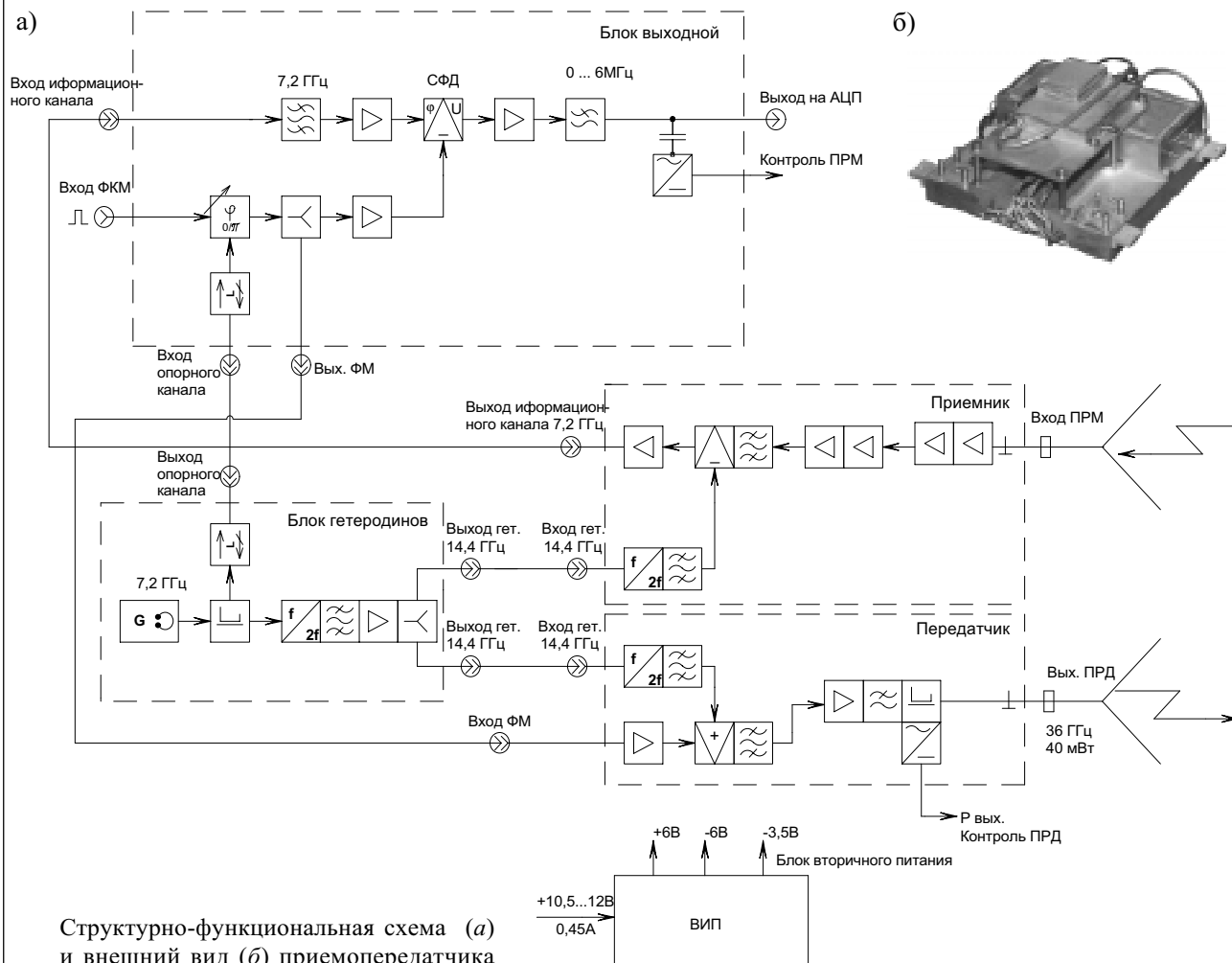
Внешний вид и структурно-функциональная схема приемопередатчика БС2-1 приведены на рисунке. В его состав входят блок гетеродинов, передатчик, приемник, блок выходной, блок вторичного электропитания.

Блок гетеродинов содержит высокостабильный малошумящий генератор опорной частоты 7,2 ГГц, удвоитель частоты и разветвитель сигнала удвоенной частоты (14,4 ГГц) на два канала. Сигнал опорной частоты 7,2 ГГц поступает на вход опорного канала выходного блока, сигналы удвоенной частоты — на гетеродинные входы приемника и передатчика. Там они еще раз удваиваются и используются в качестве сигналов гетеродинов.

В блоке передатчика происходит суммирование частоты гетеродина 28,8 ГГц с фазокодоманипулированным (ФКМ) сигналом промежуточной частоты 7,2 ГГц, поступающим из выходного блока, в котором имеется соответствующий манипулятор. Полученный зондирующий ФКМ-сигнал на несущей частоте 36 ГГц фильтруется микрополосковым фильтром на кварцевой подложке, усиливается до уровня 35...45 мВт монолитным усилителем, фильтруется микрополосковым фильтром гармоник и поступает через направленный ответвитель на герметичный полосково-волноводный переход (сечение волновода 7,2×3,4 мм). Часть сигнала с направленного ответвителя поступает в детекторную секцию контроля выходной мощности ($P_{\text{вых}}$).

Блок приемника содержит четырехкаскадный малошумящий транзисторный усилитель (МШУ), обеспечивающий коэффициент усиления на частоте 36 ГГц более 30 дБ при коэффициенте шума порядка 2 дБ. Вход МШУ подсоединяется к входному волноводу приемного тракта (сечение 7,2×3,4 мм) через герметичный волноводно-полосковый переход. Принятый сигнал с выхода МШУ поступает в микрополосковый фильтр зеркального канала, смеситель, предварительный усилитель промежуточной частоты и направляется на вход информационного канала выходного блока.

СВЧ-СИСТЕМЫ



Выходной блок предназначен для синхронно-фазового детектирования принятых сигналов, а также для усиления и фильтрации полученного видеосигнала. В блоке находится фазовый манипулятор и делитель мощности ФКМ-сигнала на несущей частоте 7,2 ГГц, а также устройство контроля работоспособности приемного тракта, содержащее детекторную секцию, детектирующую огибающую видеосигнала.

Ключевыми узлами выходного блока являются фазовый манипулятор (ФМ) и синхронный фазовый детектор (СФД). Оба эти узла выполнены на основе балансного диодного смесителя ортомодового типа. Фазовый манипулятор в процессе регулировки должен быть сбалансирован по подавлению несущей до уровня -30 дБм, а фазовый детектор — по подавлению продуктов прямого детектирования опорного фазоманипулированного сигнала на выходе блока при отсутствии входного сигнала в измерительном канале (в идеале — до уровня выходных шумов).

Выходной блок конструктивно выполнен в виде электрогерметичного модуля в гибридно-интегральном исполнении с микрополосковыми выводами. Блок устанавливается внутри герметичного корпуса совместно с передатчиком и приемником.

Блок вторичного электропитания работает от первичного напряжения $+12$ В, подаваемого с аккумулятора, и обеспечивает напряжение питания $+6$ В ($0,55$ А);

$+3,3$ В ($0,25$ А); -6 В ($0,03$ А). КПД блока питания не менее 75%, уровень пульсаций не более 1 мВ эфф.

На опытных образцах блоков БС2-1 были достигнуты следующие характеристики:

Рабочая частота	36000±2 МГц
Нестабильность рабочей частоты в интервале температур $-30...+50^{\circ}\text{C}$	2 МГц
Относительная кратковременная нестабильность рабочей частоты за 80 мкс	$2 \cdot 10^{-12}$
Выходная мощность	30...40 мВт
Погрешность установки фазы	±2°
Паразитная амплитудная модуляция	0,05 дБ
Коэффициент шума приемника	3,2 дБ
Чувствительность приемника	-130 дБ·Вт
Динамический диапазон приемника	65 дБ
Ток потребления по цепи $+12$ В	0,45 А
Масса	1 кг

Параметры блока БС2-1 обеспечивают получение расчетных характеристик обнаружения РЛС "Барсук" без выполнения продолжительных стыковочных работ. Испытания РЛС подтвердили ее высокую эксплуатационную надежность.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Chang K. W., Wang H., Shreve G. et al. Forward-looking automotive radar using a W-band single-chip transceiver // IEEE Trans. MTT.— 1995.— Vol. 43, N 7.