

К. т. н. В. А. БЕРЕЖНОЙ, В. И. КУЖЕЛЬ, А. П. ТУЗЕНКО,  
к. т. н. Ю. Н. МУСЬКИН, Ю. А. ДЕМЬЯНЕНКО, А. Ф. РЯБЧУК,  
В. А. САНКИН, к. т. н. Б. С. ЧЕРНИЙ, к. т. н. С. А. ШИЛО

Украина, г. Киев, Научно-производственное предприятие «Сатурн»;  
г. Харьков, Институт радиопроизводства и электроники им. А. Я. Усикова  
E-mail: chmil@jssaturn.kiev.ua, chilo@ire.kharkov.ua

Дата поступления в редакцию  
18.04 2003 г.

Оппонент к. ф.-м. н. В. Н. РАДЗИХОВСКИЙ  
(ГП "Айсберг", г. Киев)

## МНОГОКАНАЛЬНЫЙ РАДИОМЕТР ДЛЯ СИСТЕМ РАДИОВИДЕНИЯ

*Представлены результаты разработки и исследования многоканального радиометра миллиметрового диапазона длин волн для системы радиовидения «Зір».*

Как показано в [1], системы радиовидения миллиметрового диапазона длин волн, формирующие радиотепловые изображения объектов наблюдения с периодом не более 1 секунды с высоким пространственным и радиометрическим разрешением, строятся по многоканальной схеме с параллельным многолучевым обзором пространства. Эти системы включают сканирующую многолучевую антенну и высокочувствительный многоканальный радиометр.

Многоканальный радиометр построен по схеме полной мощности с двойным преобразованием частоты. Конструктивно он состоит из двух блоков — входного блока первичного преобразования частоты (ППЧ) и блока формирования частотных каналов (ФЧК). Входной блок ППЧ реализован в двух вариантах (рис. 1,  $U_{упр}$  — напряжение управления (уровень ТТЛ)).

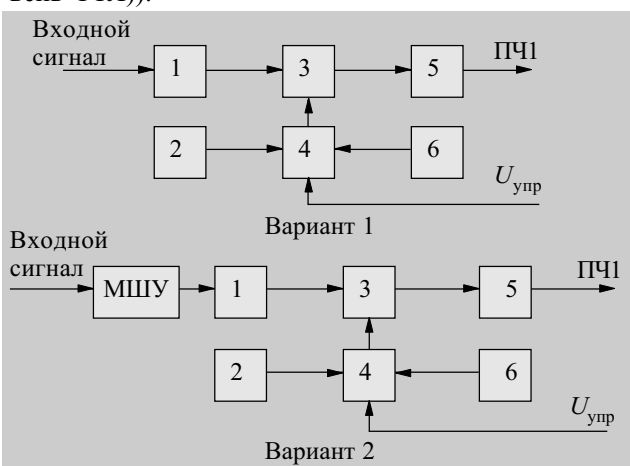


Рис. 1. Блок первичного преобразования частоты

Вариант 1 включает фильтр зеркального канала 1, гетеродины 2, 6, балансный смеситель 3, СВЧ-переключатель 4 и усилитель первой промежуточной частоты 5. Блок ППЧ осуществляет прием радиотепловых сигналов в диапазоне частот 86...100 ГГц: с гетеродином 79 ГГц в поддиапазоне 86...93 ГГц, с гетеродином 86 ГГц в поддиапазоне 93...100 ГГц. Балансный смеситель 3 осуществляет первое преоб-

разование входных сигналов в диапазон частот 7...14 ГГц. Сигналы первой промежуточной частоты (ПЧ) усиливаются транзисторным усилителем 5.

Основные характеристики блока ППЧ в диапазоне рабочих частот: коэффициент передачи — 30 дБ, коэффициент шума — 9,6 дБ, неравномерность коэффициента передачи — 2,5 дБ, КСВ по напряжению входа и выхода — 1,5.

Вариант 2 блока ППЧ отличается от варианта 1 включением малошумящего усилителя (МШУ) на входе зеркального фильтра. Установка МШУ, например SLW-15-5 (фирма Spacek Labs. Inc.), уменьшает эквивалентную температуру шума входа блока в 4 раза. Усиленный сигнал первой ПЧ поступает на блок ФЧК, который состоит из 16-канального делителя мощности и шестнадцати модулей вторичного преобразования частоты (МВПЧ1—МВПЧ16) (рис. 2). Микрополосковый 16-канальный делитель мощности осуществляет равномерное деление входной мощности по каналам [2].

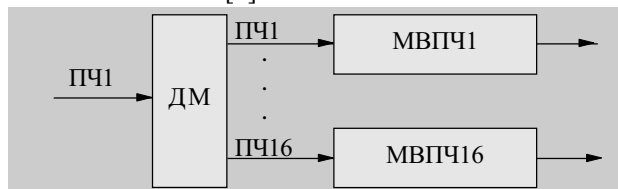


Рис. 2. Блок формирования частотных каналов

МВПЧ1—МВПЧ16 представляют собой унифицированные супергетеродинные приемные модули с различными частотами гетеродинов [3]. Они осуществляют выборку принимаемой полосы частот 800 МГц из диапазона первой ПЧ 7...14 ГГц и ее преобразование в диапазон 10...400 МГц. Причем шаг сетки частот гетеродинов выбран таким образом, чтобы приемные полосы смежных каналов имели перекрытие 50%. Модули МВПЧ1—МВПЧ16, кроме функции приема сигналов и преобразования частот, выполняют усиление, фильтрацию, квадратичное детектирование, регулировку коэффициента передачи канала и автоматическую компенсацию температурных изменений постоянной составляющей выходного напряжения.

Основные характеристики блока ФЧК: количество приемных каналов в каждом поддиапазоне — 16, рабочая полоса канала — 800 МГц, диапазон второй ПЧ — 10—400 МГц, коэффициент передачи до детектора — 29/19 дБ, неравномерность коэффициента передачи — 2 дБ; КСВН входа — 1,6.



Рис. 3. Многоканальный радиометр 3-мм-диапазона (без корпуса)

Разработанный многоканальный радиометр (рис. 3) для системы радиовидения «Зір» выполнен в герметичном корпусе, а большинство его

узлов — в гибридно-интегральном исполнении. Он обеспечивает следующие технические характеристики:

диапазон рабочих частот, ГГц	86...100
количество поддиапазонов	2
количество приемных каналов в поддиапазоне	16
полоса пропускания канала, МГц	≤800
флуктуационная чувствительность при постоянной времени интегрирования 1 с, К / √Гц :	
без МШУ на входе	≤ 0,2
с МШУ на входе	≤ 0,05
напряжение питания, В	24
диапазон рабочих температур, °С	5...35
сечение входного волновода, мм	1,2×2,4 (WR-10)

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Шило С. А., Чмиль В. М., Бережной В. А. и др. СВЧ радиометрическая система «Зір» для использования в интересах таможенных служб // См. настоящий номер.— С. 11—13.
2. Бережной В. А., Тузенко А. П., Космаков П. Г. Комбинированный микрополосковый 16-канальный делитель мощности СВЧ // См. настоящий номер.— С. 37—38.
3. Бережной В. А., Тузенко А. П., Черный Б. С. и др. Унифицированные модули СВЧ для вторичных преобразователей многоканальных радиометров // См. настоящий номер.— С. 19—20.

В. А. ЗУЙКОВ, Г. И. КЛОЧКО, М. В. КОЛИСНИЧЕНКО,  
В. П. ПОТИЕНКО, к. т. н. Б. С. ЧЕРНИЙ

Украина, г. Харьков, Ин-т радиофизики и электроники  
им. А. Я. Усикова; Центр радиофизического зондирования  
Земли им. А. И. Калмыкова; г. Киев, ДП «Сонар»  
E-mail: sonar@damant.net

Дата поступления в редакцию  
13.05 2003 г.

Оппонент к. т. н. С. А. КРАВЧУК  
(НТУУ «КПИ», г. Киев)

## ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

*Представлены результаты разработки когерентного приемно-передающего модуля миллиметрового диапазона длин волн с высокой фазовой стабильностью.*

Одной из важных задач при построении малогабаритных радиолокационных станций (РЛС), в т. ч. для обзора летного поля, управления движением воздушных судов и транспортных средств по территории аэродрома, является создание приемно-передающего модуля (ППМ) СВЧ-диапазона, параметры которого удовлетворяют современным требованиям. Применение миллиметрового диапазона волн является принципиальным для достижения высокой точности определения координат и высокой разрешающей способности радиолокационных систем, дальность действия которых не превышает 5—10 км [1, 2].

Структурная схема ППМ представлена на рис. 1. Условно модуль можно разбить на четыре составные части: генераторный блок, формирующий сигналы несущей частоты передатчика и сигналы гетеродинов приемника; импульсный усилитель мощности (ИУМ) с  $p-i-n$ -модулятором на входе; тракт приема; вторичные источники питания (ВИП).

#### Гетеродинный блок.

Одним из важнейших отличительных признаков современной РЛС является ее когерентность, поскольку именно когерентная обработка принятых сигналов позволяет получить необходимые характеристики обнаружения. Ключевым звеном когерентной РЛС является кварцевый генератор (G1), формирующий следующую номенклатуру взаимокогерентных сигналов:

- синхронные гетеродины тракта передачи (G4) и тракта приема (G3), при этом частота гетеродина тракта приема смещена относительно частоты задающего гетеродина тракта передачи на 1 ГГц;
- частота второго гетеродина тракта приема.

Для всех трех генераторов в качестве опорного низкочастотного гетеродина служит термостатированный генератор ГК 54-ТС (G1) с рабочей частотой 10 МГц. Генератор обеспечивает необходимую для доплеровских измерений высокую и долговременную ( $2 \cdot 10^{-8}$ ) стабильность и низкий уровень фазовых шумов (при отстройке на 100 Гц фазовые шумы равны -140 дБ/Гц, на 1 кГц — -150 дБ/Гц и на 10 кГц — -155 дБ/Гц).

Гетеродины G3 и G4 выполнены по единой структурной схеме (рис. 2). Отличие заключается в рабо-