

LPI РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ СЕНСОР К_A-ДИАПАЗОНА

Хлусов В. А., Ровкин М. Е., Доценко В. В., Осипов М. В., Сурков А. С.,
Носов Д. М., Сваровский О. Ю., Попов Д. А., Давыденко Е. А.
Россия, ЗАО «НПФ «МИКРАН», г. Томск
e-mail: hva@micran.ru

Аннотация — Приводится описание 8-мм радиолокационного сенсора непрерывного излучения с низким пиковым уровнем мощности (LPI радар) и гомодинной обработкой ЛЧМ-сигнала. Показаны основные подходы при практической реализации макета радара, приведены описания и технические характеристики его основных функционально законченных блоков, а также некоторые результаты натурных испытаний.

1. Введение

В недалеком прошлом, в силу сравнительно низких характеристик доступных аналоговых устройств формирования и обработки сигналов, широкое применение гомодинной обработки ЛЧМ-сигналов в активной радиолокации ограничивалось областью высотометрии и дальнометрии. Т.е. там, где не требовался высокий энергетический потенциал радиолокационного сенсора (в силу сравнительно больших ЭПР лоцируемых объектов и небольших расстояний до них). В настоящее время номенклатура широкодоступных электронных компонентов, предназначенных для цифровой обработки сигналов, включает в себя все необходимые устройства формирования и обработки сигналов в полосе сотни мегагерц. При этом метрологические характеристики таких устройств позволяют создавать радиолокационные сенсоры, энергетический потенциал которых сравним с обычными РЛС широкого применения. Примером таких устройств являются, например, навигационные РЛС X-диапазона BR-24 [1] и «Река» [2], реализованные на основе широкодоступной элементной базы.

Желание потребителей РЛС уменьшить их габариты при сохранении, или даже повышении технических характеристик в отношении пространственного разрешения, заставляет разработчиков осваивать более высокий частотный диапазон. Повышение рабочей частоты позволяет сохранить угловое разрешение сенсора при уменьшении размеров апертуры его антенны. Максимальным образом используя опыт создания навигационной РЛС «Река», ее разработчики (авторы данного сообщения) реализовали макет гомодинного радиолокационного сенсора миллиметрового диапазона волн со следующими техническими характеристиками: рабочая частота 33,8 ГГц; мощность излучения ~ 40 мВт; вид зондирующего сигнала — непрерывный ЛЧМ-сигнал; ширина диаграммы направленности: в вертикальной плоскости 30 град., в азимутальной плоскости 1 град.; горизонтальный размер апертуры антенны 60 см.; скорость азимутального обзора пространства 144 град/с.; максимальное разрешение по дальности ~ 0,5 м.; ширина полосы сигнала излучения 50-600 МГц, регулируется на программном уровне.

2. Радиолокационный сенсор К_A диапазона

Сенсор реализован на широкодоступных, сравнительно недорогих электронных компонентах. Используются две антенны — одна A_R на излучение, другая A_T на прием отраженного сигнала. Развязка (в свободном) питающих фидеров антенн составляет величину не менее -40 дБ. ЛЧМ-сигнал формируется

цифровым способом на первой промежуточной частоте. Максимальная ширина спектра выходного ЛЧМ-сигнала цифрового формирователя ~ 40 МГц. Сформированный ЛЧМ-сигнал поступает на вход СВЧ-приемо-передающего модуля, где переносится на вторую промежуточную частоту, равную 3380/16 МГц. После чего сигнал подвергается умножению частоты в 16 раз, усиливается и излучается антенной A_R . Параметры сигнала излучения изменяются на программном уровне, путем загрузки из памяти процессора предварительно рассчитанной цифровой последовательности. Антенна сенсора состоит из двух идентичных рупорных антенн A_R и A_T , расположенных одна над другой. (см. рис. 1). Горизонтальный размер антенны равен ~ 60 см.

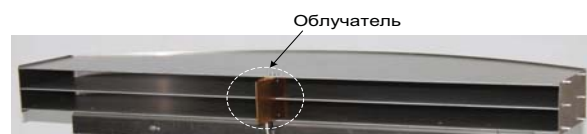


Рис. 1. Антенна радиолокационного сенсора.

Fig. 1. Radar sensor antenna

По центру раскрытия антенны расположен двухканальный приемо-передающий модуль, выполняющий функции облучателя передающей и приемной антенны. Ширина диаграммы направленности антенн A_R и A_T в вертикальной плоскости составляет величину порядка 30 град. В азимутальной плоскости форма ДН приведена на рис. 3. Имеется хорошее совпадение расчетных и экспериментальных характеристик направленности.

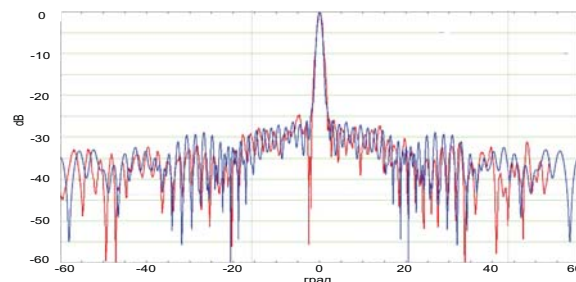


Рис. 2. Диаграмма направленности приемной и передающей антенн сенсора: синий — расчет, красный — измерение.

Fig. 2. Direction patterns for receiving and transmitting antennas: blue line — calculated results, red line — measured results

СВЧ приемо-передающий модуль представляет собой двухканальный рупор, изготовленный в виде двух симметричных частей, образующих единый блок (см. рис.3). В блоке размещены все устройства, входящие в состав модуля: усилитель мощности, преобразователь частоты, малошумящий усилитель, квадратурный смеситель приемного канала. Модуль реализован по гибридной технологии на керамической подложке с использованием GaAs монокристаллических схем. Формирование ЛЧМ сигнала на первой проме-

жуточной частоте производится в цифровой форме, после чего производится преобразование сигнала на вторую, высокую ПЧ, его умножение, усиление и излучение. Отраженный сигнал поступает на смеситель, на выходе которого формируется сигнал биеений, спектр которого отображает наличие отражающих объектов, их ЭПР и удаление. Верхнее оборудование сенсора размещено на вращающейся платформе, внешний вид которой представлен на рис.4.

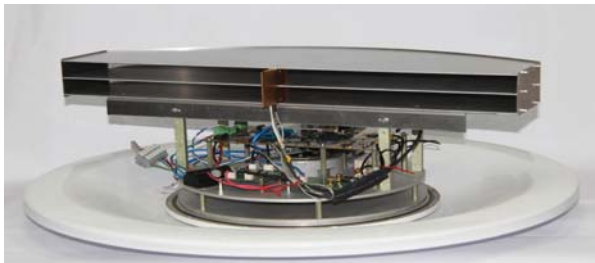


Рис. 3. Внешний вид макета LPI-сенсора миллиметрового диапазона.

Fig. 3. Appearance of mm-band LPI-sensor model

Связь с устройством отображения осуществляется по стандартной линии обмена данными Ethernet 100, через вращающееся сочленение. Через него же осуществляется подача питания. Вся конструкция защищена радиопрозрачным покрытием.

3. Результаты натурных испытаний

Результаты натурных испытаний макета LPI-сенсора иллюстрирует рис. 5, где представлено радиолокационное изображение летного поля граждан-

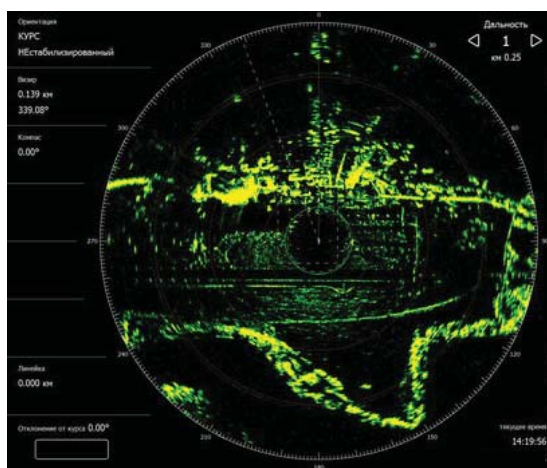


Рис. 4. Радиолокационное изображение летного поля аэропорта

Fig. 4. Radar picture of the airfield

ского аэродрома в режиме разрешения по дальности порядка 1 м. Отчетливо просматриваются сигнальные фонари взлетной полосы, снежные брусчатки, здания самолеты и элементы ограждения зоны аэропорта.

3. Заключение

В заключении данного сообщения можно сделать следующий вывод. В настоящий момент широкодоступная элементная база позволяет радиолокационные сенсоры непрерывного излучения Ка-диапазона частот с низким пиковым уровнем мощности и высоким (до 0,3 м) разрешением по дальности.

4. Список литературы

- [1] <http://www.lowrance.com/Products/Marine/Broadband-Radar>
 [2] <http://www.micran.ru/productions/rls/river/>

LPI Ka-BAND RADAR SENSOR

Khlyusov V. A., Rovkin M. E., Dotsenko V. V.,
 Osipov M. V., Surkov A. S., Nosov D. M.,
 Svarovsky O. Yu., Popov D. A., Davydenko E. A.
 ZAO NPF «MICRAN»
 Tomsk, Russia

Abstract — Examples of such devices include navigational X-band radar «BR-24» by Lowrance and River radar from Micran. By maximizing experience of the navigational radar River creation, its developers (authors of the paper) realize a model of millimeter-wave homodyne radar sensor with operation frequency of 33.8 GHz, radiated power 40 mW, LFM-CW sounding signal, beam width in the elevation plane 30 deg. and 1 deg. in the azimuth plane, horizontal size of the antenna aperture of 60 cm, velocity of at azimuth 144 grad/sec, maximum resolution at range ~ 0.5 m, radiated signal bandwidth 50-600 MHz, adjusted at the program level.

Introduction. Previously the widespread use of homodyne processing of LFM-CW signal was restricted to altimeter and ranging, i.e., areas not requiring a high energy potential of radar sensor (due to the relatively large ESR values of radar sounded objects and short ranges to them) Today the nomenclature of widely available electronic components, designed for digital signal processing, includes all necessary devices to generate and process signals in the bandwidth up to several hundred megahertz.

Main Part. The sensor is realized on the base of available inexpensive electronic components. Antenna of the sensor consists of a pair of identical parabolic cylinder antennas AR and AT placed one above the other (see Figure 2). Horizontal size of the antenna is 60 cm. Microwave receiving-transmitting unit is a dual horn with two symmetrical parts composing a single unit and contains all devices composing the module: power amplifier, frequency multiplier, low-noise amplifier, quadrature down-mixer of the receiving channel. The module is implemented using hybrid technology on a ceramic substrate with GaAs monolithic circuits. Data and control signal transfer between radar display and sensors is carried out using standard Ethernet 100Base-T line through low-frequency rotating joint. Power supply is also carried this way. The entire design is protected by radom.

Results of the field test of LPI sensor show radar image of the airfield that was taken at operation mode with resolution at the range of 1 m. It is clearly visible warning lights of the runway, snow parapets, buildings, aircrafts and fence components of the airport area. Previously, radar images of the same airfield have been obtained at X-band with the same resolution at azimuth (1 deg.) and at range resolution (1 m) by authors of this paper.

Comparative analysis of these images allow us to conclude a higher level of image details obtained in the millimeter range

Conclusion. At the moment, widely available components allow to realize analog signal generators digitally with high metrological characteristics and low noise level and out of band spectral component. The bandwidth of formed radio signals can be up to 1 GHz without using of specialized and therefore expensive microwave components. Using the technique of homodyne reception of LFM signal gives possibility to make match-filtering of LFM with frequency deviation up to 1 GHz and above. This makes possible to implement highly affordable radar sensors with continuous radiation with low peak power levels, whose energy potential can be compared with conventional "general purpose" pulse radar. The cost of the presented model of LPI millimeter-wave sensor can be compared with the cost of ordinary modern pulsed radar system. But characteristics of the spatial resolution of the radar sensor are significantly higher because it uses a much greater bandwidth of the sounding signal, and manufacturing technology is close to the modern technology of printed circuit boards and planar microwave devices.