

СУДОВАЯ РЛС БЛИЖНЕГО ОБЗОРА С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ ПО ДАЛЬНОСТИ

Доценко В. В., Носов Д. М., Осипов М. В.,
Ровкин М. Е., Сурков А. С., Хлусов В. А.

НПФ «МИКРАН»

г. Томск, 634045, Россия

тел.: 8-382-413-403, e-mail: mic@micran.ru

Аннотация — Разработана и реализована РЛС ближнего обзора с высоким (1,5 м) разрешением по дальности, предназначенная для навигации малотоннажных судов, а также для швартовки и постановки на рейд крупнотоннажных судов. Показаны принципы функционирования РЛС, технические характеристики генераторного оборудования и блоков цифрового формирования и обработки сигналов. Приведены примеры радиолокационных изображений, полученных в ходе натурных испытаний РЛС «Река», изготовленной малой серией в НПФ «МИКРАН» (г. Томск).

I. Введение

Ограниченное применение гомодинного приема ЛЧМ сигналов в обзорных РЛС обусловлено их низким энергетическим потенциалом, который в свою очередь ограничен собственными шумами аналогового формирователя ЛЧМ-сигнала [1]. В настоящий момент существует возможность цифрового формирования ЛЧМ сигналов с большой базой. При этом шумовые и «точностные» характеристики такого формирователя существенно лучше характеристик аналоговых устройств на основе управляемых генераторов сигналов (PLL). Это позволяет получить энергетический потенциал РЛС, достаточный для решения задач ближнего обзора с высоким разрешением по дальности.

В данной работе показаны принципы построения и результаты практической реализации обзорной «цифровой» РЛС с гомодинной обработкой непрерывного ЛЧМ-сигнала излучения с полосой 200 МГц.

II. Функциональная схема РЛС

Принципы функционирования РЛС иллюстрирует рис.1. Цифровой формирователь зондирующего сигнала (ЦФЗС) формирует непрерывный ЛЧМ радиосигнал на рабочей частоте 9430 МГц, модулированный периодической пилообразной функцией с периодом 7 мс. Девияция составляет ± 100 МГц относительно рабочей частоты. Выходной сигнал ЦФЗС усиливается в СВЧ головке (СВЧГ) и излучается антенной A_T . Отраженный сигнал принимается антенной A_R , усиливается, подвергается гомодинной обработке, в результате чего на видео выходе СВЧГ формируется сигнал биений, спектр которого однозначно отображает дальность и ЭПР объектов, находящихся в зоне обзора. Сигнал биений преобразуется в цифровую форму в цифровом приемнике ЦПР. Управляющий контроллер УК формирует цифровой поток по протоколу Ethernet100, который через вращающееся соединение ВС и контроллер передачи данных КПД поступает в центральный процессор ЦП нижнего оборудования РЛС. ВС не имеет механического контакта по линии передачи данных. ЦП производит вычисление Фурье спектра сигнала биений и формирование текущего массива радиолокационного изображения. ДУА – датчик углового положения антенны, АП – антенный привод. Отображение текущей информации осуществляется сенсорным монитором СМ, который выполняет также функции виртуального

пульта управления РЛС. Напряжение первичного источника питания ПИП поступает на вторичный источник питания ВИП верхнего оборудования через вращающийся трансформатор.

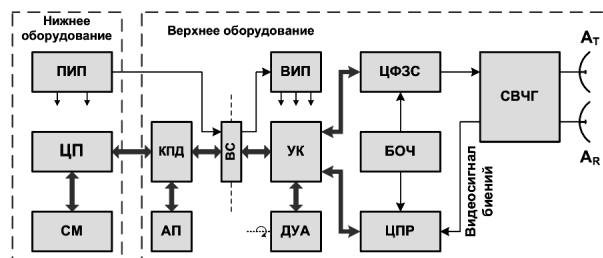


Рис. 1. Функциональная схема РЛС.

Fig. 1. The radar functional diagram

Измеренная спектральная плотность собственных шумов формирователя сигнала ЦФЗС равна минус 161дБм/Гц. ЦФЗС выполнен по схеме прямого синтеза сигнала по его квадратурам. Сигнал биений преобразуется в 16-битовый поток, что обеспечивает динамический диапазон цифрового представления спектра сигнала биений ~ 110 дБ. Коэффициент шума приемной части СВЧГ равен 3 дБ. Мощность сигнала излучения составляет величину ~ 70 мВт, что при длительности периода модуляции 7 мс позволяет уверенно обнаруживать крупные надводные объекты на удалении до 30 км.

III. Результаты натурных испытаний

Натурные испытания РЛС производились в бассейне рек Томь и Обь. Основные параметры 3-см РЛС; мощность излучения 70 мВт, ширина полосы зондирующего сигнала 200 МГц, угловая скорость вращения антенны $150^\circ/\text{с}$, длительность периода модуляции частоты ЛЧМ сигнала 7 мс. Ширина диаграммы направленности в азимутальной плоскости $\sim 1^\circ$. Фактическое разрешение по дальности составило величину порядка 1,2.м (по критерию Рэлея) и 1,5 по уровню 0,9, относительно максимума отклика от точечного объекта (угловой отражатель). Отличие полученных величин от потенциальной разрешающей способности сигнала с полосой 200 МГц (0,75 м) объясняется необходимостью введения оконной функции (окно Кайзера) для подавления боковых лепестков функции отклика на одиночную цель. На рисунках 2, 3 представлены радиолокационные изображения русла реки с проходящей сдвоенной баржей, перевозящей трубы большого диаметра. В левой части изображения рисунка 1 виден вход в пересохшую протоку. Радиолокационное изображение сдвоенной баржи полученное с удаления ~ 150 м (см. рис. 3) отчетливо отображает речной состав и иллюстрирует возможность РЛС при оконтуривании судов на рейдах. Приведенные примеры изображений позволяют оценить эффективность использования РЛС при прохождении узо-

стей, а также в сложной помеховой обстановке при швартовке крупного судна.

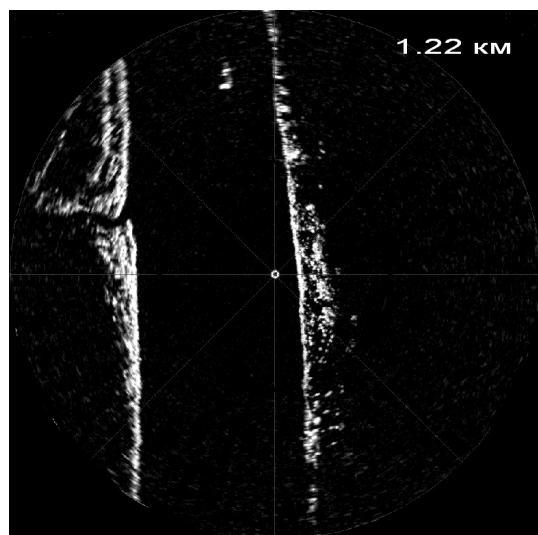


Рис. 2. Радиолокационное изображение русла реки Обь. На удалении ~1км сдвоенная баржа.

Fig. 2. The radar image of the Ob river channel. The twin barge is ~ 1 km away

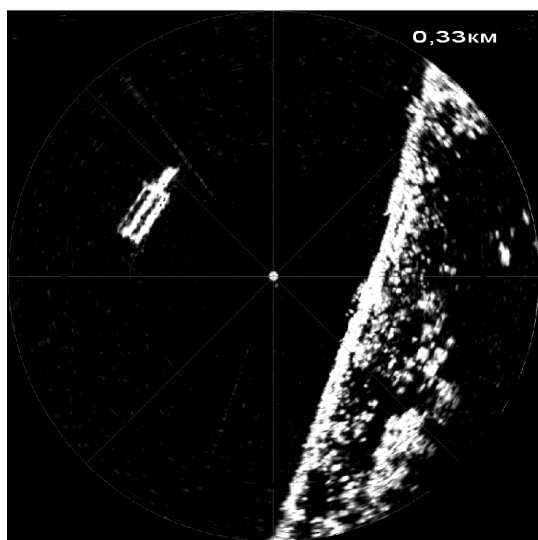


Рис. 3. Радиолокационное изображение русла реки Обь. На удалении ~150м сдвоенная баржа.

Fig. 3. The radar image of the Ob river channel. The twin barge is ~ 150 m away

IV. Заключение

Уникальность и новизна технологии реализации представленной РЛС состоит в том, что задача радиолокационного обзора с высоким пространственным разрешением решена на основе применения современной доступной элементной базы, с использованием последних достижений в области генерирования и когерентной обработки ЛЧМ сигналов с большой базой. Это позволило при сверхнизких уровнях пиковой мощности излучения получить приемлемые характеристики радиолокационного изображения ближней зоны обзора с высоким пространственным разрешением по дальности. При этом экс-

плуатационные характеристики РЛС соответствуют самым современным требованиям, таким как: высокая надежность, длительный срок необслуживаемой эксплуатации, отсутствие вредного воздействия на персонал и т.д.

V. Список литературы

- [1] *Справочник по радиолокации*. Под ред. М. Сколника. Нью-Йорк, 1970: Пер. с англ. (в четырех томах) / Под общей ред. К. Н. Трофимова; Том. 3. Радиолокационные устройства и системы / Под ред. А. С. Винницкого. – М.: Сов. радио, 1979 г. 528 с.

CLOSE RANGE COVERAGE SHIP RADAR WITH DISTANCE HIGH RESOLUTION

Dotsenko V. V., Nosov D. M., Osipov M. V.,
Rovkin M. E., Surkov A. S., Khlusov V. A.
MICRAN Co.

47, Vershinin Str., Tomsk, 634034, Russia
Phone.: +7(3822)413403; e-mail: mic@micran.ru

Abstract — Close range coverage ship radar with high (1.5 m) resolution at range was developed and implemented for navigation of boats as well as for lay-up and mooring of super-size vessels. Examples of the radar-tracking images obtained during natural tests of "River" radar manufactured as a small lot by Micran Co. (Tomsk, Russia) are given.

I. Introduction

Modern opportunities of widely accessible devices of radio signal digital forming and processing allow reconsidering the sphere of application of known methods of a radar-tracking. Noise characteristics of modern digital oscillators allow using homodyne processing of LFM-CW signals not only in altimeters, but also in close range coverage radar review with the high spatial resolution.

II, III. Main Part

Principles of such radar functioning are illustrated on Fig.1, where: ЦФЗС - a digital former of a sounding signal realized on the basis of direct synthesis on quadrature components of a signal, СВЧГ - a high-frequency transmitter for amplification of sounding and homodyne reception of a reflected signal, БОЧ - the block of base frequencies, ЦПР - the digital receiver of a beat-frequency waveform, УК and КПД are a master controller and a data transfer controller, respectively, ЦП - the central data processor where spectrum of a beat-frequency signal is calculated and formation of a current radar-tracking image is made, СМ - a touch-screen monitor for radar image displaying and control of radar operations, ДУА - an angular position sensor of the aerial, АП is an antenna drive. ПИП and ВИП are primary and secondary power supplies, respectively. ВС is a rotary joint. Key parameters of the radar are: bandwidth of f sounding signal is 200 MHz, working frequency is equal 9430 MHz, beam width of the antenna pattern at azimuth is equal 1 grade, power of continuous radiation is 70 mW, the period of LFM of a signal is equal 7 ms.

The results of natural tests of the radar confirming efficiency of application of homodyne processing of the LFM signal in a problem of close range coverage with high resolution at range are presented on the Fig 2, 3. The radar image of the twin barge at range of 150 m (see fig. 3) clearly displays river structure and illustrates opportunities of the "River" radar at contouring of passing ships and mooring super-size vessels.

IV. Conclusion

Uniqueness and novelty of technology of the presented radar is that the problem of the radar coverage with the high spatial resolution is solved on the basis of modern accessible element facility using with the newest achievements in the field of forming and coherent processing of continuous LFM signals.