

SEMINATURAL MODELING OF RADIO ALTIMETERS OVER LAYERED SURFACES OPERATION

Bokov A. S., Vazhenin V. G., Dyadkov N. A.
*Institute of Radioelectronics and Information Technologies,
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin
32, Mira str., Yekaterinburg city, Sverdlovskaya reg.
620002, Russian Federation
Ph.: (343) 3759754, e-mail: a.s.bokov@urfu.ru*

Abstract — The signal simulator for on-Board altimeters allows carrying out laboratory tests and adjustments, checking functioning in close to real conditions. The reflected signal may be obtained as sum or as combination lot of backscattering signals, corresponding to the reflection from many underlying layered surface bright points. Seminaturnal platform, that can generate a real-time mode signal taking into account vehicle motion dynamics, even at variable modulation parameters, is discussed.

ПОЛУНАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РАДИОВЫСОТОМЕРОВ НАД СЛОИСТЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

Боков А. С., Важенин В. Г., Дядьков Н. А.
*Институт радиоэлектроники и информационных технологий
Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
ул. Мира, 32, Екатеринбург, Свердловской обл., 620002, Россия
тел.: (343) 3759754, e-mail: a.s.bokov@urfu.ru*

Аннотация — Имитатор сигналов для бортовых радиовысотометрических систем позволяет проводить наземные испытания и наладку с возможностью проверки функционирования в условиях приближенных к реальным. Отраженный сигнал может быть получен как сумма либо как комбинация многих зондирующих сигналов, соответствующих отражению от множества блестящих точек слоистой подстилающей поверхности. Рассмотренный имитатор, даже при переменных параметрах модуляции, может формировать сигнал с учетом динамики движения летательного аппарата в режиме реального времени.

I. Введение

При работе бортовых радиовысотометров (РВ) над поверхностями покрытыми частично радиопрозрачными слоями (например, лед, плотный снег, вода) суммарный принимаемый в приёмной антенне РВ сигнал содержит составляющие, отраженные от границ разделов сред. При определенных соотношениях параметров слоёв и параметров сигналов возможно появление существенных для безопасности ошибок измерения высоты движения летательного аппарата (ЛА).

В некоторых бортовых радиовысотометрических системах (БРВС) задача оценки параметров подстилающих поверхностей может быть вынесена на первый план: например, при прокладывании путей в северных морях, при выборе места посадки или стоянки на льду, целесообразен предварительный облет территории для дистанционного измерения толщины морского льда.

Поэтому для повышения точности и достоверности оценки параметров движения ЛА необходима разработка методов и комплексов полунатурного моделирования (ПНМ) для исследования и совершенствования алгоритмов и параметров работы БРВС.

II. Основная часть

В типовых РВ используются антенны с широкой диаграммой направленности, поэтому при дистанционном измерении параметров слоистых поверхностей выделение отражения от нижней границы слоя затрудняется наличием одновременных отражений от верхней границы слоя: с той же дальностью, но под большим углом

отклонения от нормали. Практическое решение задачи усложняется также изменением длины радиоволны в частично радиопрозрачном слое, существенным ослаблением сигнала при отражении и при распространении в толще слоя. Например, для морского льда характерна зависимость солёности от возраста льда, солёность и плотность зависят также от широты морей и погодных условий образования льдов.

В простейшем случае с учётом затуханий отражение от слоёв может быть представлено как сумма однократных отражений от каждого раздела сред в пределах пятна облучения зондирующим сигналом. В более сложном случае возможен учет многократных отражений и отражений от возможных неоднородностей внутри слоя.

В зависимости от типа сигнала БРВС оптимальными будут различные методы и алгоритмы формирования имитирующего сигнала. Для импульсного излучения форма зондирующего сигнала, как правило, постоянна и точно известна, поэтому отраженный сигнал может быть заранее подготовлен в сигнальной памяти с учетом параметров моделирования и выдан на вход БРВС по сигналу пикового детектора обнаруживающего начало зондирующего импульса.

Для систем с непрерывным излучением, работающих как правило в так называемом следящем режиме, расчет отраженного сигнала и последующее его воспроизведение необходимо выполнять в реальном масштабе времени на основе принимаемой реализации сигнала. Это приводит к необходимости прямой имитации отраженного сигнала как суммы сигналов, отраженных

различными достаточно малыми по сравнению с облучаемой площадью участками поверхности или эквивалентными блестящими точками [1].

Возможность технической реализации таких методов сегодня осуществима благодаря появлению цифровых процессоров обработки сигналов с производительностью, обеспечивающей преобразование зондирующего сигнала (задержку и, при необходимости, доплеровское смещение частоты) в реальном масштабе времени при ширине спектра зондирующего сигнала в десятки-сотни мегагерц, например ИМС 1879BM3(DSM) [2].

Для практической реализации даже упрощенных моделей слоистых протяженных поверхностей, представляемых совокупностью блестящих точек, необходимо сокращение числа моделируемых отражателей. Этого можно достичь, например, если увеличить ширину имитируемых участков поверхности и сигнал, отраженный от участка поверхности внутри периода модуляции, считать не сигналом постоянной частоты со случайной начальной фазой и амплитудой, а узкополосным случайным процессом со средней частотой, равной средней частоте сигналов, отраженных от участка поверхности.

Тогда, например, в случае зондирующего сигнала РВ с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) каждому имитируемому участку можно сопоставить один сигнал, задержанный на время τ_i , который на выходе анализатора сигнала в РВ будет соответствовать одной гармонике в дальномерном спектре сигнала. Для корректного полунатурного моделирования для воспроизведения сигнала достаточно частоты квантования порядка 10 ширин рабочей полосы частот устройства обработки. В РВ с ЛЧМ ширина рабочей полосы частот, как правило, не превосходит 10^6 Гц. Учитывая, что частота квантования входного сигнала в [2] составляет 600 МГц, возможна реализация до 60 каналов задержки выходного сигнала путем последовательной работы каналов считывания сигнала из памяти с различной задержкой. При этом 1 сигнальный канал будет соответствовать 1 яркой точке или сумме сигналов множества точек/фацетов с поверхности и объема слоя с близкими параметрами по частоте в дальномерном спектре.

В соответствии с [1, 3] создан программно-аппаратный комплекс ИОС-РВ – имитатор отраженных сигналов, который может использоваться для проверки РВ, использующих зондирующие сигналы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) в диапазоне частот 4,2 – 4,4 ГГц.

Упрощенная структура комплекса содержит отдельные блоки аттенуаторов (A1, A2), смесителей (Mix1, Mix2) и гетеродин (Oscillator) – см. на рис. 1. Блоки цифровой обработки сигнала АЦП (ADC), ЦАП (DAC), многоотводная линия задержки на основе цифровой сигнальной памяти (digital signal memory), коммутатор сигналов (Switcher) управляемый специальным счётчиком (Spec.Counter) и блоки сдвига частоты Δf_i реализуются на одной ИМС 1879BM3(DSM).

Все параметры преобразования входного сигнала, поступающего с БРВС, могут меняться с помощью ЭВМ (на рис. 1 не показана) из ПО моделирования конкретной траектории полёта ЛА над заданным типом подстилающей поверхности. Для повышения качества моделирования слоистых поверхностей и неоднородностей ИОС-РВ позволяет включить до 4-х модулей с ИМС 1879BM3(DSM).

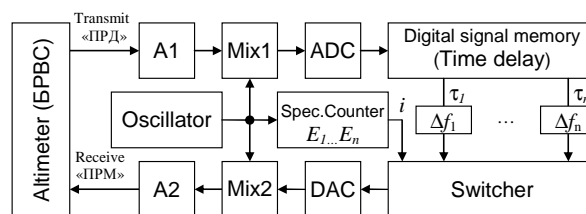


Рис. 1. Структура комплекса ПНМ ИОС-РВ
Fig. 1. Block diagram of modeling platform

Имеется возможность имитации отраженных ЛЧМ сигналов с дискретом по задержке, соответствующим менее 1 см [3] при общем диапазоне высот свыше 20 км и программном управлении ослаблением сигнала (в аттенуаторе A2) до 157,5 дБ.

III. Заключение

Анализ особенностей формирования отраженного сигнала и разработанная модель отраженного сигнала позволила провести анализ возможностей имитации:

1. В случае применения ЛЧМ сигналов процедура формирования сигналов с различной задержкой с использованием временного разделения каналов задержки может быть реализована благодаря высокой частоте квантования входного сигнала и сравнительно узкой мгновенной полосе частот зондирующего сигнала.

2. Имитация отражения от статистически однородных слоёв с шероховатой поверхностью с достаточной степенью точности может быть обеспечена при использовании ограниченного числа каналов задержки зондирующего сигнала (для типовых серийных РВ с ЛЧМ на высоте до 50 м при девиации 180 МГц достаточно по 18 каналов на каждый отражающий слой).

3. Для «размытия» дальномерного спектра сигнал каждого канала либо весь формируемый сигнал можно модулировать по амплитуде и/или частоте шумом с шириной спектра соответствующему 1 интервалу между участками группировки близких по параметрам отражающих точек на поверхностях и в объеме слоя.

Имитатор дает возможность разработчикам исследовать поведение БРВС в условиях приближенных к реальным, сократить время отработки перспективных многофункциональных систем измерения параметров слоистых поверхностей, что в свою очередь влияет на их конечную стоимость.

IV. References

- [1] Bokov A. S., Vazhenin V. G., Dyadkov N. A. Model' radiolokacionnogo kanala dlja formirovanija signala otrazhennogo ot protjazhennogo ob#ekta [Model of radar channel for signal reflected from an extended object]. Sbornik trudov Tret'ej Vserossijskoj NTK Radiovysotometrija – 2010. Ekaterinburg, 2010. pp. 287–293.
- [2] Mikroshema integral'naja 1879BM3(DSM), Tehnicheskoe opisanie, Versija 1.1, JuFKV 431268 001 TO1 K [Integrated circuit 1879BM3(DSM), Technical description, version 1.1], Nauchno-tehnicheskij centr «Modul'». Moscow, 2002.
- [3] Боков А. С., Важенин В. Г., Дядьков Н. А., Мухин В.В., Щербак Д.Е., Пономарев Л.И. Патент 2504799 (РФ). Имитатор радиолокационной цели при зондировании преимущественно длительными сигналами. Оpubл. в Б. И., 2014. № 2. 12 с.