

ИЗМЕРЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Волков С.Э., Пызюк Д.Л., Липатов А.А.

ГП «Укркосмос», ИТС НТУУ «КПИ»

E-mail: volkov@ukrkosmos.kiev.ua

Geostationary satellites ranging measurement performed by TCR system

One of the Telemetry, Command and Ranging (TCR) satellite on-board equipment purpose is fulfillment of distance measurement. The Lybid satellite distance measurement principle based on PSS-04-105 radio frequency and modulation standard are briefly considered.

Бортовая аппаратура командно-измерительной системы (КИС) геостационарных космических аппаратов (КА) совместно с наземными средствами обеспечивает управление спутником по радиолинии Ку-диапазона и выполняет:

- прием телекоманд, массивов командно-программной информации (КПИ) с наземной станции управления (НСУ) (радиолиния «вверх»);
- передачу телеметрической информации на НСУ (радиолиния «вниз»);
- интерфейс с бортовой аппаратурой телесигнализации (БАТС) КА. При получении пакета телеметрической информации от БАТС аппаратура КИС формирует транспортный телеметрический кадр;
- прием и передачу сигналов измерения дальности;
- выдачу в блок управления КА разовых команд управления и массивов КПИ, выдаваемых с наземной станции.

Структурная схема бортовой аппаратуры КИС показана на рис.1.

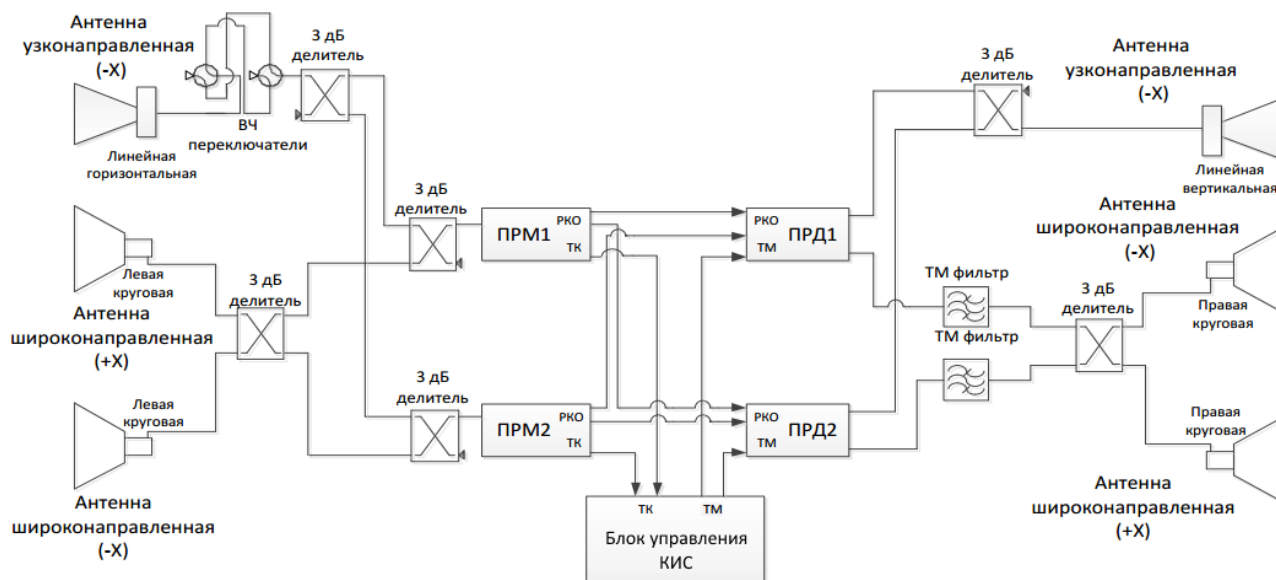


Рис. 1 Схема бортовой аппаратуры КИС.

Обозначения: ПРМ – приемник; ПРД – передатчик; ТК – телекоманды; ТМ – телеметрия; РКО – радиоконтроль орбиты

Для удержания геостационарного КА в определенной орбитальной позиции необходимо контролировать его радиальную скорость движения, угловые координаты и дальность. Измерения дальности осуществляются радиотехническим методом во время сеансов передачи телекоманд на борт КА (рис.2). Наиболее часто используются

два варианта радиотехнических систем: с применением шумоподобных сигналов и фазовый многочастотный.

В украинской спутниковой телекоммуникационной системе (СТС) с КА «Лыбидь» предусмотрено применение фазового многочастотного способа измерения дальности, описанного в стандарте PSS-04-105 [1] Европейского космического агентства (ЕКА). НСУ передаёт на борт КА набор частот (тонов), которые поочередно обрабатываются для устранения неопределенности (рис.3), а затем передаются на НСУ вместе с телеметрической информацией. Разность фаз ($\Delta\Phi$) переданного и принятого сигналов позволяет найти время распространения радиоволн и искомую дальность (R): $\Delta\Phi = 2\pi f t$, где $t = (2R)/c$ – время распространения сигнала в направлении «вверх» и «вниз». Поскольку разрешающая способность $\Delta R = c/2f$ и зависит от частоты передаваемого тона (табл.1), для устранения неопределенности вместе с основным тоном 100 кГц одновременно передаются несколько минорных тонов в диапазоне 16÷20 кГц (20, 16, 16.8, 16.16, 16.032, 16.008 кГц) [2].

Таблица 1. Неопределенность измерения расстояния при применении различных частот

f , Гц	100 000	20 000	4 000	800	160	32	8
ΔR , км	1,5	7,5	37,5	187,5	937,5	4687,5	18750

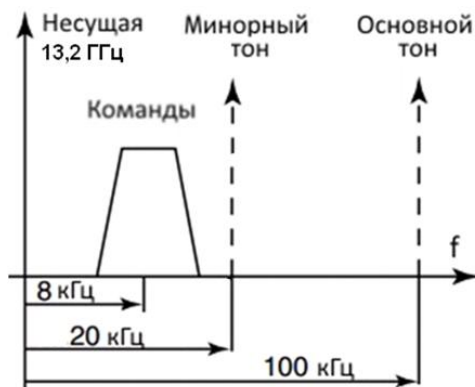


Рис.2 Спектр сигнала телекоманд

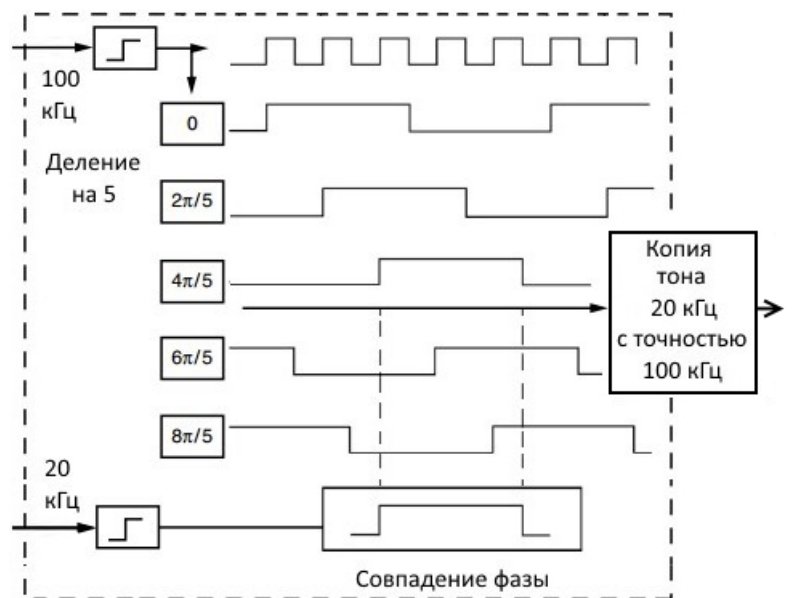


Рис.3 Схема получения минорных тонов

Создание радиолиний командно-измерительных систем требует решения ряда специфических задач, связанных с выбором структуры сигнала и методов его обработки. При применении многочастотного метода погрешность измерения дальности зависит от набора используемых частот, отношения сигнал/шум приёмника, стабильности задержки при обработке сигнала на борту КА, изменении времени распространения сигнала в ионосфере, что требует учёта при обработке результатов измерений.

В работе дано пояснение сущности метода измерения дальности согласно стандарта ЕКА [1, 2], применяемого в украинской СТС с КА «Лыбидь».

Литература

1. <http://microelectronics.esa.int/vhdl/pss/PSS-04-105.pdf>.
2. Gerard Maral. Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology / Wiley, 5 edition, February 1, 2010, 742 p.