

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕОБЗОРА

к.т.н. А.М. Сотников, к.т.н. Ю.Б. Прибылев, В.Ю. Косухин, С.И. Клевец
(представил проф. В.Е. Пустоваров)

Рассматривается направление повышения чувствительности радиометров, используемых в системах обзора земной поверхности, позволяющее получать радиометрические изображения больших участков местности за относительно малое время наблюдения.

Первые успешные эксперименты по получению радиотеплового излучения земной и водной поверхности проводились в 50 - е годы [1]. При этом использовалась аппаратура длин волн 3,2; 1,25 и 0,8 см, созданная на базе радиолокационных станций. В этих радиометрических системах землеобзора использовался однострочный режим сканирования, а в качестве индикаторов использовались перьевые самописцы. Полученные изображения были довольно низкокачественными, однако бесспорно была установлена возможность наблюдения береговой черты, а также всепогодность действия радиотеплолокационных средств, сочетающаяся с их абсолютной скрытностью, что особенно важно для радиометрических систем землеобзора военного назначения.

Радиометрические системы землеобзора, используемые на борту летательных аппаратов, содержат следующие обязательно присутствующие элементы: антенну, радиометр, блок управления обзором, механизм привода антенны и индикатор [2]. Поскольку для обзора заданного участка поверхности необходимо большое время, быстроедействие таких простейших радиометрических систем землеобзора мало. Возникла необходимость получения радиометрических изображений больших участков местности за относительно малое время наблюдения, а также повышения точности измерения радиояркостной температуры объектов и обнаружения более слабых источников излучений или при одинаковой точности измерений и вероятности обнаружения, увеличения дальности действия, что равносильно улучшению чувствительности радиометрических систем землеобзора.

В настоящее время с целью получения информации о состоянии земной поверхности используются различные радиотехнические системы мониторинга, в частности, радиометрические системы миллиметрового диапазона волн, использующие в качестве высокочувствительного

датчика радиометры. Как показывает анализ, получение изображения земной поверхности с высокой разрешающей способностью невозможно без дальнейшего совершенствования самих систем и, в частности, без повышения чувствительности самих радиометров.

Известно, что основным направлением повышения чувствительности радиометра является уменьшение полосы пропускания низкочастотной части радиометра, что адекватно увеличению времени накопления сигнала. Отмечается, что повышения чувствительности можно достичь используя линейки радиометров.

Наиболее перспективным направлением повышения чувствительности радиометрических систем землеобзора является применение многоканальной системы радиометров, у которой число выходных каналов будет соответствовать числу элементов разрешения в соответствии с размерами зоны обзора. Разрешаемые элементы должны, по крайней мере, плотно примыкать один к другому, чтобы не было пропуска объектов. В связи с этим необходимо при заданной длине обзора l_1 , которую нужно перекрыть, увеличивать число каналов.

Число каналов N выбирается следующим образом:

$$N = l_1 / \Delta L, \quad (1)$$

где l_1 - длина зоны обзора; ΔL - линейное разрешение.

Линейное разрешение ΔL системы в зависимости от высоты носителя системы, будет определяться выражением [2]:

$$\Delta L = \lambda H / d_A, \quad (2)$$

где λ - длина волны; H - высота полета летательного аппарата; d_A - размеры одного элемента антенны.

На выходе каждого канала радиометрической системы землеобзора воспроизводится эквивалентная шумовая температура соответствующего элемента антенны. Так как каждый элемент формирует отдельный луч в общей диаграмме направленности антенны, ориентированный в некоторую заданную область земной поверхности, то шумовая температура каждого элемента пропорциональна радиояркостной температуре одного разрешаемого элемента.

В такой радиометрической системе землеобзора каналы работают одновременно, и для обзора всей зоны затрачивается такое же время Δt , как и для обзора одного разрешаемого элемента. Время Δt с учетом (2) определяется выражением

$$\Delta t = \Delta L / V = \lambda H / V d_A, \quad (3)$$

где V - скорость ЛА.

Чувствительность каждого из каналов радиометрической системы землеобзора определяется выражением [3]:

$$\Delta T_i = k \frac{T_{ш}^0}{\sqrt{\Delta f t_n}}, \quad (4)$$

где ΔT_i - чувствительность i - го канала; k - постоянная радиометра; $T_{ш}^0$ - температура собственных шумов радиометра; Δf - полоса пропускания радиометра по высокой частоте; t_n - время интегрирования, равное времени, необходимому для отсчета и усреднения информации от одного разрешаемого элемента земной поверхности, в нашем случае $t_n = \Delta t$.

При использовании рассмотренной выше радиометрической системы землеобзора при пролете ЛА над заданной зоной обзора земной поверхности осуществляется накопление сигнала от каждого разрешаемого элемента. В этом случае время наблюдения t_1 каждого разрешаемого элемента земной поверхности увеличивается в n раз, где n - число разрешаемых элементов по длине зоны обзора, и будет равно

$$t_1 = t_{n1} = n \Delta t, \quad (5)$$

а чувствительность каждого канала радиометрической системы землеобзора, определяемая выражением (4), с учетом выражения (5), при прочих равных условиях, увеличивается в \sqrt{n} раз. Это позволяет измерять радиояркостную температуру объектов с точностью в \sqrt{n} раз выше и обнаруживать более слабые источники излучений или при одинаковой точности измерений и вероятности обнаружения увеличить в \sqrt{n} раз дальность действия радиометрической системы землеобзора.

Таким образом, применение предлагаемого подхода в целях повышения чувствительности радиометрической системы землеобзора, основанного на увеличении времени наблюдения элементов разрешения, позволяет значительно повысить чувствительность и улучшить другие технические характеристики рассматриваемой системы, зависящие от чувствительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиолокационные методы исследования Земли / Ю.А. Мельник, С.Г. Зубкович, В.Д. Степаненко и др. Под ред. Ю.А. Мельника. – М.: Сов. радио, 1980. – 83 с.
2. Николаев А.Г., Перцов С.В. Радиотеплолокация. – М.: Сов. радио, 1964. – 335 с.
3. Краус Дж. Д. Радиоастрономия. - М.: Сов. радио, 1973. – 353 с.

Поступила в редколлегию 30.04.2001
