

## **Метод компенсации фонового излучения в СВЧ радиометрической системе дистанционного зондирования атмосферы**

И.Н. Ростокин, Е.В. Федосеева, Е.А. Ростокина

*Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых» 602264, Владимирская обл., г. Муром, ул. Орловская д. 23Б arostokina@yandex.ru*

*Рассмотрены вопросы построения трехканальной СВЧ радиометрической системы дистанционного зондирования атмосферы, реализующей метод компенсации влияния фонового излучения на результаты радиометрических измерений при формировании сигнала компенсации на выходе дополнительного канала антенной системы со специальной формой диаграммы направленности (ДН) и разностного алгоритма выделения информационной составляющей входного сигнала.*

*Questions of construction three-channel UHF radiometric system of remote sounding of the atmosphere realising a method of indemnification of influence of background radiation on results of radiometric measurements at formation of a signal of indemnification on an exit of the additional channel of antenna system with the special form of the diagramme of an orientation and difference of algorithm of allocation by an information component of an entrance signal are considered.*

### **Введение**

СВЧ радиометрическое дистанционное зондирование является эффективным средством исследования атмосферы, а получение данных измерений в нескольких частотных диапазонах существенно расширяет возможности оценки физических параметров по результатам измерения мощности собственного радиошумового излучения исследуемой ее области.

При построении СВЧ радиометрических систем важным является вопрос компенсации влияния фонового шума на результаты измерений. Наиболее широко известен метод диаграммной модуляции [1], реализуемый при измерении радиояркостного контраста локальных неоднородностей в атмосфере. При дистанционных исследованиях протяженно однородной по структуре атмосферы возникает необходимость в оперативной компенсации помеховой составляющей входного сигнала радиометрической системы, обусловленного приемом фонового шума через область рассеяния ДН антенны. В таком случае возможна реализация системной компенсации указанной помеховой составляющей путем формирования на выходе антенны дополнительного сигнала адекватного помеховой составляющей выходного сигнала основного измерительного канала антенны с последующим нахождением разности этих сигналов при реализации модуляционного способа приема в радиометре системы [2,3].

Построение многочастотной СВЧ радиометрической системы исследования атмосферы показало необходимость решения следующих задач:

- разработка двухканальных антенн с дополнительным каналом компенсации во всех выбранных частотных диапазонах;
- организация процесса внутренней калибровки в СВЧ приемном блоке каждого диапазона;
- разработка способа и технической реализации последетекторной обработки выходных сигналов и процедуры компенсации помеховых составляющих сигналов, а также сопряжения системы с компьютером для организации окончательной обработки данных измерения и их применения в задачах оценки физических параметров атмосферы.

## 1. Двухканальные антенны СВЧ - радиометрической системы

Основное требование к антенне каждого из трех частотных каналов радиометрической системы формирование двух выходных сигналов: основного измерительного и дополнительного сигнала компенсации, уровень которого в основном определяется адекватным основному каналу приемом радиозумового сигнала через область рассеяния ДН основного антенного канала. Реализация двухканального приема с указанными характеристиками возможна при работе в двухмодовом режиме – на модах  $H_{11}$  и  $E_{01}$  круглого волновода с последующим разделением мод в приемном питающем волноводе антенны (в модовом разделителе).

Модовый разделитель каждого канала (рис. 1) выполнен на основе круглого волновода, к которому подключены два волновода – выходы антенны. Первый антенный канал (А1) в совокупности с круглым волноводом является выходом антенны, осуществляющей прием на волне  $H_{11}$ , а второй антенный канал (А2) – на волне  $E_{01}$ .

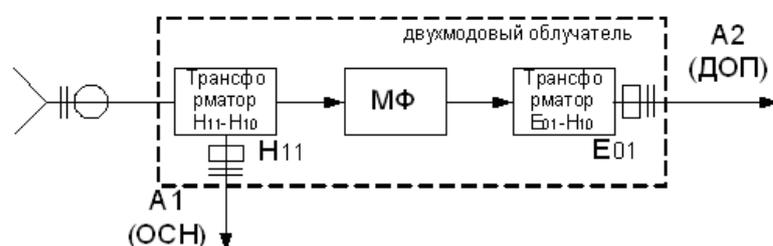


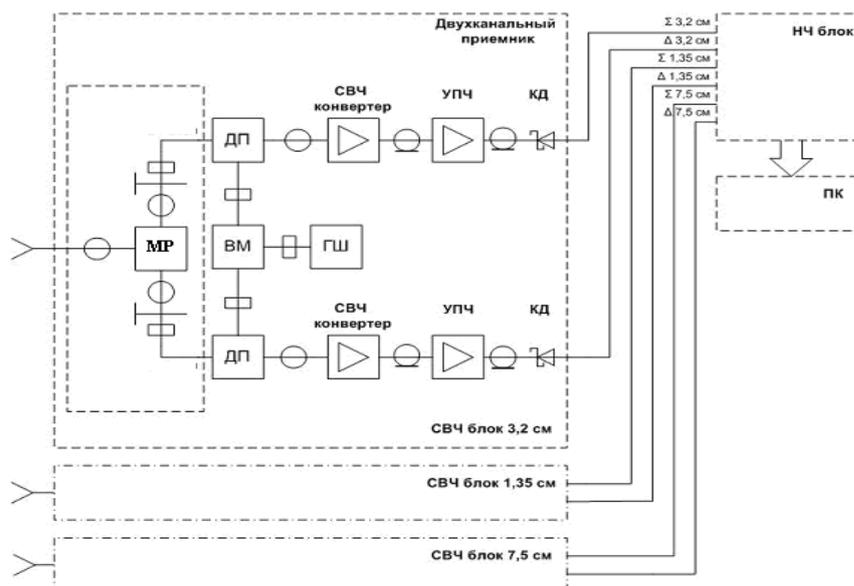
Рис. 1. Двухканальная антенна с модовым разделителем

Антенна работает следующим образом: шумовой сигнал, принимаемый коническим рупором, поступает в круглый волновод, в котором возбуждаются волны  $H_{11}$  и  $E_{01}$ . В трансформаторе типов волн  $H_{11} \rightarrow H_{10}$  – прямоугольном окне, широкая стенка которого параллельна оси круглого волновода и с размерами ограниченными поперечно подключенным прямоугольным волноводом осуществляется ответвление энергии, переносимой волной  $H_{11}$  и подача ее на выход основного антенного канала [2].

## 2. Структурная схема трехканальной СВЧ - радиометрической системы

Разработанная трехканальная СВЧ - радиометрическая система сантиметрового диапазона длин волн предназначена для дистанционных исследований атмосферы, которая реализует ряд оригинальных принципов приема и обработки радиотеплового излучения.

В каждом из трех частотных диапазонов двухканальная антенна с дополнительным каналом формирования сигнала компенсации в совокупности с модуляционным радиометром, осуществляет компенсационный прием радиозумового излучения атмосферы. Стабильность параметров СВЧ блоков радиометрической системы при воздействии как внешних, так и внутренних помех достигается путем специальной додетекторной обработки принятого радиотеплового излучения атмосферы [3]. Последдетекторная обработка и управление СВЧ радиометрической системой основано на применении специально разработанного программно-аппаратного метода низкочастотной обработки выходного сигнала квадратичного детектора, реализованного на микроконтроллере, выполняющего задачи управления работой трехканальной СВЧ радиометрической системы с компенсацией влияния фонового шума в каждом канале и обработке выходных низкочастотных сигналов [4].



**Рис. 2. Структурная схема трехканальной СВЧ радиометрической системы с компенсацией фоновых шумов**

На рис. 2. приведена структурная схема предлагаемой трехканальной СВЧ-радиометрической системы с компенсацией фоновых шумов, на которой введены следующие обозначения: МР – модовый разделитель; ДП - делитель поляризации; ВМ - волноводный Т- мост; ГШ – калибровочный генератор шума; УПЧ - усилитель промежуточной частоты; КД - квадратичный детектор; НЧ блок - блок низкочастотного усиления и аналогово-цифрового преобразования; ПК - персональный компьютер для сбора, хранения и обработки данных.

Прием осуществляется на специально изготовленную антенную систему с электромеханическим сканированием в угломестной (от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ ) и азимутальной (от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ ) плоскостях. В качестве основы СВЧ – блока радиометрической системы использованы серийные малозумящие СВЧ конвертеры. Аналоговая информация об измеряемом радиозумовом излучении атмосферы, формируемая на выходе приемного устройства блока низкой частоты поступают на блок сопряжения с компьютером [4].

### **3. Направленные свойства двухканальных двухмодовых антенн трехканальной СВЧ радиометрической системы**

Для трехканальной СВЧ-радиометрической системы, осуществляющей измерения радиозумового излучения атмосферы в диапазонах длин волн 1.35 см, 3.2 см и 7.5 см, разработаны и изготовлены рупорные антенны с модовыми разделителями. Для диапазона 1.35 см диаметр питающего волновода равен 1.35 см, а диаметр излучающего раскрыва рупора 5.6 см, для диапазона 7.5 см – диаметр питающего волновода 7.1 см, диаметр излучающего раскрыва рупора 10.2 см, для диапазона 3.2 см – диаметр питающего волновода 3.2 см, диаметр – рупора 12.0 см. Результаты расчета ДН указанных антенн для двух каналов (1- основного измерительного, 2 – дополнительного формирования сигнала компенсации) представлены на рисунках 3 – 5.

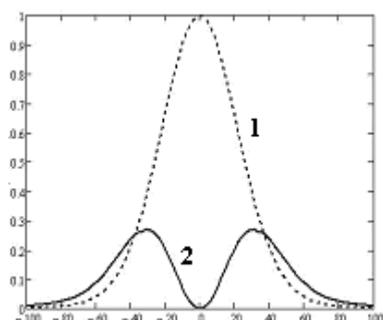


Рис. 3. ДН антенны канала на 7.5 см.

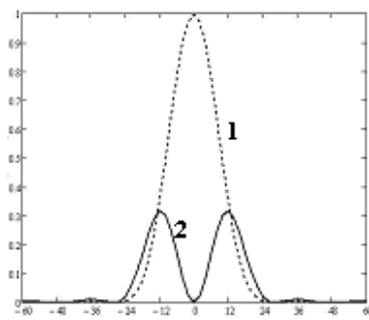


Рис. 4. ДН антенны канала на 3.2 см.

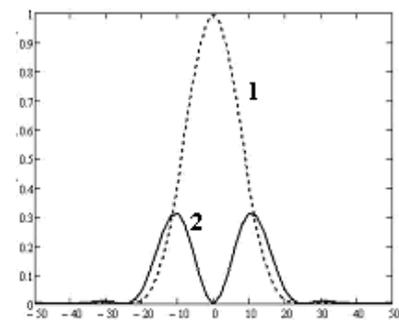


Рис. 5. ДН антенны канала на 1.35 см.

Результаты экспериментальных измерений ДН двухканальных антенн по квазиплоскому излучению полупроводниковых генераторов шума соответствующих диапазонов представлены на рисунках 6 – 8.

Результаты экспериментальных исследований направленных свойств двухканальных антенн показали хорошее соответствие расчетных и экспериментальных данных, что подтвердило возможность реализации требуемых характеристик направленности для формирования сигналов компенсации адекватных помеховым составляющим входных сигналов системы в трех указанных частотных диапазонах.

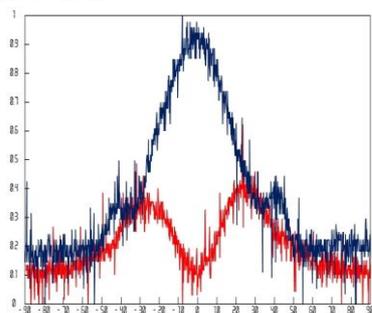


Рис. 6. Экспериментальная ДН антенны канала 7.5 см.

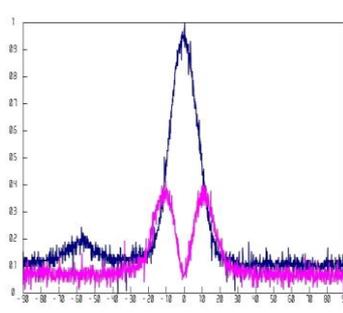


Рис. 7. Экспериментальная ДН антенны канала 3.2 см.

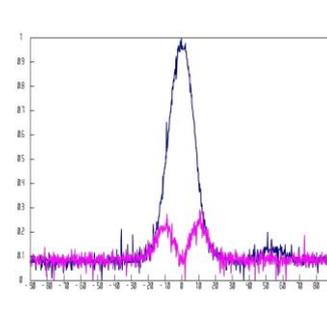


Рис. 8. Экспериментальная ДН антенны канала 1.35 см.

### Заключение

В представленной трехканальной СВЧ-радиометрической системе решена задача оперативной компенсации влияния фоновых шумов при включении в состав приемного блока в каждом частотном диапазоне двухканальной антенны и реализации модуляционного принципа приема радишумового излучения, что позволяет применить данную систему для измерений любой пространственно однородной или неоднородной атмосферы, осуществить исследование пространственной структуры выделенной области атмосферы путем проведения измерений при различных углах возвышения на разных частотах, что расширит возможности для оперативной оценки физических параметров атмосферы и построения прогнозов развития атмосферных процессов.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ грантов №14-02-97507 p\_центр\_a и №14-02-97510 p\_центр\_a.*

### Литература

1. Краус Дж. Д. Радиоастрономия. Пер. с англ. Под ред. В.В. Железнякова – М.: Сов.

радио, 1973. – 456 с.

2. Патент на изобретение №2300831 Способ снижения уровня шума антенны и двухмодовая апертурная антенна. // Федосеева Е.В., Ростокينا Е.А., Ростокин И.Н. Оpubл.: 10.06.2007 Бюл. №16.

3. Патент на полезную модель №98820. Радиометрическая система с компенсацией внешних помех и нестабильности коэффициента передачи системы. Федосеева Е.В., Ростокин И.Н., Ечин П.А. Оpubл.: 27.10.2010 Бюл. №30.

4. Патент на полезную модель №122185. Модуляционный радиометр двухканальной радиометрической системы с программно-аппаратным модулем. Федосеева Е.В., Ечин П.А., Ростокин И.Н., Молотков А.А., Федосеев А.А. Оpubл.: 20.11.2012 Бюл. №32.