УДК 621.396

А.А.Калмыков, В.И.Елфимов

Уральский технический университет, г.Екатеринбург

РАЗРАБОТКА ОСНОВ ПОСТРОЕНИЯ АКУСТОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Рассмотрены основы построения и использования радиоакустических систем дистанционного зондирования для решения задач экологического мониторинга. Приведены сведения об аппаратном, программном и алгоритмическом обеспечении системы. К преимуществам системы можно отнести сверхоперативные высокоточные неконтактные дистанционные измерения температуры и влажности, корреляционные принципы измерения скорости ветра, адаптивные алгоритмы измерений на больших высотах, комплексирование с аэрологическими радиолокационными станциями.

The paper deals with the fundamentals of construction and use of radio-acoustic systems for remote sounding aimed at solving the problems of ecological monitoring. Some information on hardware, software and brainware of the system is given hereinafter. The advantages of the systems are on-line high-precision non-contact remote measurements of temperature and humidity, correlation principles of wind velocity measurements, adaptive algorithms of measurements at high altitudes, integration with aerological radiolocation stations.

Непрерывный контроль (мониторинг) приземного слоя атмосферы необходим для выявления и предсказания опасных, с точки зрения загрязнения воздуха, метеорологических условий и соответствующего регулирования режимов работы предприятий, а также для решения задач гражданской и военной авиации. Основная задача работы – разработка основ построения акусторадиолокационных систем дистанционного зондирования окружающего пространства и оптимизация их применения для экологического мониторинга.

По результатам измерений формируется массив данных для построения профилей температуры, основных параметров ветра, оценки влажности воздуха, а также для выявления и предсказания диффузии атмосферных загрязнений, развития температурных инверсий и т.п. [1].

Требования к данным зондирования, предъявляемые Росгидрометом, авиацией, военными и экологами, сводятся к следующим:

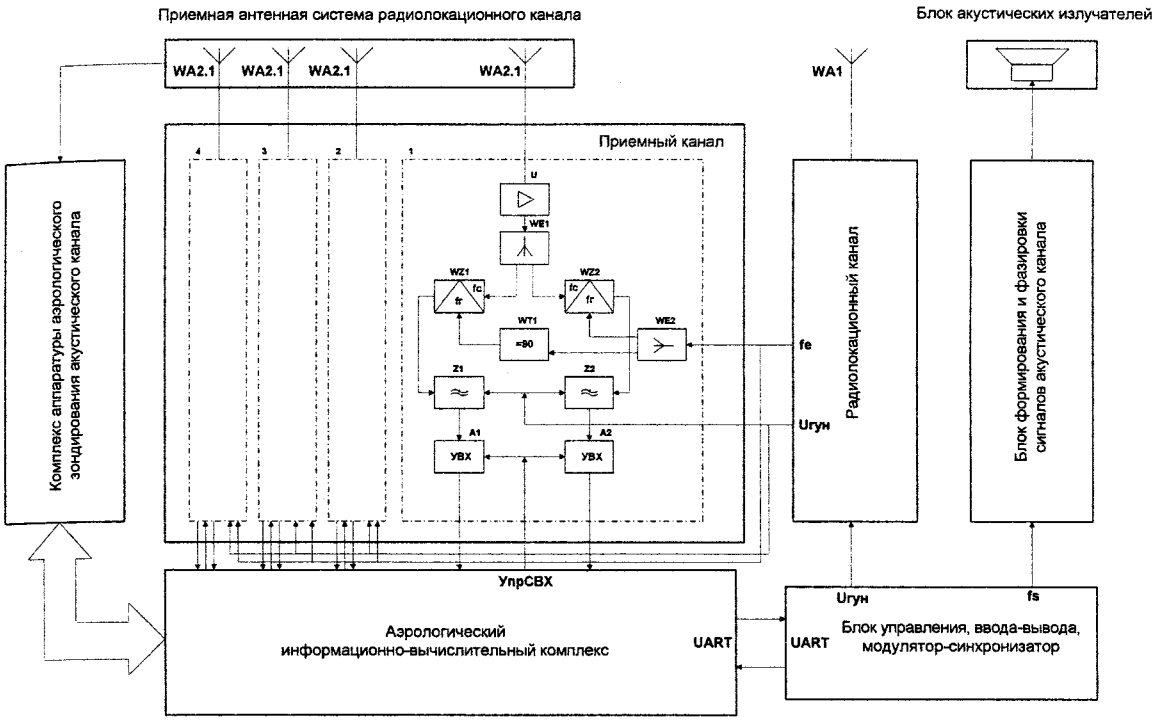
- обеспечение заданных высоты зондирования, потенциала и динамического диапазона радио- и акустического каналов;
- достижение оптимальных темпа измерений, точности и пространственного разрешения во всем диапазоне высот.

Для увеличения разрешения по дальности и повышения потенциала радиолокатора предложен переход к использованию сложных сигналов в акустических и электромагнитных каналах комплекса радиоакустического зондирования (РАЗ). Для максимизации эффекта необходимы синхронное формирование этих сигналов и когерентная обработка на всех этапах при максимальном времени присутствия сигнала в канале обработки. Кроме того, для увеличения потенциала локатора и расширения динамического диапазона системы может быть использована квадратурная обработка приемного сигнала.

Разработаны и исследованы различные алгоритмы корреляционной обработки отраженных сигналов в результате взаимодействия акустических и электромагнитных полей для обнаружения и измерения параметров движения среды возмущения. Сформулированы аппаратные и программные требования к реализации предложенных алгоритмов обработки сигналов: четырехэлементная приемная антенная решетка с независимой обработкой сигналов (усиление, фильтрация) в каждом канале и взаимокорреляционная обработка сигналов между каналами. Канал акустической подсветки выполняется в виде двенадцатиэлементной решетки излучателей с программно-управляемым фазовым распределением.

Разработана функциональная схема комплекса РАЗ приземного слоя атмосферы в диапазоне аэрологических измерительных комплексов типа «БРИЗ». Для обеспечения комплексирования системы с аэрологическими комплексами оптимизированы параметры акустического и электромагнитного каналов: несущая частота акустической подсветки $f_c \approx 3{,}67$ кГц, длина волны $\lambda_c = \lambda_0/2 \approx 9$ см; $\lambda_0 = 17{,}98$ см; несущая частота радиоканала $f_0 \approx 1680 \pm 10$ МГц; занимаемая полоса радиочастот $\Delta f \leq 30$ МГц.

Проведено эскизное проектирование системы обработки комплекса и корреляционно-доплеровской подсистемы (см. рисунок). На схеме представлены следующие функциональные узлы: радиолокационный канал, приемная антенная система радиолокационного канала, приемный канал, комплекс аппаратуры аэрологического радиозондирования, блок акустических излучателей, блок формирования и фазировки сигналов акустического канала, блок управления и ввода-вывода, модулятор-синхронизатор, аэрологический информационно-вычислительный комплекс.



Функциональная схема комплекса РАЗ

Радиолокационный канал с несимметричной ЛЧМ сигнала реализован на базе программно-управляемого генератора, работающего на основе принципа прямого цифрового метода синтеза частоты (DDS). Зондирующий сигнал усиливается до рабочей мощности и передается антенной вертикально вверх.

Приемная антенная система радиолокационного канала имеет четыре направленных элемента и коммутатор СВЧ, осуществляющий их подключение либо к приемной системе РАЗ, либо к комплексу аппаратуры аэрологического радиозондирования.

Приемный канал включает четыре идентичных приемных канала, каждый из которых состоит из усилителя высокой частоты (U), делителя мощности (WE1), двух квадратурных каналов. Каждый квадратурный канал, в свою очередь, имеет делитель мощности (WE2) в одном из квадратурных каналов, смесители (WZ1, WZ2), фазовращатель на 90° (WT1), согласованный фильтр (Z1, Z2), схему выборки-хранения (A1, A2).

Комплекс аппаратуры аэрологического радиозондирования аналогичен комплексу малогабаритного радиолокатора типа «Бриз», из которого исключены четырехэлементная антенна и аэрологический информационно-вычислительный комплекс.

Блок акустических излучателей представляет собой решетку из 12 одинаковых пьезокерамических рупорных излучателей. Размерность решетки n выбирается в зависимости от конкретных требований к системе РАЗ.

Блок формирования и фазировки сигналов акустического канала обеспечивает программное формирование n^2 акустических сигналов с требуемыми фазовыми соотношениями. Данный способ используется для частичной компенсации ветрового сноса акустического зеркала.

Блок управления и ввода-вывода реализован на базе однокристального микроконтроллера и выдает единые для всех подсистем сигналы синхронизации, управления, осуществляет сбор и выдачу цифровой информации, выдает сигналы цифрового управления, а также аналоговые управляющие сигналы (с многоканального ЦАП), используется для стыковки с другими устройствами (с использованием интерфейса RS232 или RS485).

Аэрологический информационно-вычислительный комплекс состоит из платы АЦП, блока управления и синхронизации, интерфейсного устройства. Все это реализовано на базе ЭВМ достаточной мощности. Программное обеспечение разрабатываемой системы базируется на специализированном программном пакете RAS 1.0.

Комплекс РАЗ может обеспечить следующие режимы работы: режим радиолокационного зондирования «ясного неба», режим радиолокационного радиозондирования (режим РАЗ), режим аэрологического радиозондирования с выпуском радиозондов. Станция может работать одновременно в первых двух режимах либо в третьем режиме.

Результаты, полученные в ходе выполнения работы, используются на кафедре «Радиоэлектроника информационных систем» в дисциплине специализации «Неконтактные методы измерений» для студентов специальности 2007 «Радиотехника». Изданы учебные пособия [2, 3], разработаны лабораторные работы.

Потенциальными потребителями проекта являются ОАО УПП «Вектор», ФГУПО «Пеленг», Росгидромет и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Елфимов В.И.* Разработка локационной системы дистанционного зондирования для экологического мониторинга природных и техногенных объектов / В.И.Елфимов, А.А.Калмыков // Записки Горного института. СПб, 2001. Т.149.

2. *Калмыков А.А.* Обработка авторегрессионных сигналов: Учеб. пособие / А.А.Калмыков, Н.П.Никитин; Уральский техн. ун-т. Екатеринбург, 2002. 89 с.

3. Основы радиотеплолокации: Учеб. пособие / В.И.Гадзиковский, А.А.Калмыков, В.С.Кубланов, Н.И.Серегин; Уральский техн. ун-т. Екатеринбург, 2001. 116 с.