

В.И. Пономарев, д-р техн. наук.,  
 М.Ф. Бабаков, канд. техн. наук,  
 А.В. Попов, канд. техн. наук,  
 А.Б. Погребняк, канд. техн. наук

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ, АЛГОРИТМОВ И АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ  
 ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В САНТИМЕТРОВОМ  
 ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Для исследования информативности поляризационных характеристик объектов дистанционного зондирования и возможных путей построения радиолокационных систем картографирования с автоматической классификацией типов объектов разработана автоматизированная радиолокационная поляриметрическая система, обеспечивающая получение полной поляризационной информации об объекте дистанционного зондирования. За счет последовательного излучения двух импульсов РЛС (с вертикальной и горизонтальной поляризациями) и синхронного приема двухканальным приемным устройством в ортогонально-линейном поляризационном базисе с одновременным выделением как амплитуд сигналов в каналах, так и разности фаз между компонентами, обеспечено определение не только ориентации, но и эллиптичности отраженного сигнала. Система построена на основе блоков серийных РЛС. Структура системы представлена на рис. Поскольку темп поступления поляриметрической информации очень высок (до 5 МГц по каждому каналу), было признано целесообразным разделить функции управления — измерения и регистрации — обработки между двумя связанными в единую сеть ЭВМ: измерительно-управляющей и обрабатывающей. В качестве обрабатывающей ЭВМ была выбрана ЭВМ IBM PC/AT. Разработана многоканальная измерительно-управляющая ЭВМ (ИУЭВМ) с 8 каналами обработки информации для подключения выходов РЛС и сигналов положения антенны. ИУЭВМ имеет в своем составе:

- центральный процессор на базе однокристалльной микро-ЭВМ 1816ВЕ39;
- ПЗУ программ объемом 2 кбайт;
- ОЗУ программ объемом 2 кбайт;
- устройства выборки-хранения (УВХ) для запоминания амплитуды сигналов в стробе дальности;
- аналоговый коммутатор для подключения выходов УВХ к АЦП;
- 12 - разрядный АЦП для преобразования в цифровую форму сигналов в стробируемых каналах;
- 8 - разрядные АЦП непрерывного преобразования с частотой взятия

Структурная схема системы дистанционного зондирования

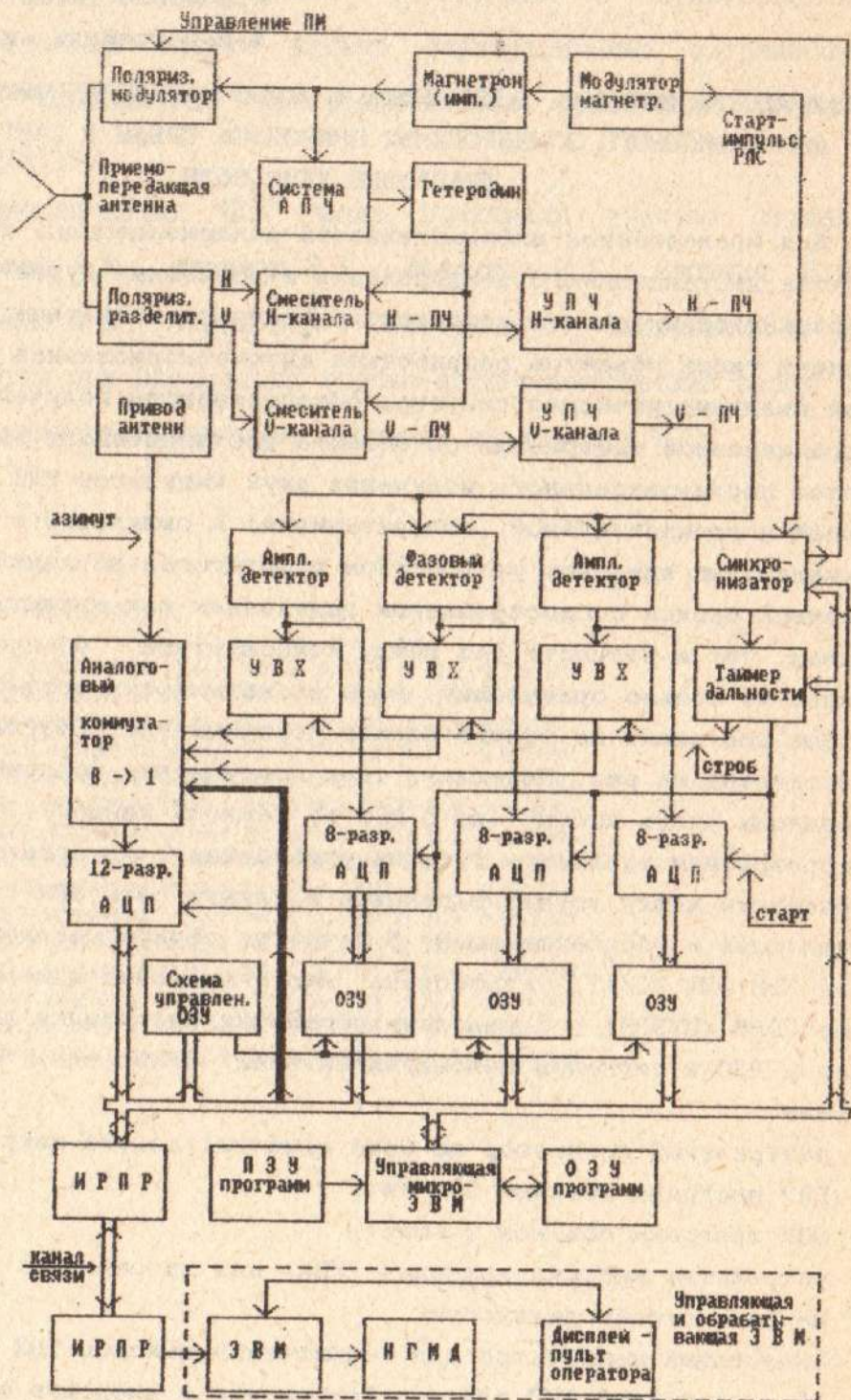


Рис.

отсчетов 6 МГц;

- ОЗУ данных для АЦП непрерывного преобразования объемом 1 кбайт;
- подсистему стробирования, синхронизации и управления, обеспечивающую синхронизацию процессов измерения по старт-импульсу РЛС и управление поляризацией излучения по алгоритму, определяемому программным обеспечением;
- интерфейс обмена с обрабатывающей ЭВМ типа ИРПР.

ИУЭВМ обеспечивает синхронное измерение до 4 внешних сигналов по 12-разрядным, и 4-х сигналов по 8-разрядным измерительным каналам.

Алгоритм работы ИУЭВМ определяется ее программным обеспечением, а режим работы устанавливается по командам обрабатывающей ЭВМ.

Обработка принимаемых сигналов для извлечения поляризационной информации осуществляется программным обеспечением обрабатывающей ЭВМ (ОЭВМ). Для каждого приемника РЛС в памяти ОЭВМ хранится амплитудная характеристика данного приемника, измеренная на этапе калибровки системы и аппроксимированная кубическим сплайном. Данные измерений, поступающие от ИУЭВМ, подвергаются обработке по следующему алгоритму:

- 1) пересчет кодов АЦП по сплайн-характеристике приемника ко входу приемника (расчет мощности сигнала на входе РЛС);
- 2) коррекция данных с учетом КСВ тракта передатчика для различных поляризаций излучения;
- 3) нормировка данных по дальности (учет зависимости мощности входного сигнала от дальности до объекта);
- 4) пересчет данных в единицы измерения ЭПР объекта по результатам измерений ЭПР эталонного калибровочного уголкового отражателя.
- 5) пересчет данных в единицы измерения поляризационной матрицы рассеяния объекта;
- 6) для данных фазоразностного канала - пересчет кодов АЦП в значение разности фаз в градусах по соответствующей сплайн-характеристике, измеренной на этапе калибровки системы.

Данный алгоритм позволяет учесть все систематические погрешности измерительной системы и восстановить комплексную поляризационную матрицу рассеяния объекта.

Программное обеспечение обрабатывающей ЭВМ (ОЭВМ) представляет собой командно-мониторную интерактивную систему, выполняющую следующие функции:

- визуализация состояния программных и технических средств;
- прием, интерпретация и обработка команд оператора;

- формирование команд для ИУЭВМ и их передача по каналу связи;
- прием данных от ИУЭВМ, их размещение в памяти;
- запись данных магнитные носители;
- обработка данных для извлечения поляриметрической информации;
- графическая визуализация результатов измерений;
- предварительная статистическая обработка результатов измерений (расчет статистических характеристик поляризационных параметров сигналов, построение гистограмм, корреляционный и спектральный анализ);
- графическая визуализация результатов обработки;
- поддержка электронного протокола измерений с автоматической регистрации номера измерения, дальности до объекта, даты и времени измерения, полной характеристики режима измерений;
- поддержка электронной записной книжки оператора для регистрации особенностей измерения, метеоусловий и др. комментариев.

Программный интерфейс оператора, реализованный в ПО макета, представляет собой систему текстовых и графических окон, отображающих состояние программных и технических средств, характеристики режима измерений, результаты измерений и результаты обработки данных. Для настройки мониторинговой системы под конкретные параметры используются "выпадающие" меню, позволяющие оператору задать все параметры системы. Процесс конфигурирования сопровождается строкой подсказки по каждому пункту меню. Поддерживается автоматическое сохранение конфигурации системы и автоматическое сохранение результатов измерений по окончании измерения.

Для проведения цифровых экспериментов по обработке радиолокационных поляриметрических изображений был разработан пакет прикладных программ, обеспечивающий гибкость обращения к различным алгоритмам обработки изображений, построение сложных каскадных алгоритмов обработки путем последовательного применения различных известных и реализованных в пакете программ алгоритмов, а также комплексирование изображений различных поляризационных составляющих, получаемых на выходе радиолокационной системы дистанционного зондирования.

Технические характеристики пакета:

- размер изображения: 512x512 элементов и меньше;
- максимальное число окон изображений: 10;
- производимые операции обработки:
  - оперативный выбор диапазона визуализации в интерактивном режиме;

### ЗІІ.

- увеличение видимого фрагмента изображения в 2, 4, 8 раз;
- повышение контраста изображений по методу гомоморфной фильтрации и ранговой эквализации;
- линейное сглаживание;
- медианная фильтрация;
- сравнение фрагментов двух изображений (или изображений малого формата с наложением их друг на друга в интерактивном режиме с выполнением операций выделения отличий, вычитания, логического исключающего ИЛИ;
- поддерживаемые видеорежимы:
  - SVGA: 640x480, 800x600 256 цветов;
  - VGA: 640x480 16 цветов, 640x400 256 цветов;
- число градаций яркости изображений: 64 (или 16 для режима монитора VGA 640x480 16 цветов);
- поддержка манипулятора типа "Мышь";
- многооконный пользовательский интерфейс.

Разработанная и изготовленная система дистанционного зондирования 3-х см диапазона проходила испытания на стенде полунатурного моделирования с целью проверки ее работоспособности, определения основных технических характеристик и выполнения необходимых настроек и калибровочных измерений. В результате проведенных исследований и испытаний определены основные технические характеристики системы.

Испытания показали, что программное обеспечение обеспечивает сбор и накопление базы данных о поляризационных характеристиках объектов дистанционного зондирования с классификацией их по типам объектов, курсам, режимам измерения.

Натурные испытания системы дистанционного зондирования 3-см диапазона производились в условиях полигона (г. Феодосия). В процессе натурных испытаний производились измерения сигналов от различных надводных объектов, береговой черты и морской поверхности.

Проведенные эксперименты по цифровой обработке реальных радиолокационных поляриметрических изображений показали, что возможно не только уменьшение уровня шумов на изображениях, но и выделение информативных поляризационных признаков различных объектов при совместной обработке нескольких радиолокационных изображений для различных поляризационных составляющих.