

РАДИОГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОЧАСТОТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В. А. Пахомов

Получение микроволновых радиоголографических изображений требуется при решении многих задач оборонного, народнохозяйственного, медицинского и научного характера. Это задачи по определению характеристик рассеяния летательных аппаратов, по разработке антенн и антенных укрытий, по обнаружению объектов, расположенных в грунте и на его поверхности, по исследованию электродинамических свойств различных радиопрозрачных материалов, а также широкий круг задач медицинской диагностики.

Радиоголографические методы формирования изображений включают два этапа. На первом этапе осуществляется облучение исследуемого объекта зондирующим сигналом и измерения параметров рассеянного им поля в пределах некоторой ограниченной поверхности, называемой апертурой. На втором этапе по результатам измерений восстанавливается изображение объекта. Для восстановления изображений используются как оптические, так цифровые методы [1, 2]. В общем случае восстановление изображений это обратная задача, которая решается с использованием тех или иных приближений [1, 3, 4].

Для проведения исследований в области радиоголографии была создана экспериментальная установка, позволяющая получать изображения объектов в диапазоне частот 8–12 ГГц. Общая схема установки показана на рис. 1.

Источником зондирующего сигнала является передающая антенна 20, которая подключена к генератору на лампе обратной волны 9. Рассеянное поле регистрируется приемной антенной 19, сигнал с которой поступает в блок СВЧ.

Блок СВЧ представляет собой двухканальный супергетеродинный приемник. В качестве гетеродина используется лампа обратной волны 10, частота генерации которой определяется ее анодным напряжением. Схемой фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) 8 эта частота поддерживается на 6,5 МГц большей частоты генератора зондирующего сигнала. Таким образом, частота опорного и предметного сигналов на выходе блока СВЧ составляет 6,5 МГц.

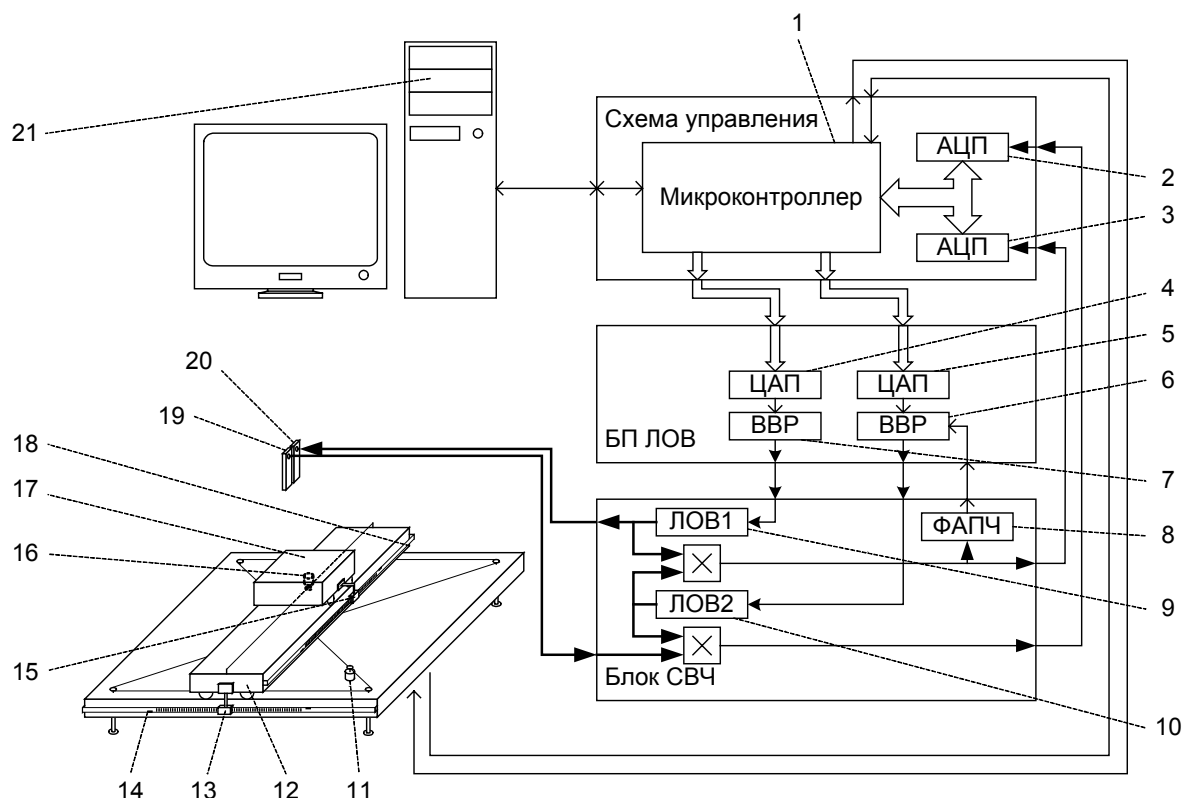


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Система ФАПЧ, построенная на цифровых элементах, производит сравнение выходного сигнала опорного канала и сигнала внутреннего кварцевого генератора, и вырабатывает напряжение рассогласования, пропорциональное разности фаз сравниваемых сигналов. Это напряжение затем используется для регулирования анодного напряжения гетеродинной лампы.

Анодное напряжение генераторной и гетеродинной ламп формируется в блоке питания ЛОВ. Этот блок содержит схему, которая позволяет цифровым сигналом с блока управления устанавливать требуемое анодное напряжение генераторной ЛОВ, а, следовательно, и частоты генератора и гетеродина. На отдельный вход блока питания подается сигнал рассогласования от схемы ФАПЧ. Регулирующая схема блока питания состоит из цифро-аналоговых преобразователей 4,5 и высоковольтных транзисторных регуляторов 6,7.

Синтез прямоугольной апертуры осуществляется за счет движения предметного столика 17 сканера, на котором находится исследуемый объект. Передающая и приемная антенны при этом остаются неподвижными.

Столик перемещается в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Перемещение столика в поперечном направлении по каретке 12

осуществляется двигателем 16. В продольном направлении двигателем 11 по станине перемещается каретка вместе со столиком. Блоки фотодатчиков 13, 15 формируют сигналы начального и конечного положений столика и каретки, а также сигналы отсчетов при прохождении сканером узлов прямоугольной решетки. Начальные, конечные и отсчетные отметки нанесены на лентах 14,18.

Непосредственное управление работой установки осуществляется схемой управления, построенной на базе однокристального микроконтроллера 80с51. На микроконтроллер поступают сигналы от фотодатчиков и сигналы состояния ФАПЧ. Программа микроконтроллера, обрабатывая их, формирует сигналы, включающие двигатели сканера в том или ином направлении, а также вырабатывает цифровой код, управляющий блоком питания ламп. При прохождении через узел прямоугольной решетки микроконтроллером осуществляется запуск блока АЦП.

Аналого-цифровые 10-разрядные преобразователи 2 и 3 осуществляют дискретизацию формируемых блоком СВЧ опорного и предметного сигналов. Дискретизация осуществляется с частотой 20 МГц. В каждой точке апертуры формируется выборка из 200 20-разрядных двоичных чисел, которая сохраняется в памяти схемы управления для последующей передачи через последовательный интерфейс на персональный компьютер.

В персональном компьютере 21 на основании каждой такой выборки рассчитываются значения амплитуды и фазы рассеянного поля в соответствующей точке апертуры.

В установке используется метод восстановления изображений, основанный на преобразовании Фурье. Суть метода состоит в представлении свободного пространства между рассеивающим объектом и плоскостью синтезируемой апертуры как линейной системы, обладающей определенной частотной характеристикой [1,2].

Примеры восстановленных изображений простых объектов полученные на основе экспериментальных данных, приведены на рис. 2. Данные изображения получены при использовании восьми различных частот зондирующего сигнала в диапазоне от 8 до 11,5 ГГц.

Представленный на рисунке объект состоит из компакт-диска и треугольника из фольгированного текстолита, установленных параллельно плоскости апертуры на расстояниях 12,5 и 17,5 см от нее. Размер приемной апертуры – 31×31 см, шаг дискретизации – 1 см.

Из рисунка видно, что при фокусировке на одном из объектов (рис. 2а и 2в), изображение второго оказывается практически полностью подавленным. Для сравнения на рис. 2б приведено изображение при фокусировке между объектами (на расстоянии 15,0 см).

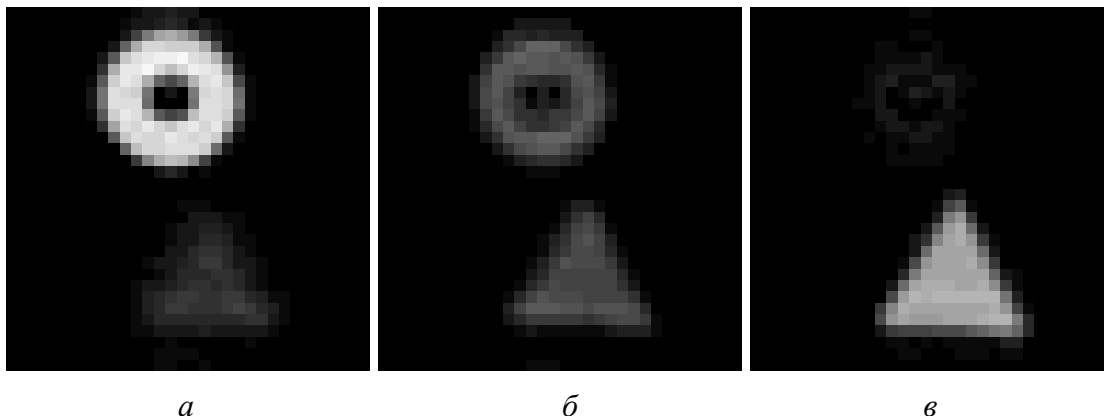


Рис. 2. Примеры восстановленных изображений

В настоящее время на процессоре цифровой обработки сигналов ADSP2191 разрабатывается новое управляющее устройство радиоголографической установки. Использование этого процессора позволит увеличить объем обрабатываемого сигнала и повысить точность измерения параметров поля, что обеспечит более высокое качество восстановленных изображений.

Литература

1. Зверев В. А.. Радиооптика. М.: Сов.радио 1975.
2. Гудмен. Дж. Введение в фурье-оптику. М.: Мир 1970.
3. Souvorov A. E., Bulyshev A. E., Semenov S. Y., Svenson R. H., Nazarov A. G., Sizov Y. E., Tatsis G. P. Microwave tomography: A two-dimensional Newton iterative scheme // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Feb. 1998.
4. Joachimowicz N., Pichot C. and Hugonin J. P. Inverse scattering: An iterative numerical method for electromagnetic imaging // IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Dec. 1991.