

2) Попов А.Ю. Проектирование цифровых устройств с использованием ПЛИС: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 80 с.

МЕТОД ОБРАБОТКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СИГНАЛА ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Асочаков А.С., Шульгина Ю.В.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Солдатов А.И., д.т.н., профессор кафедры
промышленной и медицинской электроники*

В настоящее время ультразвуковой неразрушающий контроль приобрел новый виток в своем развитии. Благодаря применению антенных решеток появилась возможность осуществлять 3D визуализацию контролируемых материалов и объектов с высокой скоростью сканирования в реальном масштабе времени.

Самым распространённым методом формирования синтезированной фокусированной апертуры является метод SAFT (Synthetic aperture focusing technique) [1] - эхо-метод, основанный на создании сфокусированного акустического поля в заданных областях объекта контроля путем электронного сканирования его преобразователем с широкой диаграммой направленности и когерентной обработки принятых сигналов. В алгоритме SAFT используются данные об амплитуде эхо-сигналов и времени их прихода в каждую точку приемной апертуры. Разрешение изображений, полученных с применением алгоритма SAFT – высокое, порядка длины волны λ для поперечного и продольного разрешения, однако недостатком рассмотренного алгоритма является значительное время получения изображений.

В последнее время для решения многих задач неразрушающего контроля стал активно применяться метод тактированной фазированной решетки или SPA (Sampling phased array) [2], разработанный во Фраунгоферовском институте неразрушающих методов контроля (Германия). Суть этого метода заключается в поочередном возбуждении элементов антенной решетки и параллельном приеме всеми элементами отраженных сигналов. Принятые ультразвуковые сигналы для каждого преобразователя решетки с каждой позиции сохраняются и служат исходными данными для 2D и 3D визуализации объекта контроля.

Таким образом, даже после однократного цикла приема-передачи могут быть реализованы все углы распространения ультразвуковых сигналов на всю глубину прозвучивания. Поскольку управление звуковым

лучом в каждой точке объема, т.е. для всех углов падения и глубины фокусировки, осуществляется не физически, а виртуально с помощью компьютера, то путем реализации принципа SPA можно достичь значительного увеличения скорости контроля.

Для сканирования области под датчиками необходимо всего лишь четыре такта «передачи–приема» ультразвука (для фазированной решетки состоящей из четырех элементов) (рис.1).

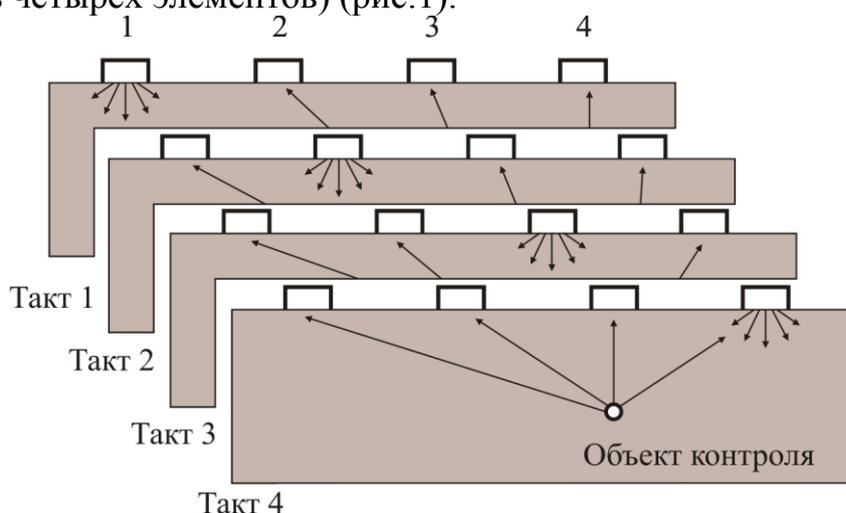


Рис. 1. Сканирование методом SPA

Для классической реализации метода SPA либо в процессе обработки, либо предварительно рассчитываются все расстояния от каждого датчика до каждой точки и до каждого приемника, т.е. в итоге имеется таблица, которая несет в себе информацию о расстояниях (временах) распространения в зависимости от номера точки, номера излучающего датчика и номера принимающего датчика (табл. 1).

Информационная матрица Таблица 1.

i, j	0,0	0,1	1,0	1,1	...	i, j
N точки						
0	$L_{0,0,0}$	$L_{0,1,0}$	$L_{1,0,0}$	$L_{1,1,0}$		$L_{i,j,0}$
1	$L_{0,0,1}$	$L_{0,1,1}$	$L_{1,0,1}$	$L_{1,1,1}$		$L_{i,j,1}$
...
m	$L_{0,0,m}$	$L_{0,1,m}$	$L_{1,0,m}$	$L_{1,1,m}$		$L_{i,j,m}$

Где: i – номер излучателя, j – номер приемника.

Схемная реализация

Для достижения обработки сигналов в реальном масштабе времени используем в качестве ядра разработки программируемую логическую схему с архитектурой FPGA, которая имеет большую скорость

межкристального обмена, а также позволяет реализовать выполнение большого количества операций одновременно.

Обработка ультразвукового сигнала с фазированной антенной решётки происходит следующим образом: система управления, построенная с использованием компонентов электроники, выполняет обработку сигнала по алгоритму заданному оператором.

Результирующая амплитуда расчетной точки объекта контроля определяется как суммирующая амплитуда этой точки из всех полученных сигналов с учетом временного сдвига.

Структурная схема получения амплитуды точки для обработки одного отражённого ультразвукового сигнала приведена на рисунке 2.

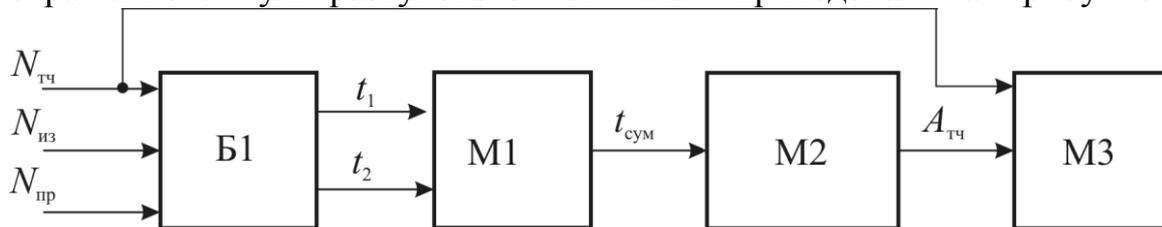


Рис. 2. Структурная схема получения амплитуды точки

$N_{пр}$ – номер принимающего датчика, $N_{из}$ – номер излучающего датчика, $N_{тч}$ – номер точки, A – амплитуда сигнала для расчетной точки объекта контроля.

Б1 – блок первичной обработки, в этом блоке происходит расчет адреса для матрицы путей, хранящей время прохождения ультразвука от источника до излучателя через выбранную точку изображения объекта. Из сквозной нумерации точек осуществляется переход к формату строка - столбец.

М1 – матрица путей. Хранит информацию о временном отрезке, необходимого ультразвуку, чтобы преодолеть расстояние от первого датчика до расчетной точки и до приемника.

М2 – память А – скана. Элемент памяти хранящий информацию об отклике сигнала, пришедшего на датчик в виде амплитудного сигнала. Рассчитанный в предыдущем блоке временной интервал служит адресной информацией для нахождения в А – скане амплитуды расчетной точки.

М3 – матрица изображений. Элемент памяти, хранящий информацию о изображении всех расчетных точек из первого А – скана.

Для получения автоматизированной обработки информации необходимо организовать блок перебора расчетных точек, организовать систему тактирования и организовать запись информации в память изображения одновременной из нескольких каналов.

Для четырех каналов такая система приобретает вид (рис.4):

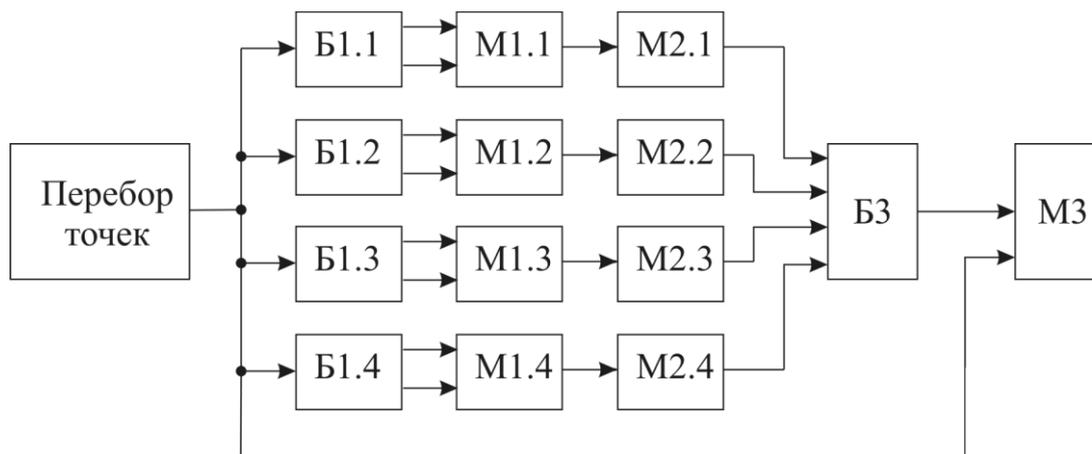


Рис.4. Структурная схема получения амплитуды точки для четырёх каналов

Где блоки Б1, М1 и М2 выполняют заявленные ранее функции, блок БЗ – вычисляет результирующую, для четырех обрабатываемых А – сканов, амплитуду точки. Блок МЗ – представляет собой память изображения объекта контроля.

В результате можно сделать вывод, что при использовании метода Sampling phased array можно осуществить визуализацию контролируемых материалов и объектов с высокой скоростью сканирования в реальном масштабе времени.

Список информационных источников

1. Диаграмма направленности антенной решетки при сканировании по методу SAFT. // Квасников К.Г., Макаров В.С., Солдатов А.И., Сорокин П.В., Солдатов А.А., Кренинг Х.М.В.А., Рябушкин А.П. Контроль. Диагностика. - 2012. № 13. - С. 62-66.

2. Ультразвуковые решетки для количественного неразрушающего контроля. инженерный подход. // Болотина И.О., Дьякина М.Е., Жантлесов Е., Кренинг М., Мор Ф., Редди К., Солдатов А.И. Дефектоскопия. 2013. - № 3. - С. 21-40.