

## ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

УДК 620.191+620.192+620.179.119+620.1.08

# СКАНИРУЮЩИЙ ВИЗУАЛИЗАТОР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

© 2011 г. С. В. Черепов, О. Х. Мороз, Д. А. Дереча, О. Hesse\*

*Институт магнетизма НАН и МОН Украины  
Украина, 03142, Киев-142, б-р Вернадского, 36б  
E-mail: cherepov@meta.ua, dderecha@yandex.ru*

*\*TÜV Thüringene V., Service-Center Nordthüringen, Alte Leipziger Str. 50, 99734  
Nordhausen, BRD*

*E-mail: ohesse@tuev-thueringen.de*

Поступила в редакцию 26.03.2010 г.

После доработки 19.07.2010 г.

Описываемое устройство, состоящее из трехкоординатной системы позиционирования, персонального компьютера и датчика Холла, позволяет с пространственным разрешением лучше 0.1 мм измерять и визуализировать конфигурацию магнитных полей над объектами. Возможности установки продемонстрированы на примере измерения конфигурации магнитного поля над системой, состоящей из двух встречно склеенных полюсами Sm–Co-магнитов. Визуализатор может быть использован для неразрушающего контроля и проверки качества деталей из ферромагнитных материалов, в частности сварных соединений.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Для многих научных и прикладных задач необходимо измерение пространственной конфигурации магнитного поля. Такие задачи возникают, например, при разработке магнитных систем, в магнитной дефектоскопии и др.

В данной статье представлен сканирующий визуализатор распределения магнитного поля, позволяющий измерять напряженность нормальной компоненты магнитного поля, а также визуализировать распределение этой компоненты над поверхностью объекта исследования. Визуализатор имеет разрешение лучше 100 мкм при области сканирования  $0.2 \times 0.5$  м.

## 2. БЛОК-СХЕМА СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Сканирующий визуализатор состоит из следующих блоков: датчика Холла (отдельного или в комплексе с системой подмагничивания), блока питания датчика Холла, усилителя сигнала с датчика Холла, блока приема сигнала и его математической обработки, механической системы сканирования датчиком Холла и блока управления системой сканирования. Взаимосвязи между блоками показаны на рис. 1.

В одном из вариантов системы в качестве блока генерации и приема сигнала использовалась 24-битная звуковая карта персонального компьютера IBM-PC ESI Juli@ как доступный и достаточно точный цифроаналоговый и аналого-

цифровой преобразователь с широким динамическим диапазоном. Такая звуковая карта может работать с частотой дискретизации сигналов до 192 кГц, что позволяет генерировать и анализировать сигналы с частотой более 10 кГц при напряжении от 1 мВ до 3 В.

Для автоматического перемещения датчика Холла использована механическая система с шаговыми двигателями и точными винтовыми парами, работающая под управлением контроллера, который, в свою очередь, управляется через COM-порт (RS-232) компьютера.

Генерация сигнала возбуждения датчика Холла в звуковой карте осуществляется по двум независимым каналам, при этом каждый канал может генерировать сигнал с собственной фазой. В данном варианте системы один канал используется для питания датчика, а другой – в качестве опорного.

## 3. АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА С ДАТЧИКА ХОЛЛА

Алгоритм записи сигналов датчика состоит в считывании отдельным потоком данных с входов звуковой карты [1–5] и преобразовании их в массивы опорного сигнала и сигнала с датчика. Так как считывание проводится с помощью системных буферов Windows, сигнал обрабатывается после завершения записи буфера (во время записи следующей “порции” сигнала). В связи с этим вывод данных на экран происходит с задержкой,

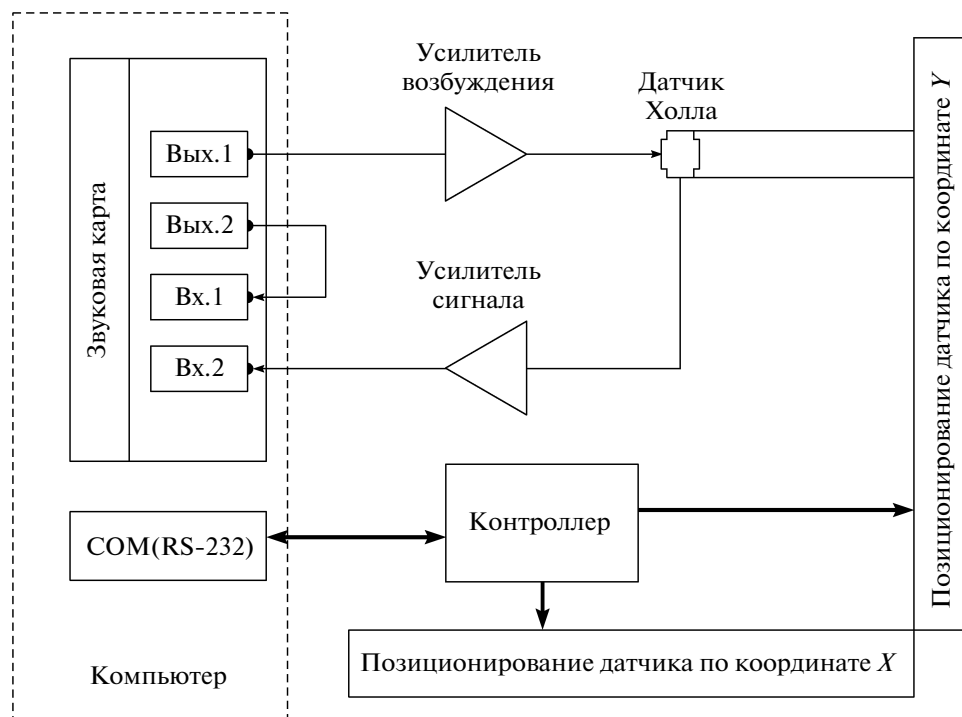


Рис. 1. Блок-схема сканирующей системы для исследования распределения магнитного поля.

время которой определяется длиной буфера. Для предотвращения искажения сигнала во время “сшивки” буферов проводится интерполяция данных буферов в начале и конце каждого блока.

Математическая обработка сигнала с датчика проводится следующим образом: после “сшивки” буферов с помощью фурье-фильтрации отсекаются постоянный уровень сигнала, записанного для данного датчика, и 50-герцовая составляющая как основной шумовой сигнал. После этого происходит программное сужение диапазона частот сигнала, который поступает с датчика Холла, его детектирование (синхронное или обычное) и вывод информации на экран. Также в программе реализована возможность определения сдвига фазы между опорным и принятым с датчика сигналами.

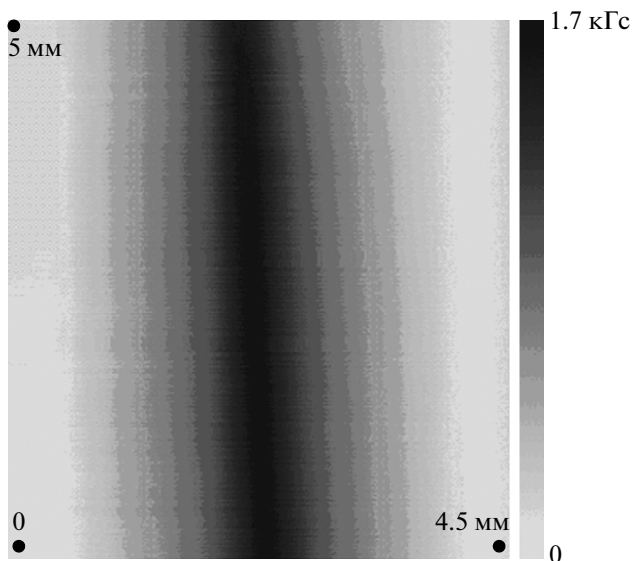
Для сканирования датчиком Холла области над исследуемым объектом было разработано программное обеспечение для управления системой позиционирования датчика на основе шаговых двигателей и контроллера. Система позиционирования позволяет:

- работать с одной ( $X$ ) или двумя независимыми координатами ( $XY$ ) с возможностью пошагового установления третьей координаты ( $Z$ ) для послыонного сканирования;
- задавать условный ноль для любой координаты;
- работать в режиме ручного или автоматического управления перемещением датчика.

Также при управлении системой перемещения есть возможность задавать скорость перемещения датчика и количество точек, которые проходит датчик по каждой из координат.

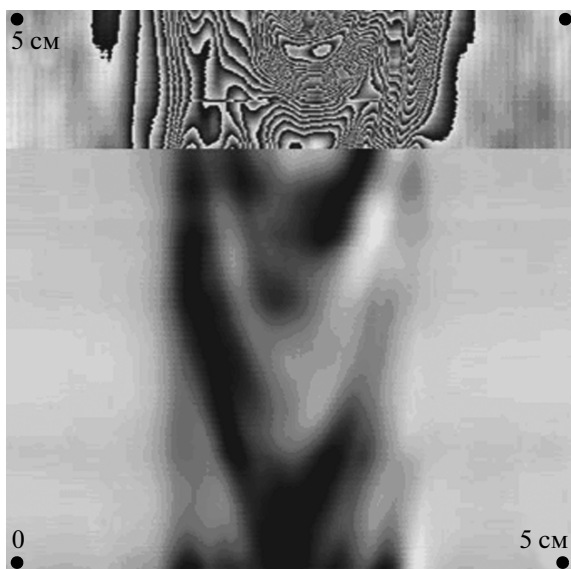
Вывод данных сканирования осуществляется на отдельном экране в режиме градации серого или в цветовом изображении. При необходимости дальнейшей обработки полученного сигнала программа позволяет сохранять полученную информацию в файл, проводить математическую обработку и выводить на экран компьютера полученное пространственное распределение напряженности магнитного поля.

Программное обеспечение прошло тестирование на двухкоординатной системе сканирования фирмы Isel (ФРГ). Компьютерный сканирующий визуализатор распределения магнитного поля на основе такой системы благодаря достаточной точности позиционирования (25 мкм), а также малым размерам активной зоны датчика Холла LPH1002-B фирмы PIONEER (<http://parts.o2xygen.com/parts/1/73.html>, [http://www.legendny.com/Part\\_Search](http://www.legendny.com/Part_Search), [http://www.tongyo-tech.com/admin/product/index\\_my.php?p\\_id=31233](http://www.tongyo-tech.com/admin/product/index_my.php?p_id=31233) и т.д.) позволяет построить распределение магнитного поля над исследуемым объектом с высоким пространственным разрешением. Наши оценки, выполненные по методике пары точек (когда две точечные метки, нанесенные достаточно близко одна от другой, система видит как одну точку), дают пространственное разрешение, близкое к 50 мкм.

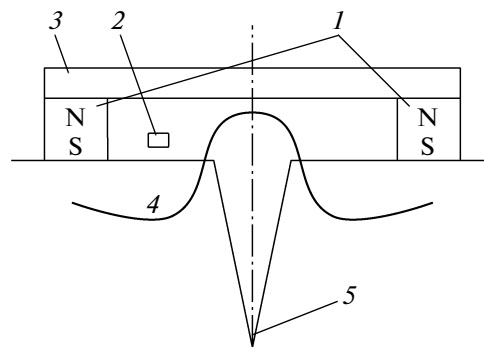


**Рис. 2.** Z-компонента магнитного поля над щелью между двумя встречно склеенными полюсами Sm–Co-магнитов с зазором 40 мкм. Зависимость плотности окраски от напряженности поля – линейная, высота подъема датчика Холла над магнитами 50 мкм.

В качестве демонстрационного примера возможностей системы приведена конфигурация магнитного поля над щелью шириной ~40 мкм между двумя встречно склеенными полюсами Sm–Co-магнитов (рис. 2). Схематично сенсор на



**Рис. 4.** Магнитный образ сварного шва в нержавеющей стали, полученный вихретоковым методом. Представлены два режима математической обработки сигнала: вверху – режим эквипотенциального уровня сигнала с датчика, внизу – режим амплитудного представления сигнала с датчика в зависимости от координаты.



**Рис. 3.** Схема сенсора на основе миниатюрного датчика Холла с системой подмагничивания. 1 – система подмагничивания; 2 – датчик Холла; 3 – магнитопровод; 4 – силовые линии магнитного поля возле дефекта; 5 – дефект.

основе миниатюрного датчика Холла с системой подмагничивания показан на рис. 3. Данная система может быть использована как для визуализации распределения магнитного поля над исследуемыми объектами, так и для неразрушающего контроля и проверки качества металлического оборудования из ферромагнитных металлов, в частности сварных соединений.

При необходимости данная система может легко модифицироваться для исследования магнитных неоднородностей на поверхности ферромагнитных металлов, в частности для дефектоскопии сварных соединений из нержавеющей стали или цветных металлов.

Для этого достаточно заменить датчик Холла с системой подмагничивания на вихретоковый датчик. В качестве примера на рис. 4 представлен вихретоковый магнитный образ сварного шва в нержавеющей стали, данного в разных режимах обработки сигнала: режиме эквипотенциального уровня сигнала с датчика и режиме амплитудного представления сигнала с датчика в зависимости от координаты.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев О. Программирование звука в Windows. СПб.: БНВ–Санкт-Петербург, 2000.
2. Кинтцель Т. Программирование звука на ПК. М.: ДМК пресс, 2005.
3. Miranda R. Computer Sound Design: Synthesis Techniques and Programming. Oxford: Focal Press, 2002 (2nd Edition).
4. Irvine K.R Assembly Language for Intel-Based Computers. New Jersey: Prentice Hall, 2006.
5. Маккаски М. Звук в играх. Технологии программирования. М.: КУДИУ-образ, 2004.