

УДК 620.1

Черепов С. В., Мороз О. Х., Дереча Д. А., Хессе Олаф

СКАНИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ МАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

Для многих задач оценки состояния оборудования из ферромагнитных металлов представляет значительный интерес знание конфигурации магнитного поля в районе поверхности объекта исследования. Широко известно, что в районе разрывов сплошности черного металла наблюдается существенное увеличение компоненты напряженности магнитного поля, перпендикулярной к поверхности. Это явление часто используется для целей порошковой дефектоскопии.

Была поставлена задача – усовершенствовать порошковый метод путем устранения самого порошка. Для решения данной задачи была разработана и создана сканирующая система диагностики, позволяющая измерить напряженность магнитного поля, перпендикулярную к поверхности, а также визуализировать распределение этой компоненты над поверхностью объекта исследования.

Сканирующая система диагностики состоит из следующих блоков: блока датчика Холла и системы подмагничивания, блока генерации и выдачи сигналов на датчик 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 диагностики в качестве блока генерации и приема сигнала использовалась 24-битная звуковая карта персонального компьютера «IBM-PC ESI Juli@», как доступный и достаточно точный цифро-аналоговый и аналого-цифровой преобразователь с широким динамическим диапазоном. Такая звуковая карта позволяет работать с частотой дискретизации сигналов до 192 КГц, что позволяет уверенно генерировать и анализировать сигналы с частотой до 10 КГц при напряжении от 1 мВ до 3 В [1–4].

Целью данной работы является разработка и анализ системы диагностики состояния металлического оборудования, которая может использоваться для контроля качества сварных соединений.

Для реализации автоматического сканирования исследуемого объекта в качестве блока управления перемещением датчика Холла была использована механическая система с шаговыми двигателями и точными винтовыми парами, работающая под управлением контроллера, который, в свою очередь, связан с PC через COM (RS-232) порт компьютера.

Конструктивно, в звуковой карте генерация сигнала возбуждения датчика Холла производится по двум независимым каналам, при этом каждый канал может генерировать сигнал с собственной фазой. Так в данном варианте системы диагностики задействован лишь один выходной канал, другой канал используется в качестве опорного.

Исходя из этого, алгоритм управления сканирующей системы диагностики состоит из трех основных блоков (рис. 2), которые должны, в целях исключения потери сигнала с датчика Холла, выполняться параллельно.

Алгоритм записи сигналов датчика сканирующей системы диагностики состояния металлического оборудования состоит в считывании отдельным потоком данных со входов звуковой карты [1–5] с дальнейшим преобразованием их на массивы каналов – массив опорного сигнала (правый канал) и массив сигнала с датчика (левый канал). Так как считывание проводится с помощью системных буферов Windows, обработка сигнала проводится после завершения записи буфера (во время записи следующей «порции» сигнала). У связи с этим, вывод данных на экран происходит с задержкой, время которой определяется длиной самого буфера. Для предотвращения искажения сигнала во время «сшивки» буферов проводится интерполяция данных буферов в начале и конце каждого блока.

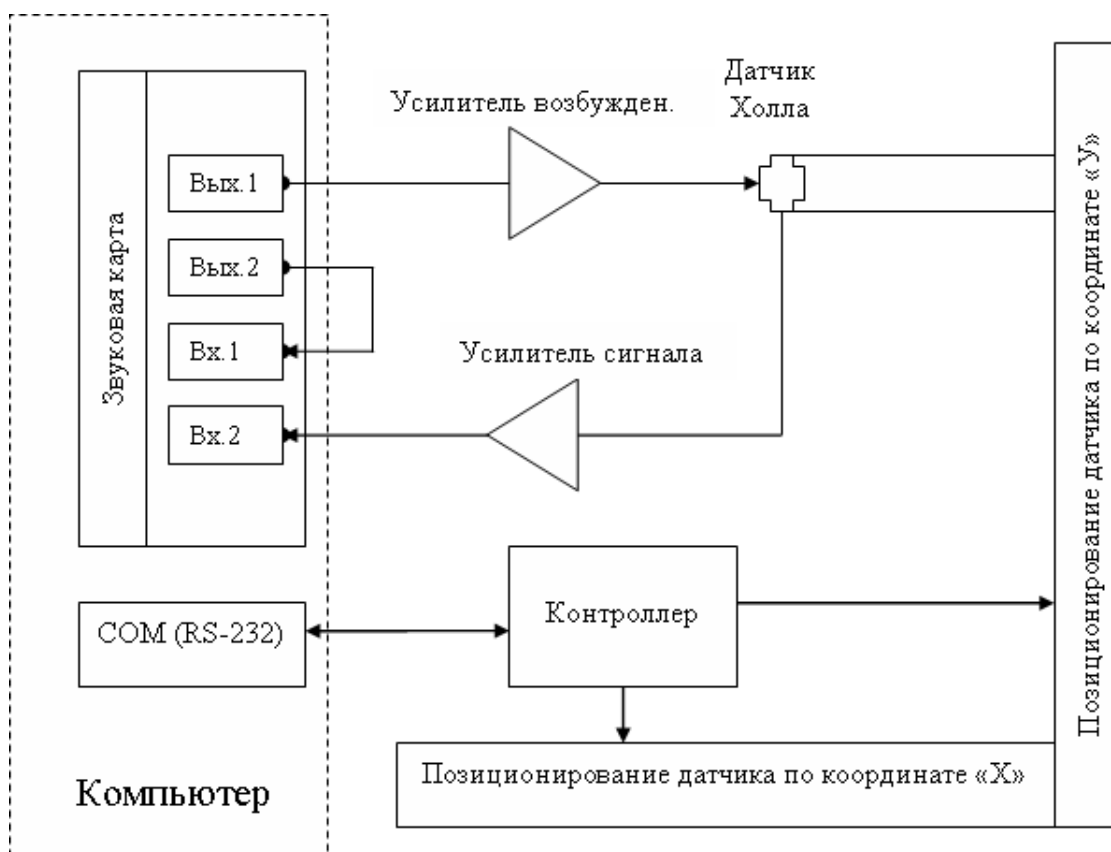


Рис. 1. Блок-схема сканирующей системы диагностики состояния металлического оборудования

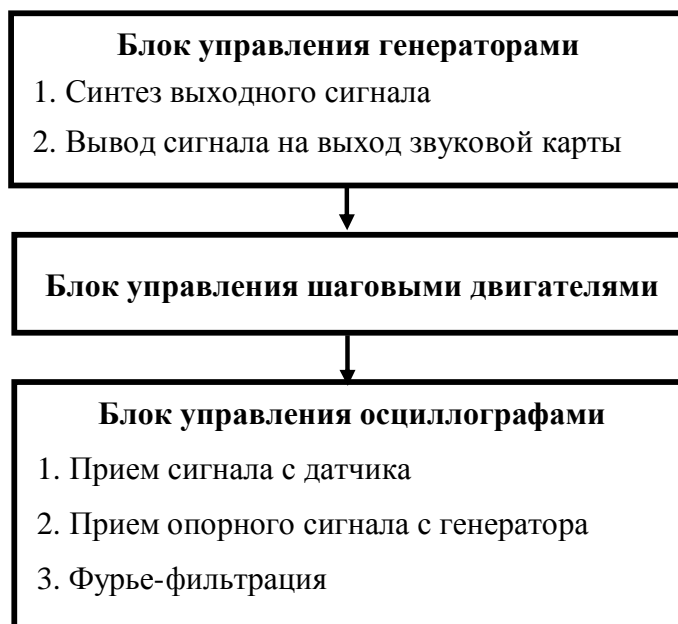


Рис. 2. Структурная схема программы управления и обработки

Математическая обработка сигнала с датчика проводится следующим образом: после «сшивки» буферов со спектра сигнала, с помощью Фурье-фильтрации (в программе реализован алгоритм быстрого преобразования Фурье) проводится отсекание постоянного уровня сигнала, записанного для данного датчика, и 50-герцовой составляющей, как основного шумового сигнала. После этого происходит программное сужение диапазона частот сигнала,

который поступает с датчика Холла, его детектирования (синхронное или обычное) и вывод информации на экран. Также в программе реализована возможность определения сдвига фазы между опорным и принятым с датчика сигналом.

Для сканирования датчиком Холла области над исследуемым объектом было разработано программное обеспечение для управления двухкоординатной системой позиционирования датчика на основе шаговых двигателей и контроллера. В связи с тем, что большинство контроллеров шаговых двигателей принимает команды на языке PAL-PC, в программной среде Delphi7 был разработан транслятор команд.

Система позиционирования позволяет:

- работать с одной X или двумя независимыми координатами XU с возможностью пошагового установления третьей координаты Z для послойного сканирования;
- задавать условный нуль для любой координаты;
- работать в режиме ручного PY или автоматического AU управления перемещением датчика.

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

В случае автоматического сканирования в системе предусмотрены возможности начать сканирование из любой строки и масштабировать полученный результат.

Вывод данных сканирования производится на отдельном экране в режиме градации серого или в цветовом изображении. При сканировании с помощью системы позиционирования возможны те же режимы обработки сигнала, что и при ручном сканировании.

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.

Алгоритм работы сканирующей система диагностики состояния металлического оборудования и разработанное на его основе программное обеспечение прошло тестирование на 2-координатной 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, позволяет построить фотореалистичное изображение пространственного распределения 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.

В качестве демонстрационного примера возможностей системы приводим конфигурацию магнитного поля над щелью, шириной около 40 мкм, которая была образована между двумя встречно склеенными полюсами Sm-Co магнитов (рис. 3). Внешний вид сенсора на основе миниатюрного датчика Холла с системой подмагничивания приведен на рис. 4. Данная система может быть использована для неразрушающего контроля и проверки качества металлического оборудования из ферромагнитных металлов, в частности сварных соединений.

При необходимости данная система может легко модернизироваться для дефектоскопии сварных соединений из нержавеющей стали или цветных металлов. Модернизация заключается в замене датчика Холла с системой подмагничивания на вихретоковый датчик. В качестве примера на рис. 5 можно рассмотреть вихретоковый магнитный образ сварного шва в нержавеющей стали, данного в разных режимах обработки сигнала. Верхняя часть рис. 5 соответствует режиму эквипотенциального уровня сигнала с датчика, нижняя – режиму амплитудного представления сигнала с датчика в зависимости от координаты.

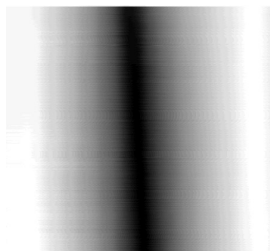


Рис. 3. Z-компонента магнитного поля над щелью между двумя встречно склеенными полюсами Sm–Co магнитов с зазором 40 мкм. Размер поля сканирования 4,5 мм (X) × 5 мм (Y). Напряженность поля: белый цвет – 0 КГс; черный – 1,7 КГс; зависимость плотности окраски от напряженности поля – линейная; высота подъема датчика Холла над магнитами – 50 мкм

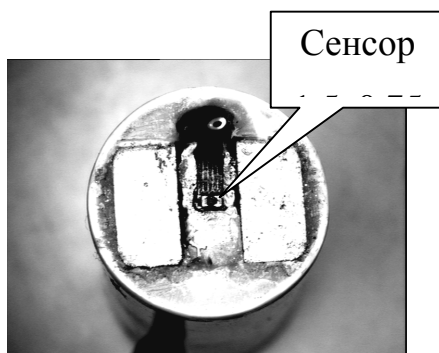


Рис. 4. Внешний вид сенсора на основе миниатюрного датчика Холла с системой подмагничивания. Сенсор имеет размеры 1,5 × 0,75 мм при размере активной зоны 300 × 300 мкм

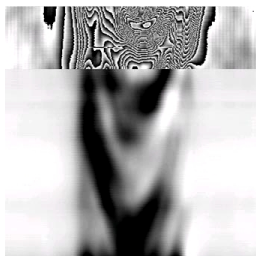


Рис. 5. Магнитный образ сварного шва в нержавеющей стали, полученный вихретоковым методом

На рис. 5 представлены два режима математической обработки сигнала. Верхняя часть рисунка соответствует режиму эквипотенциального уровня сигнала с датчика, нижняя – режиму амплитудного представления сигнала с датчика в зависимости от координаты.

ВЫВОДЫ

Предложенная сканирующая система диагностики состояния металлического оборудования позволяет визуализировать распределение магнитного поля над объектом исследования, построить фотореалистичское изображение такого распределения. В связи с этим она может быть применена в системах неразрушающего контроля, в частности, для контроля качества сварных соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев О. Программирование звука в Windows / О. Гордеев. – Санкт-Петербург, 2000.
2. Кинтцель Т. Программирование звука на ПК / Т. Кинтцель. – Москва, «ДМК пресс», 2005.
3. Miranda R. Computer Sound Design : Syntesis Techniques and Programming / R. Miranda. – Foal Press, 2004.
4. Irvine K. R. Assembly Language for Intel-Based Computers / K. R. Irvine. – Prentice Hall, 2006.
5. Маккаски М. Звук в играх. Технологии программирования / М. Маккаски. – Москва, КУДИУ-образ, 2004.