

Анализ электрических сигналов преобразователя при считывании информации с магнитного носителя

Павлюченко В. В., Дорошевич Е. С., Зыков Г. Л.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Представлены дифференциальные зависимости $U(t)$ электрического напряжения от времени t на выходе магнитной головки (МГ), сканирующей магнитный носитель (МН) с записями магнитных полей, обусловленных разными причинами. На МН воздействовали импульсами магнитного поля. Получены интегральные зависимости $U(t)$ с записями поля дефекта в металлическом объекте. На основании проведенного анализа этих зависимостей выделен сигнал поля дефекта из полного сигнала, считываемого магнитной головкой с магнитного носителя. Анализ сигналов МГ позволяет повысить точность контроля толщины объекта, удельной электропроводности его материала и дефектов в нем.

Магнитографическая дефектоскопия первоначально была разработана для контроля качества сварных соединений изделий из ферромагнитных сталей [1, 2]. При этом на магнитный носитель (МН) записывали информацию, обусловленную дефектами сплошности, а также поверхностными неоднородностями изделия и изменением его толщины в области сварного шва.

Магнитные носители с разными характеристиками широко используются нами для контроля объектов не только из ферромагнитных материалов, но и из парамагнитных и диамагнитных металлов.

Дифференциальный фон электрического сигнала, снимаемого с индукционной магнитной головки (МГ) при сканировании ею МН, достаточно полно изучен авторами [3]. Там выявлен фон намагниченного магнитного носителя, фон его краев, фон локальных дефектов МН. Также выявлены и исследованы: фон сигнала, обусловленный неоднородностью магнитного поля локального источника, фон дефектов и структурных неоднородностей объекта, эфирный электромагнитный фон.

Особо отметим выявленные и исследованные нами резонансные фоны самовозбуждения измерительной системы на сигналах краев МН, дефектов МН, приборных и сетевых наводок и помех, дефектов объекта, эфирных электромагнитных полей.

Исследования по изучению фона МН были продолжены при использовании магнитного носителя с арктангенсной характеристикой при воздей-

ствии на него с объектом перекрывающимися во времени импульсами магнитного поля [4] и формировании изображений электрических сигналов при гистерезисной интерференции в импульсных магнитных полях [5].

В этом плане отметим также работы по контролю дефектов сплошности в металлах с помощью пленочных флюкс-детекторов [6], где требуется изучение оптического фона, и контролю дефектов в прошедшем через металл импульсном магнитном поле [7]. Несмотря на достаточно глубокое изучение сигналов, снимаемых с МГ при контроле объектов, остается целый ряд вопросов, требующих своего дальнейшего решения.

Целью настоящей работы является повышение точности определения параметров дефектов в объектах из парамагнитных, диамагнитных и ферромагнитных материалов, а также толщины этих объектов и удельной электропроводности их материала. Поставленная цель достигается тем, что воздействуют на объект импульсным магнитным полем, записывают информацию о его свойствах на магнитный носитель. После этого считывают информацию с МН индукционной магнитной головкой и получают дифференциальную зависимость электрического напряжения на выходе МГ от времени. Полученную дифференциальную зависимость интегрируют. Затем проводят анализ дифференциальной и интегральной зависимостей, на основании которого выделяют полезный сигнал из полного сигнала, считываемого магнитной головкой с магнитного носителя, и определяют свойства объекта. Полезным сигналом может быть сигнал, обусловленный импульсным магнитным полем дефектов сплошности, структурных неоднородностей материала объекта и другими причинами.

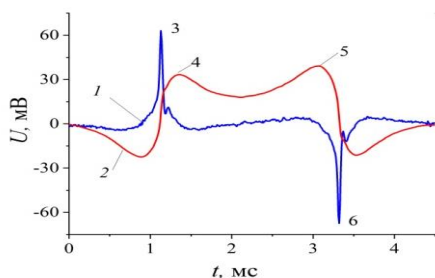


Рис. 1. Зависимости $U(t)$, снимаемого с МГ, сканирующей МН:

- 1 – дифференциальная; 2 – интегральная;
- 3, 6 – пики сигналов от краев МН;
- 4, 5 – максимумы сигнала

На рис. 1 показана экспериментальная зависимость I электрического напряжения $U(t)$, снимаемого с индукционной магнитной головки, сканирующей магнитный носитель с записями магнитных полей. Здесь же изображена интегральная зависимость 2, полученная путем интегрирования зависимости 1. На этом рисунке видны пики сигналов от краев МН 3 и 6, а также максимумы сигнала интегральной зависимости 4 и 5. Координаты сигналов краев магнитного

носителя соответствуют ближайшим к максимумам 4 и 5 точкам интегральной зависимости с нулевым уровнем сигнала.

На рис. 1 видны другие неоднородности сигнала, вызванные разными причинами, в том числе помехами, возникающими при считывании информации с МН, нелинейными характеристиками системы измерения, включающей магнитную головку и другими причинами. Измерения проведены с помощью цифрового осциллографа.

На рис. 1 и на всех последующих рисунках отрезку времени 1 мс соответствует отрезок расстояния, равный 1,1 см.

В данном случае задачей исследования является разработка способов выделения полезной информации из полной информации, записанной на МН. Полезным сигналом является сигнал поля глубинного дефекта сплошности в металлическом объекте. Этот сигнал может содержать зависимость $U(t)$ как сигнал поля реального дефекта в объекте либо он может быть моделирован и наложен на указанную зависимость. В любом случае нам надо его выделить.

Пусть зависимость сигнала поля дефекта является такой, как показано на рис. 2, то есть является частью дифференциальной зависимости 1 на участке от точки с параметрами (2,13 мс; 0 мВ) до точки (2,83 мс; 7,5 мВ). Размах сигнала, определяемый пиками 5 (2,40 мс; 29,5 мВ) и 7 (2,63 мс; -10,0 мВ) составляет 39,5 мВ. В результате интегрирования зависимости 1 (рис. 2) получаем интегральную зависимость 2 с максимумом сигнала дефекта 6.

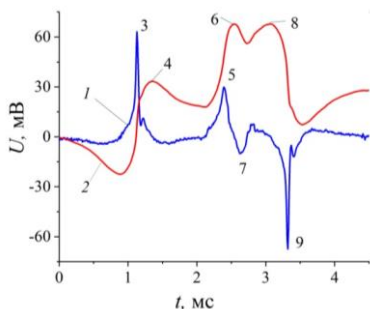


Рис. 2. Зависимости $U(t)$:

- 1 – дифференциальная;
- 2 – интегральная; 3, 9 – пики сигналов от краев МН; 4, 6, 8 – максимумы сигнала;
- 5, 7 – пики сигнала дефекта

Для выделения сигнала дефекта из полного сигнала построим графики на рис. 3. Здесь показаны интегральные зависимости $U(t)$ 1 и 3 соответственно в отсутствие дефекта и с дефектом, а также их разностная зависимость 4. Максимумы сигнала 2, 6 и 7 – максимумы, обусловленные краями МН, но не совпадающие с ними, так как являются интегральными зависимостями.

Максимум сигнала дефекта 5 принадлежит интегральной зависимости 3.

На графике разностной зависимости 4 отдельно выделен пик сигнала дефекта 8 (2,52 мс; -43,9 мВ).

Уровни разностного сигнала слева и справа от этого пика являются отрезками прямых с величиной напряжения $U_1 = 0$ мВ (0–2,13 мс) и $U_2 = -28,7$ мВ (2,86–4,49 мс).

Как следует из рис. 3, интегральные зависимости 1 и 3, построенные путем интегрирования экспериментальных дифференциальных зависимостей I на рис. 1 и I на рис. 2 не соответствуют действительным распределениям остаточной намагниченности магнитного носителя вследствие временных смещений уровня сигнала по оси ординат. Значит, графики интегральных зависимостей требуют дополнительной обработки.

В результате соответствующих преобразований разностной зависимости 4 указанные уровни U_1 и U_2 на рис. 3 станут одинаковыми. Тогда сигнал поля дефекта будет выделен более точно и относительно нулевого уровня, и по форме, и величине. Таким образом, на основании проведенного анализа с последующим применением разработанного метода контроля выделен полезный сигнал из полного сигнала, считываемого магнитной головкой с магнитного носителя, по которому могут быть определены параметры дефекта или неоднородности.

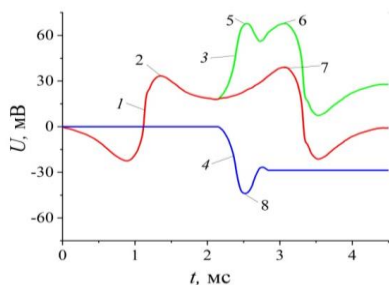


Рис. 3. Интегральные зависимости $U(t)$:

- 1 — в отсутствие дефекта;
- 3 — с дефектом; 4 — разностная;
- 2, 6, 7 — максимумы сигнала МН;
- 5, 8 — максимумы сигнала дефекта

ного носителя, так и с определением остаточной намагниченности участков магнитного носителя, то есть с определением параметров магнитного поля дефекта в импульсном магнитном поле.

Проведенный анализ сигналов, снимаемых с магнитной головки, позволяет повысить точность контроля не только параметров дефектов в металлических объектах, но и толщины этих объектов и удельной электропроводности материала, из которого они изготовлены.

При работе на линейном участке характеристики магнитного носителя, а точнее — всей измерительной системы, включающей магнитную головку, величина сигнала поля дефекта прямо пропорциональна величине остаточной намагниченности магнитного носителя.

Таким образом, контроль объектов разработанным методом можно осуществлять как непосредственно по величине измеряемого напряжения на выходе магнитной головки, считывающей информацию с магнитного

Литература

1. Козлов, В. С. Техника магнитографической дефектоскопии / В. С. Козлов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1976. – 256 с.
2. Фалькевич, А. С. Магнитографический контроль сварных соединений / А. С. Фалькевич, М. Х. Хусанов. – М.: Машиностроение, 1966. – 176 с.
3. Pavlyuchenko, V. V. Differential Background of Electric Signal Read from an Induction Magnetic Head / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2021. – Vol. 57, No. 8. – P. 706–716.
4. Pavlyuchenko, V. V. Hysteretic Interference of Time-Overlapping Magnetic Field Pulses / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2019. – Vol. 55, No. 12. – P. 949–956.
5. Pavlyuchenko, V. V. Imaging Electric Signals of a Magnetic Field Transducer with Hysteretic Interference for Testing Metals in Pulsed Magnetic Fields / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2020. – Vol. 56, No. 11. – P. 907–914.
6. Pavlyuchenko, V. V. Testing for Discontinuities in Metals Using Film Flux / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2019. – Vol. 55, No. 1. – P. 48–58.
7. Pavlyuchenko, V. V. Testing for Defects in Pulsed Magnetic Field Transmitted Through Metal / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2021. – Vol. 57, No. 10. – P. 856–864.

УДК 620.130

Контроль свойств металлических объектов в прошедшей и отраженной электромагнитной волне

Павлюченко В. В., Дорошевич Е. С., Зыков Г. Л.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Представлены расчетные зависимости $U(x)$ электрического напряжения от координаты x на выходе магнитной головки, сканирующей магнитный носитель (МН) с записями магнитных полей, отраженных от одиночных пластин из алюминия толщиной 0,10 мм и 0,11 мм, а также полей, прошедших через эти пластины, находящиеся с зазором в составе массивного объекта. На МН воздействовали серией из четырех импульсов магнитного поля линейного индуктора. Полученные результаты позволяют повысить чувствительность и точность контроля толщины объекта, удельной электропроводности его материала и дефектов в нем.