

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

Представлены зависимости электрического напряжения датчика от времени $U(t)$, соответствующие остаточным распределениям намагниченности сплошных и дискретных магнитных носителей (МН) при воздействии на них магнитными полями приставных намагничивающих устройств в виде электромагнитов и постоянных магнитов. Построены зависимости $U(t)$, соответствующие распределениям по координате x , позволяющие повысить точность определения структурных и магнитных свойств объекта за счет учета взаимного влияния МН друг на друга.

Применение магнитного носителя для определения электрических и магнитных свойств металлических объектов и дефектов сплошности в них рассмотрено в ряде экспериментальных и теоретических работ.

Расчеты распределений импульсных магнитных полей вблизи электропроводящих объектов приведены в [1], а в [2; 3] показано использование соответственно пленочных флюкс-детекторов и магнитного гистерезиса для контроля электропроводящих объектов в импульсных магнитных полях. Гистерезисная интерференция магнитного поля перемещаемого линейного индуктора [4] позволяет повысить производительность контроля объектов. Расчеты остаточных магнитных полей [5] повышают точность контроля свойств электропроводящих объектов. Дифференциальный фон электрического сигнала, снимаемого с индукционной головки [6] и позволяющий выделять сигналы, обусловленные различными причинами, учитывался при всех измерениях с записью на магнитный носитель. Контроль дефектов в металлах с использованием пленочных флюкс-детекторов [7] позволяет определять качество объектов в реальном режиме времени. Отметим также более раннюю работу [8], использованную при выполнении представленной экспериментальной работы. Гистерезисная интерференция полей дефектов получена авторами в [9]. В данной работе были учтены также результаты, описанные в [10–17].

Целью работы является определение магнитных свойств объектов и дефектов сплошности в них при одновременной записи распределений магнитных полей на несколько магнитных носителей, что может повысить точность контроля.

Результаты работы представлены на рис. 1 и рис. 2.

На рис. 1 показана зависимость электрического напряжения $U(t)$, снимаемого с индукционной магнитной головки, от времени t для дискретного

магнитного носителя, состоящего из параллельных полос МН, установленных друг от друга на расстоянии порядка их ширины [3]. Сигнал $U(t)$ от края каждой магнитной полосы прямо пропорционален величине напряженности магнитного поля. Измерения проведены в отсутствие ферромагнитных объектов. Источником магнитного поля являлся П-образный электромагнит (и постоянный магнит) с базой 56 мм, который в отсутствие указанных объектов обеспечивал величину горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля на оси симметрии около $H_t = 100$ А/см. Как видно из рис. 1, амплитуда двухполярного импульса составляет 0,04 В с отклонением до 0,033 В при $t = 0,0027$ с, обусловленным свойствами участка дискретного МН.

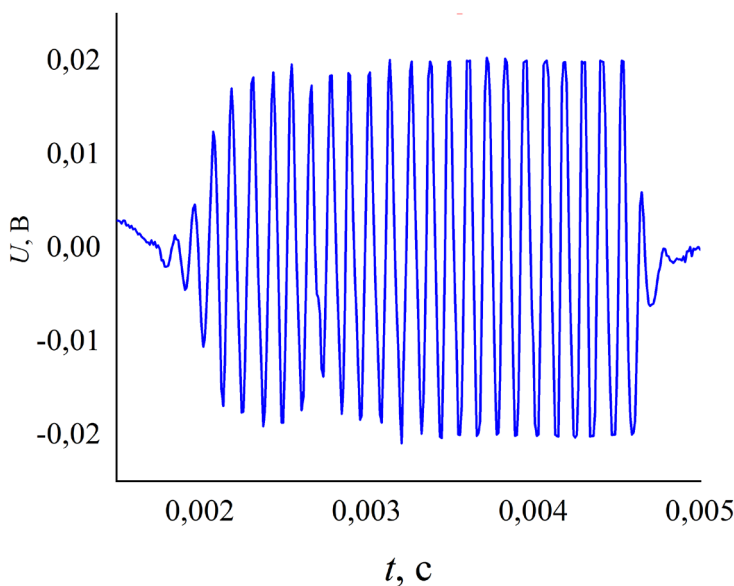


Рис. 1. Зависимость напряжения $U(t)$ от времени для дискретного МН

Свойства применяемого магнитного носителя найдены нами ранее в [9]. Зависимость $U(t)$, показанная на рис. 1, получена при одновременной записи напряженности магнитного на сплошной и дискретный магнитные носители, расстояние между которыми составляло 0,05 мм.

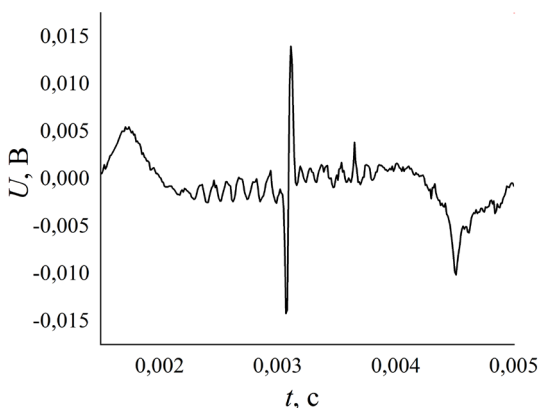


Рис.2. Зависимость напряжения $U(t)$ от времени для сплошного МН

На рис. 2 показана зависимость напряжения $U(t)$, полученная для сплошного МН. В данном случае величина сигнала пропорциональна производной напряженности измеряемого магнитного поля. Максимум при $t = 0,0018$ с и минимум при $t = 0,0045$ с сигналов соответствуют краям сплошного магнитного носителя шириной 35 мм. Двухполярный сигнал (от $-0,015$ В до $0,013$ В) соответствует искусственному дефекту сплошного МН, который использован в качестве метки. На рис. 2 с обеих сторон от метки видны сигналы от краев полос дискретного МН, прижатого к сплошному магнитному носителю. Их амплитуда составляет порядка $0,002$ В. Отсюда следует, что при одновременном нахождении распределений напряженности магнитного поля и его производной по времени (точнее при сканировании МН магнитной головкой по координате x) следует учитывать искажения сигнала, вносимые дискретным магнитным носителем. В то же время использование сплошного и дискретного носителя одновременно позволяет повысить точность измерений и производительность контроля объектов за счет совместного анализа разной информации, поступающей с записи МН, с использованием методики выделения сигналов, представленной в [6], а также результатов определения магнитных полей с применением перемещаемого линейного индуктора [4] и гистерезисной интерференции полей дефектов [8].

Литература

1. Pavlyuchenko, V. V. Computer-assisted methods for finding pulsed magnetic-field distributions near current-conducting objects / V. V. Pavlyuchenko,

E. S. Doroshevich, V. L. Pivovarov // Russ. J. Nondetr. Test. – 2016. – Vol. 52, № 3. – P. 166–174.

2. Pavlyuchenko, V. V. Using Film Flux Detectors to Determine Properties of Conducting and Magnetic Objects / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russ. J. Nondetr. Test. – 2018 – Vol. 54, № 1. – P. 70–76.

3. Pavlyuchenko V. V. Using magnetic hysteresis for testing electroconductive objects in pulsed magnetic fields / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russ. J. Nondetr. Test. – 2013. – Vol. 49, № 6. – P. 334–346.

4. Павлюченко, В. В. Гистерезисная интерференция магнитного поля перемещаемого линейного индуктора / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич // Дефектоскопия. – 2020. – № 1, – С. 51–60.

5. Pavlyuchenko, V. V. Calculation of residual magnetic-field distributions upon hysteretic interference of a pulsed magnetic field / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich, V. L. Pivovarov // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2015. – Vol. 51, № 1. – P. 8–16.

6. Pavlyuchenko, V. V. Differential Background of Electric Signal Readfrom an Induction Magnetic Head / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2021. – Vol. 57, № 8. – P. 706–716.

7. 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, № 1. – P. 48–58.

8. Павлюченко, В. В. Взаимодействие импульсных электромагнитных полей с поверхностями металлических образцов / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич // Вестник БНТУ. – 2006. – № 4. – С. 89–95.

9. Павлюченко, В. В. Гистерезисная интерференция полей дефектов / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич // Дефектоскопия. – 2025. – № 2. – С. 28–37.

10. Козлов, В. С. Техника магнитографической дефектоскопии / В. С. Козлов. – Минск : Вышэйшая школа, 1976. – 256 с.

11. Павагин, В. А. Идентификация кольцевых сварных швов на магнитограммах дефектоскопов поперечного намагничивания / В. А. Павагин, А. Ф. Матвиенко // Дефектоскопия. – 2009. – № 8. – С. 13–18.

12. Оценка возможности обнаружения микродефектов сварных соединений прямошовных электросварных труб, изготовленных стыковой высокочастотной сваркой, магнитным методом контроля / А. С. Шлеенков, В. Г. Бычков, О. А. Булычев [и др.] // Дефектоскопия. – 2010. – № 2. – С. 23–29.

13. Печенков, А. Н. Вихревые токи и поля проводящих и намагничивающихся шаровых включений в немагнитную среду / А. Н. Печенков, В. Е. Щербинин // Дефектоскопия. – 2016. – № 4. – С. 48–55.

14. Шлеенков, А. С. Определение геометрических параметров дефектов по восстановленному магнитному полю рассеяния. / А. С. Шлеенков // Дефектоскопия. – 1991 – № 10. – С. 49–55.

15. Щербинин, В. Е. Поля дефектов на внутренней и наружной поверхности труб при циркулярном намагничивании / В. Е. Щербинин // Дефектоскопия. – 1972. – № 2. – С. 11.

16. Астахов, В. И. К вопросу о диагностике пластины с трещиной вихревым методом / В. И. Астахов, Э. М. Данилина, Ю. К. Ершов // Дефектоскопия. – 2018. – № 3. – С. 39–49.

17. Новослугина, А. П. Расчетный способ оценки параметров дефектов в стали / А. П. Новослугина, Я. Г. Смородинский // Дефектоскопия. – 2017. – № 11 – С. 13–19.

УДК 620.130

Контроль свойств объектов в прошедшем магнитном поле движущегося источника

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

Представлены зависимости электрического напряжения датчика от времени $U(t)$, соответствующие остаточным распределениям намагниченности магнитных носителей (МН) при воздействии на них магнитными полями приставных намагничивающих устройств в виде электромагнитов и постоянных магнитов при разных скоростях движения источников поля относительно металлических объектов в разных направлениях. Построены зависимости $U(t)$ соответствующие распределениям по координате x , позволяющие повысить точность определения структурных и магнитных свойств объекта и производительность контроля при движении источников поля относительно контролируемого объекта.

Контроль дефектов сплошности в ферромагнитных, парамагнитных и диамагнитных металлах с помощью магнитного носителя (МН) и флюкс-детекторов в приложенном и прошедшем поле изучен ранее авторами. Так, в [1] представлены результаты изучения распределений полей дефектов в импульсном магнитном поле в прошедшей волне, а в [2] описано определение дефектов сплошности в металлах с использованием флюкс-детекторов. Параметры сигналов полей дефектов зависят от магнитных и электрических свойств объектов, которые могут быть определены на основании результатов, изложенных в [3]. Выделение сигналов, записанных на