

9. Грузинцев, А. А. Самосогласованный расчет магнитного поля для задач магнитной дефектоскопии. I. Исходная модель для расчета поля магнитной ленты, намагниченной от проводника с током. / А. А. Грузинцев, С. П. Михайлов // Дефектоскопия. – 2011. – № 2. – С. 22–30.

10. Головин, Ю. И. Магнитное поле в трещине, обтекаемой током / Ю. И. Головин, В. М. Иванов, В. П. Иванов, В. М. Финкель // Дефектоскопия. – 1982. – № 3. – С. 43–45.

11. Михайлов, С. П. Физические основы магнитографической дефектоскопии / С. П. Михайлов, В. Е. Щербинин. – М.: Наука, 1992. – 238 с.

УДК 620.130

Расчеты распределений импульсных магнитных полей

Дорошевич Е. С., Павлюченко В. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Представлены расчетные распределения величины электрического напряжения U на выходе магнитной головки (МГ), сканирующей магнитный носитель (МН), по координате x . На МН воздействовали импульсами магнитного поля линейного индуктора. Предложены расчеты с многократным использованием начальной и гистерезисных ветвей остаточного намагничивания МН при построении гистерезисной интерференции. Использование полученных результатов позволяет повысить качество контроля свойств материалов и объектов.

Для контроля свойств объектов из электропроводящих материалов используют вихретоковый метод [1–5], обладающий высокой чувствительностью и разрешающей способностью. Там описаны способы обработки сигналов, контроль внутренних диаметров труб, поля шаровых включений, способы контроля толщины покрытий и дефектов сплошности в объектах. Однако этот метод не позволяет производить контроль объектов на больших площадях одновременно и обладает рядом других недостатков. Отметим также фундаментальную работу по магнитографической дефектоскопии [6].

Использование полученной авторами гистерезисной интерференции (НИ) позволяет производить контроль объектов с записью мгновенных распределений магнитных полей на значительных площадях одновременно с высоким пространственным разрешением и тем самым повышать точность контроля толщины металлических объектов, их удельной электропроводности и дефектов сплошности в них [7–15].

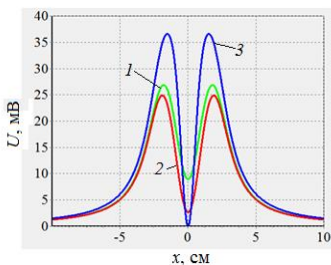


Рис. 1. Расчетные зависимости $U(x)$ для напряженности первого и второго импульсов:

1 – H_{11}, H_{21} ; 2 – H_{13}, H_{23} ; 3 – H_{14}, H_{24}

и второго импульсов:

$$\begin{aligned} H_{11} &= 1600 / (x^2 + 4), \\ H_{21} &= -350 / (x^2 + 4). \end{aligned}$$

Тогда для МН с найденной нами [9] арктангенсной характеристикой имеем

$$U_{11} = 23,5 + 24,3 \arctg(0,011 H_{11} - 1,45), \quad (1)$$

$$\begin{aligned} U_{21} &= -23,5 + 0,61 U_{11} + (24,5 + 0,40 U_{11}) \times \\ &\times \arctg((0,011 + 0,000087 U_{11}) H_{21} + 1,45 - 0,0016 U_{11}). \end{aligned}$$

Зависимости U_{21} , полученной при воздействии на МН двумя импульсами магнитного поля, соответствует кривая 1 на рис. 1. Для величин полей

$$\begin{aligned} H_{13} &= 1600 / (x^2 + 4), \\ H_{23} &= -350 / (x^2 + 4) \end{aligned} \quad (2)$$

получаем кривую 2 на рис. 1, а для полей

$$\begin{aligned} H_{14} &= 1600 / (x^2 + 4), \\ H_{24} &= -100 / (x^2 + 1) \end{aligned}$$

находим зависимость 3 на рис. 1.

Воздействуем на МН двумя импульсами магнитного поля линейного индуктора и рассчитаем распределение сигнала, снимаемого с магнитной головки, которая сканирует магнитный носитель. Согласно полученным нами ранее правилам расчета картины HI используем начальную и гистерезисные ветви характеристики МН. На рис. 1 показаны такие распределения, для которых зависимости $U(x)$ второго импульса имеют только положительные значения.

Обозначим через H_{1i} и H_{2i} напряженности магнитного поля первого

На рис. 2 показаны распределения $U(x)$ 1 и 2, соответствующие распределениям 1 и 2 на рис. 1, а также зависимости 3 и 4, полученные в результате воздействия на МН третьим импульсом магнитного поля с параметрами соответственно

$$\begin{aligned} H_{31} &= 400 / (x^2 + 4), \\ H_{32} &= 440 / (x^2 + 4), \end{aligned} \quad (3)$$

рассчитанными по (1).

Здесь же отмечены точки пересечения кривых 5–8.

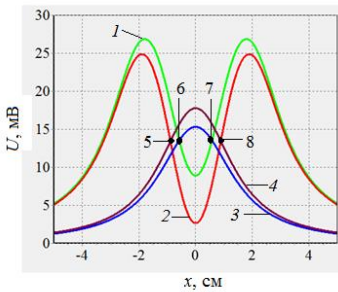


Рис. 2. Расчетные зависимости $U(x)$ для полей импульсов:

1 – H_{11}, H_{21} ; 2 – H_{13}, H_{23} ; 3 – H_{11}, H_{21}, H_{31} , 4 – H_{13}, H_{23}, H_{32} и точки сопряжения 5–8 зависимостей

Увеличение напряженности импульсного магнитного поля на 10 % в (6) и (3) получено на поверхности металлического объекта при уменьшении времени нарастания импульсов и определено на основании наших результатов в [15].

На основании установленных нами ранее правил построения картины гистерезисной интерференции находим результирующие распределения $U(x)$. Отсюда следует, что продолжением цикла третьего (прямого) импульса для положительных значений сигнала второго (обратного) импульса является прямая начальная ветвь.

Находим общие точки распределений второго (обратного) импульса и распределения третьего (прямого) импульса, построенного для начальной ветви, и строим распределение третьего импульса в интервале между этими точками. После этого достраиваем результирующее распределение, оставляя неизменными участки распределения второго (обратного) импульса в областях за общими точками.

Таким образом, первое результирующее распределение, рассчитанное для МН, состоит из участка кривой 3 в интервале x между точками 6 и 7 и из двух участков кривой 1 в остальном диапазоне x . Вторым результирующим распределением, полученным для МН при меньшем времени нарастания импульса магнитного поля, является участок кривой 4 между точками 5 и 8 и участки $U(x)$ 2 вне этого интервала. Аналогично могут быть построены результирующие гистерезисные картины для объектов разной толщины

на основании полученных нами зависимостей в [15]. Чувствительность контроля может быть повышена разными способами, в том числе выбором оптимальных расстояний источников полей до МН, как, например, показано на рис. 1, кривая 3, полученная для двух источников на разной высоте.

Метод *НИ* может быть применен для создания гистерезисных картин различных источников магнитного поля, отстоящих на разных расстояниях от контролируемых объектов. Этот метод применим также для расчетов распределений электрических, упругих и других полей, а также для систем измерения разного рода. Рассчитанные картины *НИ* позволяют повысить точность контроля толщины, удельной электропроводности и других свойств материалов и объектов.

Литература

1. Жданов, А. Г. Алгоритмы предварительной обработки вихретоковых сигналов при контроле теплообменных труб парогенераторов АЭС / А. Г. Жданов, Е. Г. Щукис, В. П. Лунин, А. А. Столяров // Дефектоскопия. – 2018. – № 4. – С. 54–64.
2. Киселев, Е. К. Вихретоковая система контроля внутреннего диаметра труб / Е. К. Киселев, А. Е. Гольдштейн // Дефектоскопия. – 2019. – № 3. – С. 25–30.
3. 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.
4. Атавин, В. Г. Отстройка от электропроводности основания при измерении толщины токопроводящих покрытий методом вихревых токов / В. Г. Атавин, А. А. Узких, Р. Р. Исхужин // Дефектоскопия. – 2018. – № 1. – С. 58–64.
5. Астахов, В. И. К вопросу о диагностике пластины с трещиной вихретоковым методом / В. И. Астахов, Э. М. Данилина, Ю. К. Ершов // Дефектоскопия. – 2018. – № 3. – С. 39–49.
6. Козлов, В. С. Техника магнитографической дефектоскопии. / В. С. Козлов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1976. – 256 с.
7. Pavlyuchenko, V. V. Using Film Flux Detectors to Determine Properties of Conducting and Magnetic Objects / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2018. – Vol. 54, No. 1. – P. 70–76.
8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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, № 10. – P. 856–864.

13. Pavlyuchenko, V. V. Computer-assisted methods for finding pulsed magnetic-field distributions near current-conducting objects / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich, and V. L. Pivovarov. // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2016. – Vol. 52, № 3. – P. 166–174.

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

15. Pavlyuchenko, V. V. Pulsed Magnetic Field near Metal Surface / V. V. Pavlyuchenko, E. S. Doroshevich // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2022. – Vol. 58, No. 11. – P. 983–991.

УДК 629.424.16

Electric drive efficiency criterion for specific energy consumption

Kolesnikov I. K., Akhmedov A. P., Hakimov S. H.

Tashkent State Transport University

Tashkent, Uzbekistan

The article considers the choice of a generalized criterion for the efficiency of an electric drive according to the spent energy of a railway rolling stock. The quality indicators of the automated electric drive of railway rolling stock are analyzed and a conclusion is made on the use of a generalized efficiency criterion for the operation of railway transport in an optimal mode.

Energy efficiency is the basis for the performance of technical systems. Energy efficiency has always been closely related to the energy crisis in the world. In the past it was a temporary event, but these days it has become a permanent and global problem due to pollution. The name has ranged from energy conservation in the early 80's, through energy efficiency in the 90's, to energy efficiency