

Оценка соотношения информативного и фоновых сигналов при регистрации магнитных полей поверхностных дефектов магнитоизмерительными преобразователями

Ю. Л. Николаев, Э. Ф. Ахметшина, А. А. Саморуков, А. В. Чернова

Физико-технологический институт «МИРЭА – Российский технологический университет»,
Москва, Российская Федерация, e-mail: nikolaev_yu@mirea.ru, elina.ahmetschina@yandex.ru,
samorukov.alexey@gmail.com, aleks.chernova@gmail.com

Рассмотрены проблемы выявления дефектных участков поверхности контролируемых объектов и оценивания параметров дефекта. Описано использование магнитоизмерительных преобразователей в качестве средств регистрации и измерения параметров локально распределённых магнитных полей, возникающих над дефектными участками поверхности контролируемого объекта в приложенном постоянном магнитном поле. Предложены алгоритмы для количественной оценки соотношения информативной и фоновой составляющих выходного сигнала магнитоизмерительных преобразователей. Приведена методика разделения информативной и фоновой составляющих. Методика основана на свойстве суммирования и детерминированном характере распределений напряжённости магнитного поля дефекта и фонового магнитного поля вдоль оси координат, параллельной контролируемой поверхности, а также на анализе топографии распределения напряжённости магнитного поля. Обоснован подход к выбору и экспериментальному определению оценочных параметров, характеризующих уровни информативного и фонового сигналов. Приведены формулы для вычисления отношения сигнал–фон по измеренным значениям оценочных параметров применительно к одинарным магнитостатическим, дифференциальным магнитостатическим и дифференцирующим магнитоизмерительным преобразователям с учётом направления ориентации (нормального, тангенциального) их оси чувствительности. Представлены результаты расчёта отношения сигнал–фон на примере анализа выходного сигнала магнитоизмерительного преобразователя при регистрации распределения напряжённости магнитного поля над поверхностью контрольного образца с искусственными дефектами заданных размеров. Выполнен сравнительный анализ рассматриваемых видов магнитоизмерительных преобразователей по отношению сигнал–фон и даны общие рекомендации по повышению значения этого отношения.

Ключевые слова: магнитоизмерительные преобразователи, магнитное поле дефекта, соотношение сигнал–фон.

Введение. Магнитоизмерительные преобразователи (МИП) [1–4] широко используются в качестве средств регистрации и измерения параметров неоднородных магнитных полей, локально распределённых над трещиноподобными дефектами в поверхностном слое намагниченного контролируемого объекта. Это позволяет выявить дефектные участки поверхности и при определённых условиях оценить параметры дефекта.

При сканировании поверхности контролируемого объекта ось чувствительности МИП ориентируют на регистрацию тангенциальной или нормальной (параллельной или перпендикулярной поверхности контролируемого объекта) составляющих напряжённости магнитного поля. В результате регистрации распределения напряжённости вдоль оси координат выявляют участки с резким изменением напряжённости, обусловленным наличием дефекта. По измеренным значениям параметров распределения можно оценить параметры дефекта.

В процессе сканирования МИП реагирует как на магнитное поле дефекта, так и на фоновые магнитные поля, возникающие из-за воздействия различных факторов, но главным образом из-за рассеяния магнитных потоков в замкнутой магнитной системе «полюсные магниты – контролируемый объект». Данное обстоятельство существенно влияет на достоверность выявления дефектов и в значительной степени усложняет оценивание параметров дефекта. Особенно затруднительно выявление информативных полей в изгибах, впадинах и стыковых соединениях сложнопрофильных изделий. В связи с этим для повышения порога чувствительности и точности измерения параметров дефекта методами магнитной дефектоскопии и дефектометрии с использованием МИП актуальным является увеличение соотношения сигнал–фон SBR .

Для увеличения значения SBR применяют компенсационный, дифференциальный, спектральный и другие способы отстройки от фоновых полей [5, 6]. Однако в литературных

источниках, например [5], приведены только качественные оценки эффективности этих способов.

Цель настоящей статьи – количественное оценивание и анализ соотношения сигнал–фон при регистрации поверхностных дефектов объектов, намагниченных постоянным магнитным полем.

Далее рассмотрим МИП для измерения и регистрации напряжённости (индукции) неоднородных магнитных полей, возникающих над дефектами. Наиболее широко распространены следующие МИП:

одинарные магнитостатические (преобразователи Холла, феррозонды, магниторезисторы и др.);

дифференциальные (состоят из двух идентичных магнитостатических МИП, расположенных на некотором расстоянии друг от друга);

дифференцирующие (индукционные преобразователи).

Разделение информативного и фоновых сигналов одинарных магнитостатических МИП. Эти приборы регистрируют сумму напряжённостей фоновых и информативного магнитных полей. На рис. 1 показаны суммарные распределения ортогональных (тангенциальной *I* и нормальной *II*) составляющих напряжённости магнитного поля. Распределения получены прямым измерением напряжённости при перемещении МИП вдоль линии намагничивания контрольного образца

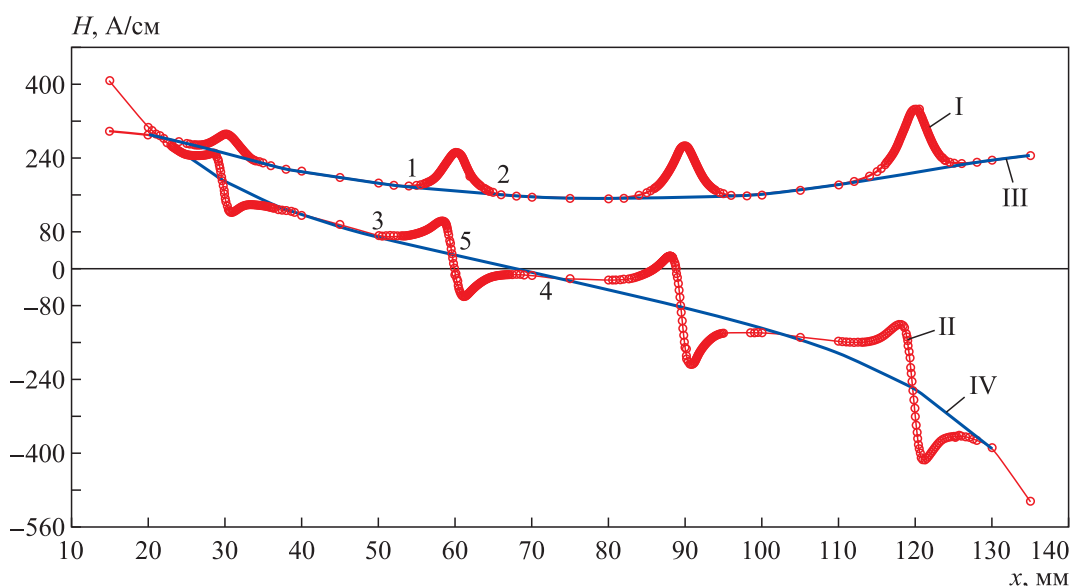


Рис. 1. Распределения тангенциальной *I* и нормальной *II* составляющих магнитного поля над поверхностью контрольного образца:

III, *IV* – фоновые поля; точки 1, 2 и 3, 4 – границы поля рассеяния дефекта при регистрации соответственно тангенциальной и нормальной составляющих поля; 5 – точка пересечения нормального распределения и прямой линии, проходящей через границы поля рассеяния дефекта

Fig. 1. Distributions of the tangential *I* and normal *II* components of the magnetic field above the surface of the tested sample:

III, *IV* – background fields; points 1, 2 and 3, 4 – boundaries of the defect scattering field during registration of the tangential and normal components of the field, respectively; 5 – the intersection point of the normal distribution and a straight line passing through the boundary of the defect scattering field

длиной 150 мм с искусственными поверхностными дефектами прямоугольной формы, расположенными в точках образца 30, 60, 90 и 120 мм, глубиной 1, 2, 3 и 4 мм соответственно. Ширина каждого дефекта составляет 0,1 мм. Намагничивание осуществлено полюсными магнитами дефектоскопа МД-6. Намагничивающая система с контрольным образцом расположена на двухкоординатном измерительном столе. На вертикальной стойке стола жёстко закреплён первичный преобразователь Холла миллитесламетра ТПУ-01. Существует возможность высокоточного относительного перемещения контрольного образца и преобразователя. При этом фактические зазоры между контролируемой поверхностью и плоскостями нормально и тангенциально ориентированного преобразователя Холла составляют 0,7 и 3,5 мм соответственно. В местах расположения дефекта шаг измерений равен 0,1 мм.

Из рис. 1 следует, что МИП измеряет сумму напряжённостей магнитных полей дефекта и фона, причём распределение этих полей носит детерминированный характер. Фоновые поля *III*, *IV* выделены с использованием алгоритма сплайн-интерполяции [7] между точками, соответствующими границам поля рассеяния дефекта. Для практических целей достаточно линейной интерполяции.

На рис. 2, *a* представлено зарегистрированное распределение тангенциальной составляющей напряжённости магнитного поля над дефектом

глубиной 2 мм. Методика разделения информативной и фоновой составляющих выходного сигнала $H(x)$ МИП заключается в следующем. Через точки 1, 2, соответствующие границам поля рассеяния дефекта, проходит прямая линия $H_{\phi}(x)$, формирующая распределение фоновых сигналов. По координатам (x_1, H_1) , (x_2, H_2) точек 1, 2 определяют уравнение прямой линии, после чего из измеренных суммарных значений напряжённости $H(x)$ вычитают значения напряжённости $H_{\phi}(x)$, определяемые по уравнению прямой линии. Это позволяет восстановить топографию поля распределения дефекта, а следовательно, выделить значения информативного сигнала с последующими дефектометрическими оценками.

Аналогичный подход применяют для выделения

информативного сигнала при регистрации по нормальной составляющей (рис. 2, б). Для этого производится построение прямой линии, проходящей через границы поля рассеяния дефекта (точки 3, 4) и пересекающей распределение в точке 5. Распределение информативного сигнала определяется разностью распределений сигналов $H(x)$ и $H_{\phi}(x)$.

Оценивание SBR одинарного магнитостатического МИП. При оценке соотношения информативного и фонового сигналов МИП в качестве параметра, характеризующего уровень информативного сигнала, целесообразно ориентироваться на экстремальные значения сигнала в пределах границ поля рассеяния дефекта, измеряя его размах (pick-to-pick). Уровень фонового сигнала принято характеризовать среднеквадратическим значением (СКЗ). Отношение этих параметров является оценкой SBR. Таким образом, соотношение информативного и фонового сигналов при регистрации магнитного поля тангенциально ориентированным одинарным МИП определяется отношением пикового значения информативного сигнала $H_{\max}$ к значению фонового сигнала H_{ϕ} в точке, соответствующей пиковому значению информативного сигнала. Например, в точке $x=60$ мм (см. рис. 2, а) по тангенциальной составляющей получено отношение $SBR=H_{\max}/H_{\phi}=0,5$.

При регистрации нормально ориентированным МИП в качестве пиковых значений принимаются экстремальные (максимальное $H_{\max}$ и минимальное $H_{\min}$) значения информативного сигнала, отсчитанные от линии, соединяющей граничные точки 3, 4 распределения (см. рис. 2, б). Отношение сигнал-фон вычисляется как отношение разности экстремальных значений информативного сигнала к СКЗ

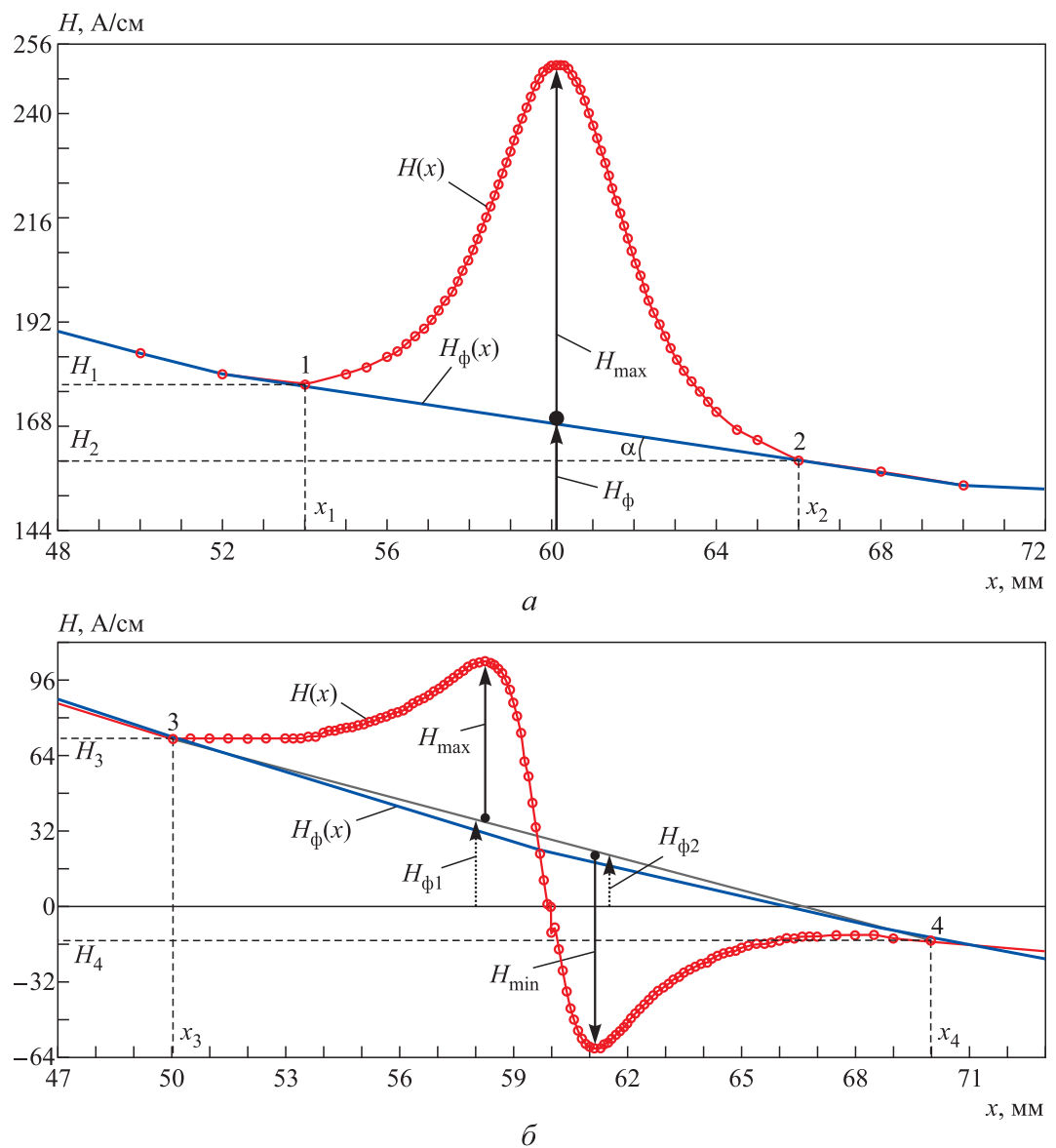


Рис. 2. Выделение информативного сигнала при регистрации тангенциальной (а) и нормальной (б) составляющих напряжённости магнитного поля дефекта:

точки 1–4 – те же, что на рис. 1; α – угол наклона интерполирующей прямой

Fig. 2. Isolation of an informative signal during registration of the tangential (a) and normal (b) components of the magnetic field strength of a defect:

points 1–4 are the same as in figure 1; α – the angle of the interpolating line

фоновых сигналов $H_{\phi 1}$, $H_{\phi 2}$, измеренных в точках отсчёта пиковых сигналов:

$$SBR = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{\sqrt{(H_{\phi 1}^2 + H_{\phi 2}^2)/2}}.$$

В данном случае значение SBR может изменяться в широких пределах в зависимости от местоположения дефекта. В частности, при расположении дефекта вблизи магнитных полюсов SBR составляет десятые доли единицы,

а при расположении в области магнитного нуля – до десятка единиц. В рассматриваемом примере $SBR=5,1$.

Погрешность вычисления SBR с использованием интерполирующей прямой зависит от знака и значения отклонения ΔH прямой линии от действительной фоновой характеристики в точках отсчёта пиковых значений. Для тангенциальной составляющей $\Delta H > 0$. С учётом знака приращения оценочных параметров формула для вычисления абсолютной погрешности ΔSBR имеет вид

$$\Delta SBR = H_{\max} / H_{\phi} - (H_{\max} + \Delta H) / (H_{\phi} - \Delta H).$$

Аналогичный подход применяется для вычисления ΔSBR по нормальной составляющей. При этом учитывается, что в области положительных значений $H_{\phi}(x)$ отклонение ΔH также будет положительным, а в области отрицательных значений $H_{\phi}(x)$ – отрицательным. Для представленных на рис. 1 графиков распределений относительная погрешность вычисления SBR не превышает 7 %.

На практике существенно увеличить значение SBR одинарных магнитостатических МИП можно при их размещении по центру между полюсами намагничивающего поля. При этом требуется аппаратная компенсация

фоновой сигнала до нулевого значения по результатам измерения напряжённости фоновой поля в нескольких точках на бездефектных участках контролируемой поверхности. На дефект указывает выходной сигнал МИП, больший установленного порогового значения, которое превышает уровень стохастически распределённого шумового сигнала, и смещение нуля, возникающее из-за возможного перераспределения фоновой поля относительно положения МИП. Особенно значимо перераспределение фоновой поля при контроле криволинейных и сложнопрофильных поверхностей в связи с необходимостью угловых и линейных смещений МИП относительно полюсов, а также из-за изменения зазора между МИП и контролируемой поверхностью. В этом случае применяют градиентометрические способы регистрации – дифференциальный, дифференцирующий.

Выходной сигнал дифференциальных МИП. Выходной сигнал определяется разностью измеренных значений напряжённости в точках размещения одинарных МИП:

$$\Delta H(x) = H(x) - H(x \pm b),$$

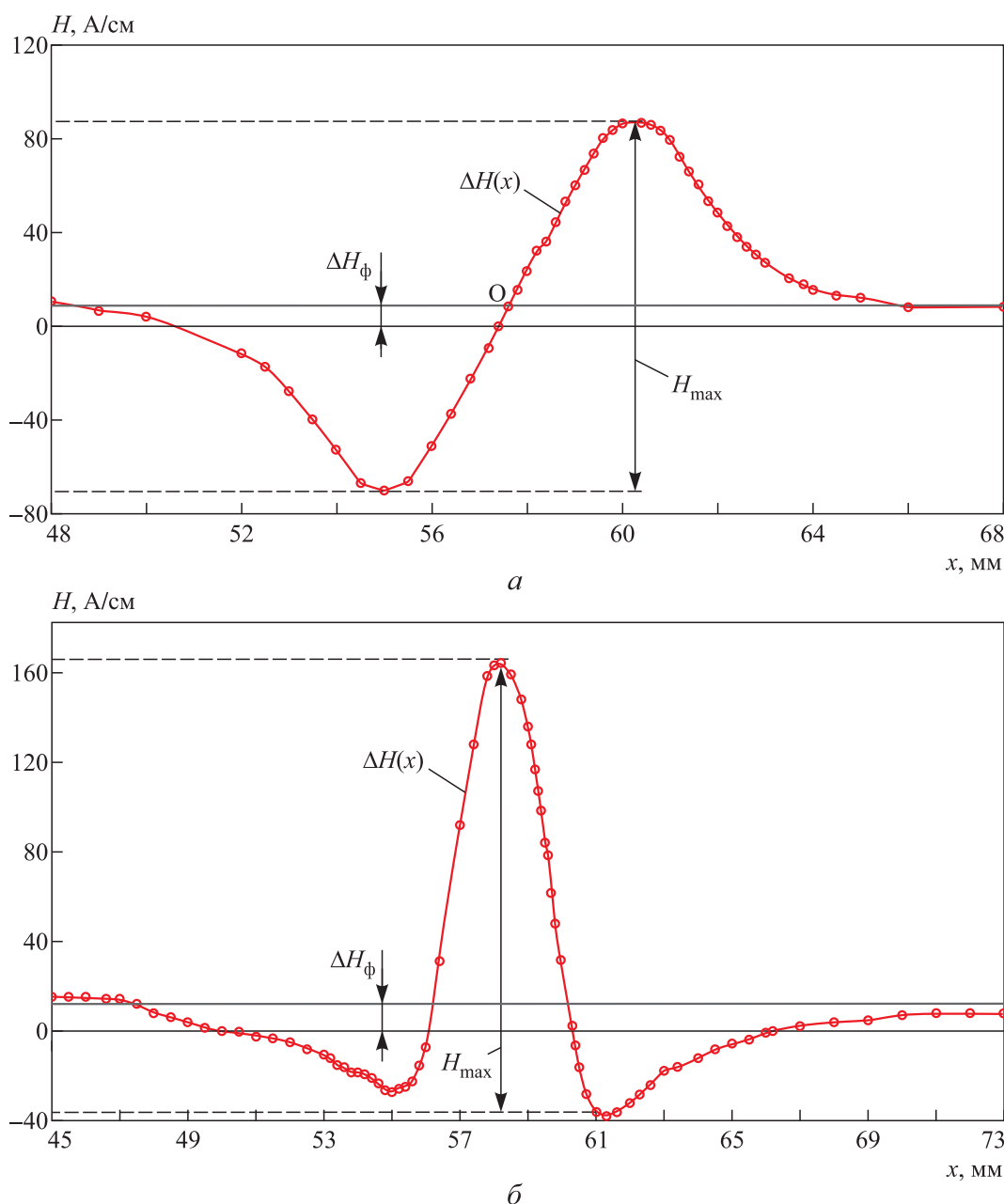


Рис. 3. Оценивание отношения SBR дифференциальных МИП, ориентированных тангенциально (а) и нормально (б)

Fig. 3. Estimation of the SBR ratio of differential MMTs oriented tangentially (a) and normally (b)

где $H(x)$, $H(x \pm b)$ – выходные сигналы соответственно МИП1 и МИП2; x – линейная координата положения МИП1; b – расстояние между МИП.

На рис. 3, а приведено распределение значений выходного сигнала $\Delta H(x)$ дифференциального МИП при сканировании дефекта глубиной 2 мм. Данный МИП состоит из двух тангенциально ориентированных преобразователей Холла, расположенных друг от друга на расстоянии 5 мм. Расстояние между МИП выбрано близким половине расстояния между точками 1, 2 распределения тангенциальной составляющей (см. рис. 2, а). В этом случае регистрируются два экстремума. Влияние фона сводится к смещению разностного сигнала $\Delta H(x)$ вдоль оси ординат на значение приращения фонового сигнала на отрезке длиной b . Распределение фонового сигнала на интервале $[x_1, x_2]$ интерполировано прямой линией (с углом наклона α), поэтому в пределах этого интервала приращение фона $\Delta H_{\phi}(x)$ остаётся постоянным:

$$\Delta H_{\phi} = btg\alpha.$$

В рассматриваемом примере $\Delta H_{\phi} = 8$ А/см.

При определении ΔH_{ϕ} непосредственно по кривой распределения разностного сигнала $\Delta H(x)$ значение ΔH_{ϕ} вычисляют как полусумму значений $\Delta H(x)$ в граничных точках интервала $[(x_1 - b), (x_2 + b)]$. При этом распределение приращения фонового сигнала считают равномерным. В данном случае $\Delta H_{\phi} = 8,1$ А/см.

В зависимости от направления перемещения дифференциального МИП и очередности вычитания значений сигналов одинарных МИП значения смещения будут равны по модулю, но могут быть разными по знаку. Соответственно инвертируется разностный сигнал $\Delta H(x)$. Независимо от этого информативный сигнал выделяют вычитанием из разностного сигнала $\Delta H(x)$ постоянного фонового сигнала ΔH_{ϕ} .

В связи с постоянством ΔH_{ϕ} показатель SBR вычисляется как

$$SBR = H_{pp} / \Delta H_{\phi},$$

где H_{pp} – размах зарегистрированного сигнала.

В частности, для рассматриваемого фрагмента распределения (см. рис. 3, а) $SBR = 16$, что значительно выше по сравнению с отношением сигнал–фон одинарного МИП.

По аналогичной методике выделяют информативный сигнал при применении дифференциального МИП, ориентированного на регистрацию нормальной составляющей напряжённости магнитного поля. Присутствующий на выходе МИП разностный фоновый сигнал остаётся практически постоянным на интервале $[(x - b), (x + b)]$, где $x_3 \leq x \leq x_4$ (см. рис. 2, б), и определяется приращением фактического фонового сигнала на отрезке длиной b . Расстояние b не должно превышать половину расстояния между точками 3, 4 распределения нормальной составляющей.

На рис. 3, б показан график разностного сигнала дифференциального МИП с преобразователями Холла (межцентровое расстояние $b = 3$ мм) при регистрации напряжённости магнитного поля дефекта глубиной 2 мм. Расстояние b выбрано

близким расстоянию между экстремумами распределения нормальной составляющей, которое по экспериментальным данным практически не зависит от глубины дефекта. Согласно экспериментальным результатам $SBR = 13$.

На практике при регистрации распределений напряжённости дифференциальным МИП постоянная фоновая составляющая аппаратно компенсируется до нулевого значения.

Следует отметить, что увеличение SBR при регистрации дифференциальными МИП достигается не только за счет отстройки от фонового поля, но и в связи с увеличением (до двух раз) оценочного параметра $H_{\max}$ информативного разностного сигнала. Однако эффективность дифференциального способа увеличения отношения SBR зависит от оптимального выбора расстояния между МИП. При малом расстоянии существенно уменьшается чувствительность преобразователя, а с увеличением этого расстояния возрастает фоновый сигнал.

Выходной сигнал индукционных МИП. Выходной сигнал таких МИП – электродвижущая сила (ЭДС) индукции – пропорционален скорости изменения напряженности магнитного поля. В условиях намагничивания контролируемого объекта постоянным магнитным полем регистрация распределений индуцированной ЭДС вдоль координаты x осуществляется только в динамическом режиме: с постоянной линейной скоростью или в режиме виброперемещения МИП.

Регистрация магнитных полей в режиме виброперемещения МИП более предпочтительна, так как осуществляется при статическом положении корпуса МИП относительно контролируемой поверхности. Вибрирует только индуктивная катушка МИП. Это позволяет проводить регистрацию распределений напряжённости на поверхности незначительных по размерам объектов, в том числе, сложнопрофильных как в автоматизированном, так и в ручном режиме. В данном случае выходной сигнал МИП является периодической функцией времени с основной частотой ω_0 , равной частоте виброперемещения индуктивной катушки.

Как показано в работе [8], в зависимости от положения виброиндукционного МИП относительно центра магнитного поля дефекта формируется специфический для данной точки амплитудный спектр выходного сигнала. При виброперемещении тангенциально ориентированного индукционного МИП над центром магнитного поля дефекта в спектре выходного сигнала в качестве значимых присутствуют гармоники с частотами $2\omega_0$, $4\omega_0$, причём существенно доминирует вторая гармоника $2\omega_0$. Выходной сигнал нормально ориентированного МИП при амплитуде колебаний над центром дефекта до 3 мм в качестве значимых содержит гармоники с частотой ω_0 , $3\omega_0$ с доминированием первой гармоники ω_0 . Для примера на рис. 4 представлена спектрограмма выходного напряжения нормально ориентированного индукционного МИП при его виброперемещении с частотой 120 Гц и амплитудой 2 мм над центром поверхностного дефекта глубиной 3 мм и шириной 0,1 мм.

Таким образом, в процессе сканирования контролируемой поверхности центр магнитного поля дефекта определяется

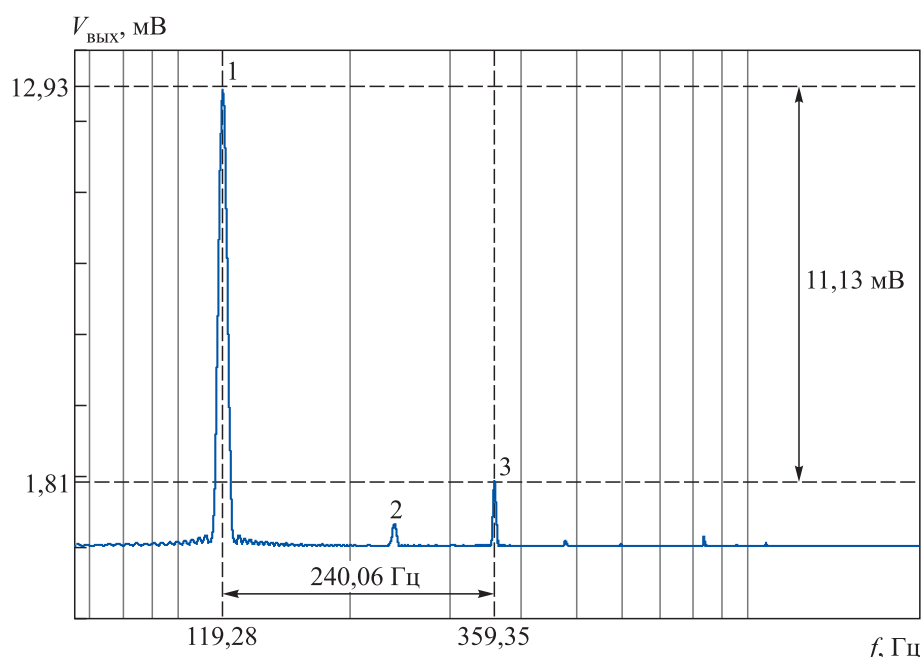


Рис. 4. Спектрограмма выходного напряжения нормально ориентированного индукционного МИП при колебаниях над дефектом; 1–3 – номера гармоник

Fig. 4. Spectrogram of the output signal during oscillations over the defect by the normally oriented MMT; 1–3 – harmonic numbers

по максимумам амплитуд первой и второй гармоник при регистрации соответственно по нормальной и тангенциальной составляющим. Обе выделенные из спектра сигнала гармоники содержат информативную и фоновую составляющую.

Для нормально ориентированного МИП информативная и фоновая составляющие первой гармоники суммируются, так как линейная часть информативного сигнала и интерполяционная прямая фонового сигнала имеют отрицательный наклон. Тогда оценочный параметр информативной составляющей первой гармоники V_1 рассчитывается как

$$V_1 = 2\sqrt{2}(V_{\max 1} - V_{\phi 1}),$$

где $V_{\max 1}$ – измеренное амплитудное значение первой гармоники над дефектом; $V_{\phi 1}$ – измеренное амплитудное значение фоновой составляющей первой гармоники при отсутствии дефекта на том же участке контролируемой поверхности.

Таким образом, отношение сигнал–фон определяется выражением

$$SBR = V_1 / V_{\phi 1}.$$

Согласно экспериментальным данным, полученным авторами настоящей статьи, $SBR = 74$ для рассматриваемого МИП при его колебаниях с амплитудой 2 мм над дефектом глубиной 3 мм и шириной 0,1 мм.

В случае тангенциально ориентированного МИП информативная и фоновая составляющие второй гармоники выходного сигнала находятся в противофазе. Максимум фоновой

составляющей второй гармоники $V_{\phi 2}$ совпадает с центром распределения фонового сигнала по координате x (см. рис. 1). В этом случае отношение сигнал–фон рассчитывается по формуле

$$SBR = 2\sqrt{2}(V_{\max 2} + V_{\phi 2}) / V_{\phi 2},$$

где $V_{\max 2}$ – измеренное амплитудное значение второй гармоники над дефектом; $V_{\phi 2}$ – измеренное амплитудное значение фоновой составляющей второй гармоники в центре распределения по координате x на бездефектном участке.

Значения SBR в этом случае имеют тот же порядок, что и при регистрации нормально ориентированным МИП.

Полученные расчётно-экспериментальные оценки SBR МИП рассмотренных типов свидетельствуют о значительном преимуществе применения виброиндукционных МИП.

Увеличение отношения SBR является одним из факторов повышения точности измерения параметров дефекта. Оценка влияния отношения SBR на погрешность измерения параметров дефекта зависит

от вида функции, описывающей зависимость информативного параметра выходного сигнала МИП от значений контролируемого параметра дефекта. В линейном приближении относительная погрешность измерения контролируемого параметра q обратно пропорциональна значению SBR : $\delta_q = (SBR)^{-1}$.

Заключение. Рассмотренные методическое и техническое обеспечения оценки SBR , а также рекомендации по отстройке от фоновой составляющей целесообразно использовать при экспериментальной отработке методик дефектоскопии контролируемых объектов с целью выбора эффективного способа повышения отношения SBR .

Описанная методика выделения информативного сигнала при регистрации магнитных полей дефектов посредством МИП может использоваться при решении задачи идентификации распределения напряжённости по экспериментальным данным и выполнения дефектометрических оценок с использованием контрольных образцов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке со стороны системы мотивирующих выплат и оценки эффективности профессорско-преподавательского состава Российского технологического университета (НИР № 41-ФТИ).

Список литературы

1. Реутов Ю. Я., Щербинин В. Е., Волков А. В. Возможности выбора преобразователей магнитного поля для дефектоскопии // Дефектоскопия. 2014. № 12. С. 71–85. DOI: 10.1134/S1061830914120080

References

2. Немцов М. В., Трифанов Г. Д. Индукционный датчик определения локальных дефектов в стальных канатах // Измерительная техника. 2018. № 2. С. 55–58. DOI: 10.32446/0368-1025it.2018-2-55-58
3. Серов В. Н., Фетисов Л. Ю., Фетисов Ю. К., Шестakov Е. И. Высокочувствительный магнетометр на основе магнитоэлектрического датчика // Российский технологический журнал. 2016. Т. 4. № 5. С. 24–37. DOI: 10.32362/2500-316X-2016-4-5-24-37
4. Брякин И. В. Магнитодинамический магнетометр для задач дефектоскопии // Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. № 3. С. 35–41.
5. Ключев В. В., Мужикский В. Ф., Горкунов Э. С., Щербинин В. Е. Неразрушающий контроль: Справочник: в 8 т. / Под общ. ред. В. В. Ключева. Т. 6. Кн.1. Магнитные методы контроля. М.: Машиностроение, 2006, 848 с.
6. Бакунов А. С., Горкунов Э. С., Щербинин В. Е. Магнитный контроль: Учеб. пособие / Под общ. ред. В. В. Ключева. М.: Издательский дом «Спектр», 2011, 192 с.
7. Карпов Д. А., Струченков В. И. Динамическое программирование как метод сплайн-аппроксимации в САПР линейных сооружений // Российский технологический журнал. 2019. Т. 7. № 3. С. 77–88. DOI: 10.32362/2500-316X-2019-7-3-77-88
8. Николаев Ю. Л., Шкатов П. Н., Чернова А. В., Саморуков А. А. Моделирование и гармонический анализ сигнала виброиндукционного преобразователя при его перемещении над намагниченным участком с поверхностной трещиной // Приборы. 2019. № 4. С. 17–25.

1. Reutov Y. Y., Shcherbinin V. E., Volkov A. V., *Russian Journal of Nondestructive Testing*, 2014, vol. 50, no. 12, pp. 760–768. DOI: 10.1134/S1061830914120080
2. Nemtsov M. V., Trifanov G. D., *Measurement Techniques*, 2018, vol. 61, no. 2, pp. 166–171. DOI: 10.1007/s11018-018-1404-7
3. Serov V. N., Fetisov L. Y., Fetisov Y. K., Shestakov E. I., *Rossiiskii tekhnologicheskii zhurnal*, 2016, vol. 4, no. 5, pp. 24–37 (in Russian). DOI: 10.32362/2500-316X-2016-4-5-24-37
4. Bryakin I. V., *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2013, no. 3, pp. 35–41 (in Russian).
5. Klyuev V. V., Muzhitskii V. F., Gorkunov E. S., and Shcherbinin V. E., *Nerazrushayushchii kontrol'*, a handbook in 8 vol., vol. 6, book 1 “Magnetic Methods of Testing”, ed. Klyuev V. V., Moscow, Mashinostroenie Publ., 2006, 848 p. (in Russian).
6. Bakunov A. S., Gorkunov E. S., and Shcherbinin V. E., *Magnitnyi kontrol'*, a handbook, ed. V. V. Klyuev, Moscow, Spektr Publ., 2011, 192 p. (in Russian).
7. Karpov D. A., Struchenkov V. I., *Rossiiskii tekhnologicheskii zhurnal*, 2019, vol. 7, no. 3, pp. 77–88. (in Russian). DOI: 10.32362/2500-316X-2019-7-3-77-88
8. Nikolaev Yu. L., Shkatov P. N., Chernova A. V., Samorukov A. A., *Instruments*, 2019, no. 4, pp. 17–25.

Дата поступления: 27.08.2019.

Дата принятия: 24.12.2019.

Estimation of informative and background signals ratio in the registration of magnetic fields of surface defects by magnetic measuring transducers

Yuriy L. Nikolaev, Elina F. Akhmetshina, Aleksey A. Samorukov, Aleksandra V. Chernova

Physical and Technological institute of "MIREA – Russian Technological University", Moscow, Russian Federation,
e-mail: nikolaev_yu@mirea.ru, elina.ahmetschina@yandex.ru, samorukov.alexey@gmail.com, aleks.chernova@gmail.com

Authors propose algorithms for quantitative ratio determining of informative and background components of the output signal of magnetic measuring transducers, used as a means of recording and measuring the parameters of locally distributed magnetic fields that occur over defective surface areas of the tested object in an applied permanent magnetic field. The method of separating the informative and background components based on the summation property and the deterministic nature of the distributions of the magnetic field intensity of the defect and the background magnetic field along the coordinate axis parallel to the controlled surface, and analysis of the topography of the distribution of magnetic field intensity is described. The approach to selection and experimental determination of estimated parameters characterizing the levels of informative and background signals is justified. Authors give the formulas for calculating the signal-to-background ratio based on the measured values of the estimated parameters applied to single magnet-static, differential magnet-static and differentiating magnetic measuring transducers taking into account the orientation direction (normal, tangential) of their sensitivity axis. The signal-to-background ratio calculation results are presented using an example of an analysis of the magnetic measuring transducers output signal when registering the distribution of the magnetic field intensity over the surface of a control sample with artificial defects of a given size. The comparative analysis of considered magnetic measuring transducers according to signal-to-background ratio is carried out. General recommendations to increase the value of the signal-to-background ratio parameter are given.

Key words: magnetic measuring transducers (MMT), magnetic field of defect, signal to background ratio (SBR).