

МЕТОДЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ КОНТРОЛЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ ИЗ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Павлюченко В.В., Дорошевич Е.С.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

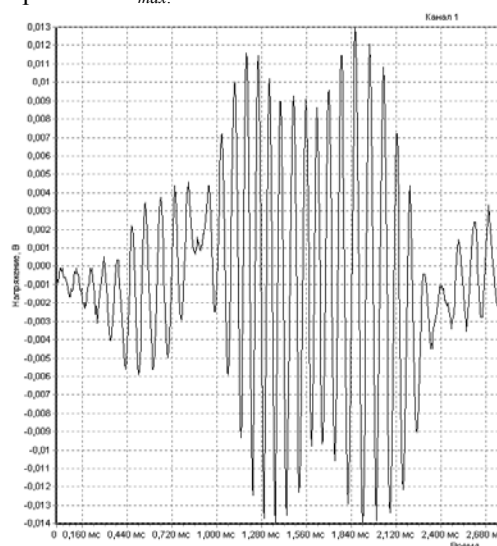
Дискретизация процесса записи магнитного поля осуществляется путем разбиения плоского датчика на отдельные фрагменты, каждый из которых несет информацию о поле. Эти фрагменты могут быть выполнены в виде полос и участков другой формы. Из магнитного носителя изготавливали дискретные датчики в виде параллельных магнитных полос равной ширины, укрепленных на гибкой диэлектрической немагнитной основе [1]. Преимущественное направление намагничивания датчика было в его плоскости, так что на датчик производили запись тангенциальной составляющей H_m . Сканирование датчика индукционной магнитной головкой (МГ) осуществляли в направлении, перпендикулярном осям магнитных полос. Выход МГ был подключен к входу цифрового осциллографа, соединенного с монитором. Измеряли величину индуцированного головкой электрического напряжения U , по которой в соответствии с градуировочными характеристиками датчика находили распределение H_m . Величина пиков U от краев магнитных полос пропорциональна величине H . Ширина магнитных полос составляла $2 \cdot 10^{-4}$ м и $3 \cdot 10^{-4}$ м. Датчики могут быть изготовлены из магнитооптической пленки, флюкс-детекторов и других материалов.

Так как при считывании сигнал возникает от обоих краев магнитных полос с разной полярностью, то амплитуда сигнала удваивается. Сигнал является двухполярным с определением нулевого уровня и получаемые распределения U во времени являются симметричными, что повышает возможности визуальной или автоматической обработки информации. Точность измерения магнитного поля также значительно повышается вследствие большой крутизны обратного участка гистерезисной зависимости $U(H)$.

Воздействуем на дискретный носитель последовательно тремя разнополярными импульсами поля с убывающей амплитудой. Ось излучателя импульсного магнитного поля параллельна магнитным полосам. Положение проекции оси излучателя магнитного поля соответствует минимуму сигнала $U(t)$ в момент времени $t_{1max} = 1,7 \cdot 10^{-3}$ с. В результате получаем распределение $U(t)$, изображенное на рисунке 1 и содержащее четыре максимума в точках $t_{1max} = 5,8 \cdot 10^{-4}$ с, $t_{2max} = 1,3 \cdot 10^{-3}$ с, $t_{3max} = 1,9 \cdot 10^{-3}$ с, $t_{4max} = 2,6 \cdot 10^{-3}$ с и пять минимумов $t_{1min} = 0$,

$t_{2min} = 8 \cdot 10^{-4}$ с, $t_{3min} = 1,7 \cdot 10^{-3}$ с (соответствует положению оси излучателя импульсного магнитного поля, нулевой минимум), $t_{4min} = 2,4 \cdot 10^{-3}$ с, $t_{5min} = 2,9 \cdot 10^{-3}$ с. Впервые получены картины упорядоченных распределений остаточных магнитных полей на носителе и распределений $U(t)$.

По аналогии с интерференцией волн можно ввести понятия максимумов и минимумов интерференции. Под осью линейного излучателя находится нулевой максимум или нулевой минимум. Порядок максимума или минимума определяем по тому, сколько раз на соответствующем ему участке датчика произошло перемагничивание. Тогда на рисунке 1 имеем два максимума второго порядка ($1,3 \cdot 10^{-3}$ с, $1,9 \cdot 10^{-3}$ с) и два максимума первого порядка, нулевой минимум третьего порядка ($1,7 \cdot 10^{-3}$ с), два минимума второго порядка ($8 \cdot 10^{-4}$ с, $2,4 \cdot 10^{-3}$ с), два минимума первого порядка. Использование впервые полученной дискретизации позволяет повысить точность измерения магнитных полей в 2-5 и более раз. Осуществить измерения можно с помощью одного импульса сложной формы (рисунк 2) с получением зависимости $U(t)$ (рисунк 3). На пластину из алюминия [2] воздействовали импульсом магнитного поля со временем нарастания t_{max} .



Воздействие на носитель
тремя импульсами поля

Рисунок 1 - Зависимость $U(t)$,
воспроизведенная МГ

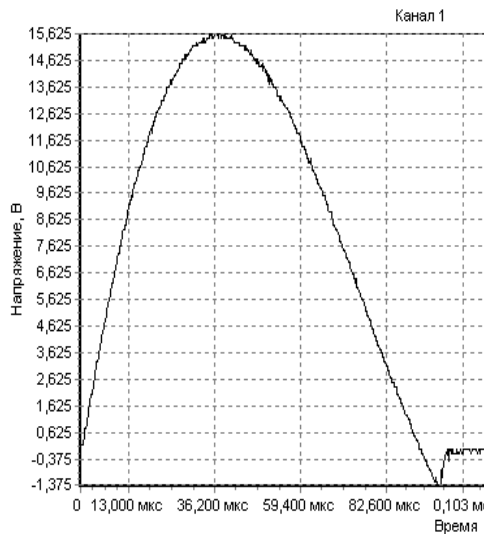


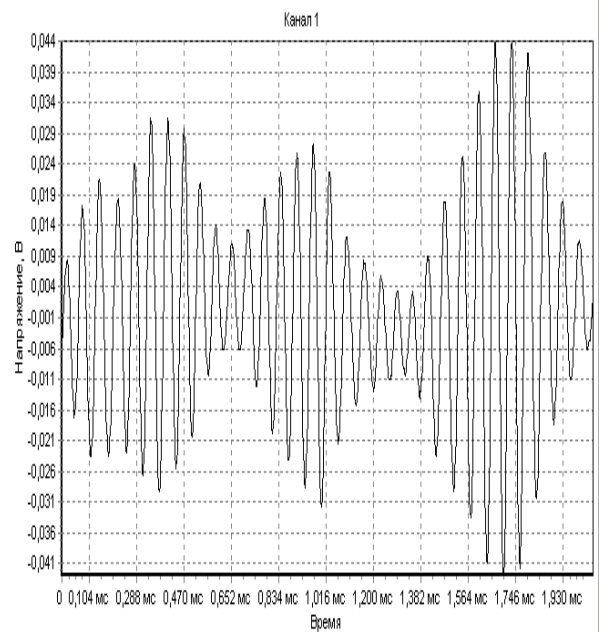
Рисунок 2 - Зависимость $U(t)$, снятая с измерительного сопротивления источника магнитного поля

Увеличение толщины пластины с $1 \cdot 10^{-4}$ м до $1,3 \cdot 10^{-4}$ м приводит к увеличению $H_{\text{тн}}$ вблизи поверхности пластины из алюминия в 1,15 раза. Это соответствует увеличению $U(t)$ с $8,2 \cdot 10^{-2}$ В до $8,8 \cdot 10^{-2}$ В. Тогда в пересчете на диапазон регистрации с верхним пределом $6 \cdot 10^{-2}$ В получаем, что диапазон измерения составляет $4,5 \cdot 10^{-3}$ В. При измерении предложенным способом диапазон измерений равен $5,9 \cdot 10^{-2}$ В (нулевой максимум второго порядка при $t = 1 \cdot 10^{-3}$ с на рисунке 3, равный $5,9 \cdot 10^{-2}$ В, нулевой минимум второго порядка при $t = 1 \cdot 10^{-3}$ с, равный нулю для толщины $1 \cdot 10^{-4}$ м). Отношение пределов допускаемой относительной погрешности δ в данном случае равно отношению обратных величин их диапазонов регистрации сигналов ($4,5 \cdot 10^{-3}$ В и $5,9 \cdot 10^{-2}$ В). Точность измерений повысилась в 13 раз.

Оптические изображения полученных фигур сравнивали с оптическими изображениями эталонных объектов, по которым идентифицировали свойства контролируемого объекта. Метод позволяет контролировать толщину и разнотолщинность объекта, параметры дефектов сплошности в нем, динамическую магнитную проницаемость μ , удельную электропроводность σ и их распределение в объекте.

Проведены теоретические расчеты распределений импульсных магнитных полей [2] с использованием Delphi. Воздействуем на носитель двумя разнополярными импульсами магнитного поля линейного индуктора в направлении x с напряженностью $y = A / (x^2 + 0,36)$, где $y = H_{\text{т}}$. Здесь x измеряется в sm , а y - в A/sm . Такие двухполярные расчетные распределения показаны на рисунке 4: прямая функция

($A=360$, $A_{\text{обр}}=-43$) и зеркальная функция ($A=-360$, $A_{\text{обр}}=43$), $A_{\text{обр}}$ - постоянная для обратного импульса.



Пластина из алюминия толщиной $1,3 \cdot 10^{-4}$ м

Рисунок 3 - Зависимость $U(t)$, воспроизведенная МГ

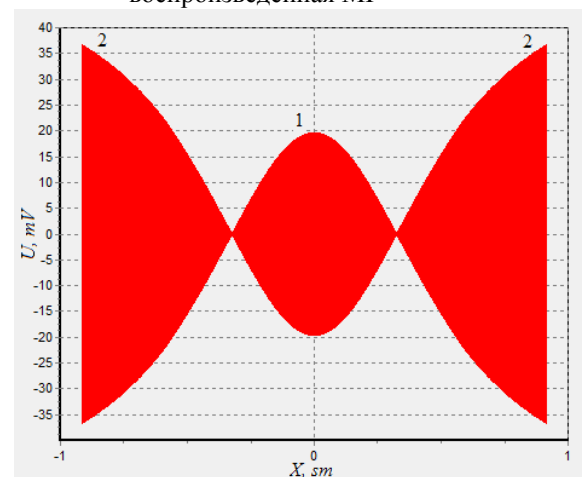


Рисунок 4 - Зависимость U , снимаемого с МГ от расстояния x до проекции оси излучателя,

$$U_m = 40 \text{ mV}$$

Метод, использующий программные расчеты напряженности магнитного поля [3] основан на выделении локального участка магнитного носителя с уровнем напряжения $U = U(x)$ на выходе сканирующего его преобразователя, с отличным от уровня остальной его части сигнала (рисунок 5, участок 1). Выделяют локальный участок, смещают нулевой уровень сигнала, усиливают сигнал, строят зеркальную функцию, создают оптическое изображение магнитного поля.

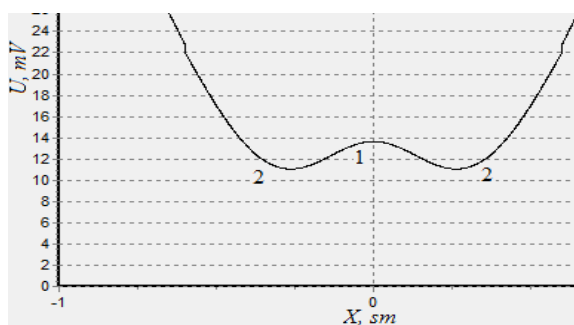


Рисунок 5 – Зависимость U , снимаемого с МГ, от расстояния x до проекции оси излучателя

Последовательность проводимых расчетов: выбор экспериментальной (теоретической) зависимости $U = U(H_\tau)$ для конкретного носителя, представление ее в виде нескольких функций в заданном приближении $U_{il} = U_{il}(H_\tau)$, определение параметров первого воздействующего импульса прямого направления: величины тока линейного индуктора, времени нарастания и спада импульса тока, формы импульса и расстояния от оси линейного индуктора до МН, расчет воздействия найденным импульсом поля на МН и получение зависимости $U = U(t)$ при считывании по которому определяют параметры объекта.

УДК 620.130

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ КОНТРОЛЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ОБЪЕКТОВ

Павлюченко В.В., Сычик В.А., Дорошевич Е.С.
Белорусский национальный технический университет.

На основе исследования вторичных магнитных полей вблизи электропроводящих объектов установлена квазилинейная зависимость величины максимальной тангенциальной составляющей поля $H_{\tau Sm}$ от толщины d объекта, переходящая в экспоненциальную зависимость, при воздействии на объект импульсами поля и экспоненциальная зависимость $H_{\tau Sm}$ от времени нарастания импульсов t_{max} [1]. Разработаны новые методы определения свойств электропроводящих объектов с использованием полученных зависимостей, позволяющие записывать распределения магнитных полей с информацией об объектах на площадях поверхности $1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ и более в течение $1 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ и повышающие точность контроля электрических и магнитных свойств электропроводящих объектов на 40%. Установлено, что величина $H_{\tau Sm}$ на линейном участке упомянутой зависимости прямо пропорциональна величине максимальной тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля первичного источника $H_{\tau 0m}$, прямо пропор-

преобразователем магнитного поля, применение функций $U_i = U_i(H_\tau)$ к зависимости $U_1 = U_1(x)$, определение обратных зависимостей $U_j = U_j(H_\tau)$, создают оптическое изображение магнитного поля, представление этих зависимостей в виде нескольких функций в заданном приближении $U_{i2} = U_{i2}(H_\tau)$, определение параметров второго и последующих импульсов и результатов их воздействия, выбор объекта контроля, повторение указанных действий в присутствии объекта и в его отсутствие и определение свойств объекта путем их сравнения.

Разработанные методы измерения и контроля с дискретизацией и гистерезисом авторы распространяют на все объекты, все носители информации и на все поля.

1. Павлюченко, В.В. Использование магнитного гистерезиса при контроле объектов из электропроводящих материалов в импульсных магнитных полях / В.В. Павлюченко, Е.С.Дорошевич // Дефектоскопия. – 2013. – № 6. – С. 53-68.

2. Павлюченко, В.В. Расчет распределений остаточных магнитных полей при гистерезисной интерференции импульсного магнитного поля / В.В. Павлюченко, Е.С. Дорошевич, В.Л. Пивоваров // Дефектоскопия. – 2015. – №1. – С. 11-20.

циональна величине удельной электропроводности материала σ и обратно пропорциональна t_{max} . Разработана новая физическая модель связи величины $H_{\tau Sm}$ с d , основанная на расчете плотности токов вторичного источника в момент времени, равный четверти периода волны, и определении $H_{\tau Sm}$ [1]. Так, использование найденной зависимости $H_{\tau sm}(d)$ при магнитоимпульсном методе с применением магнитооптической пленки [2] позволяет значительно повысить точность определения параметров изделий. Для каждого времени нарастания воздействующего магнитного поля рассчитывают максимальную величину напряженности магнитного поля согласно найденным экспериментально линейной зависимости и зависимости вида единица минус экспонента этой величины от толщины объекта.

На материал с приложенной к нему магнитооптической пленкой воздействуют импульсами магнитного поля с разными временами нарастания t_{imax} и получают изображения доменной