

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИСТЕРЕЗИСНОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ

В. В. ПАВЛЮЧЕНКО, Е. С. ДОРОШЕВИЧ

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Минск, Беларусь

Целью работы является развитие метода гистерезисной интерференции [1–4], повышающего точность контроля электрических и магнитных свойств, толщины, геометрических параметров и параметров дефектов сплошности электропроводящих объектов. На объект, с приложенным к нему дискретным датчиком магнитного поля (ДДМП) в виде параллельно расположенных магнитных полос, воздействовали импульсом магнитного поля линейного индуктора. Сканирование ДДМП осуществляли индукционной магнитной головкой (МГ), выход которой был подключен к входу цифрового осциллографа, соединенного с монитором. Измеряли величину электрического напряжения U , индуцированного МГ. В результате получали распределение $U(t)$, по которому определяли свойства объекта. При этом находили амплитуду и порядок максимума или минимума напряжения, в зависимости от того, сколько раз на соответствующем им участке ДДМП произошло перемагничивание, считая, что под осью излучателя находится нулевой максимум или нулевой минимум. Так на рис. 1 показаны: I_0^3 – нулевой максимум третьего порядка, $U = 3\text{ мВ}$, I_{1a}^2 – первый максимум второго порядка, левый, $U = 11,5\text{ мВ}$, I_{2b}^1 – второй максимум первого порядка, правый, $U = 16\text{ мВ}$.

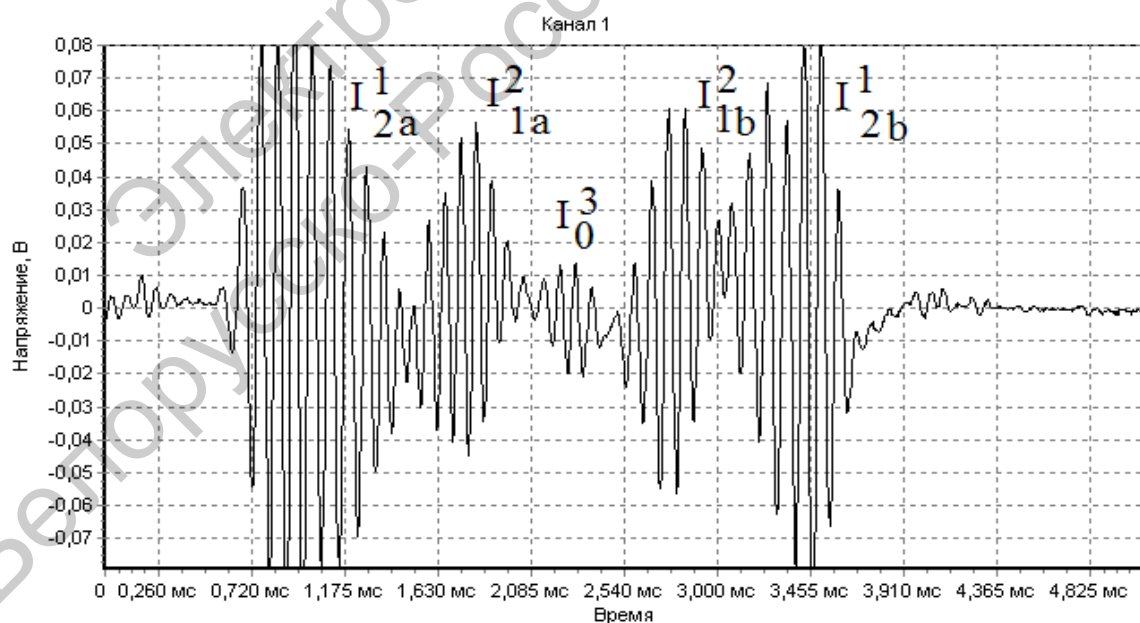


Рис. 1. Определение максимумов электрического напряжения при использовании гистерезисной интерференции магнитного поля

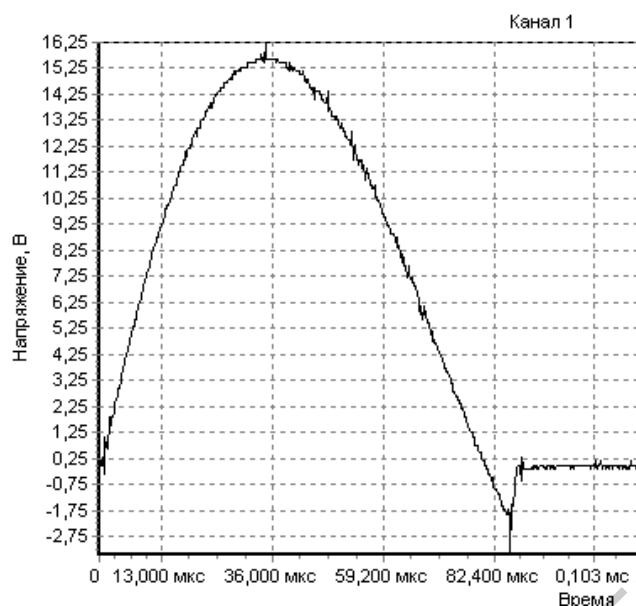


Рис. 2. Зависимость $U(t)$, снятая с измерительного сопротивления источника магнитного поля

Результаты воздействия импульсом магнитного поля с обратным выбросом, показанным на рис. 2, представлены на рис. 3 и 4 для пластин из свинца толщиной соответственно, $0,6 \cdot 10^{-4}$ м и $0,8 \cdot 10^{-4}$ м. Величина нулевого максимума для этих толщин составляет $U = 10$ мВ и $U = 33$ мВ. Таким образом, увеличение толщины пластины свинца на 33 % ведет к увеличению сигнала в 3,3 раза. Полученные результаты могут быть существенно улучшены путем оптимизации параметров воздействующего импульса поля и другими способами.

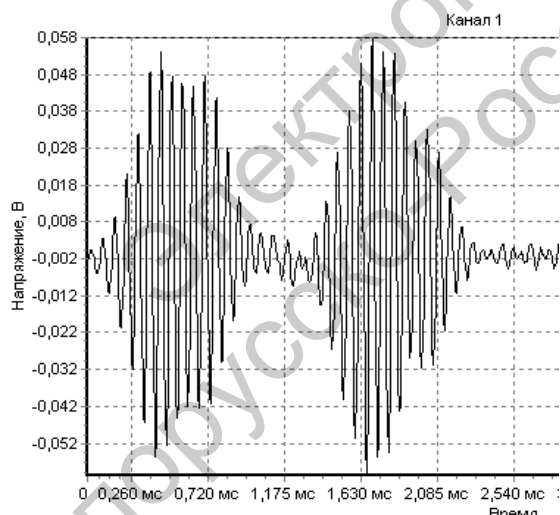


Рис. 3. Зависимость $U(t)$, снятая с МГ

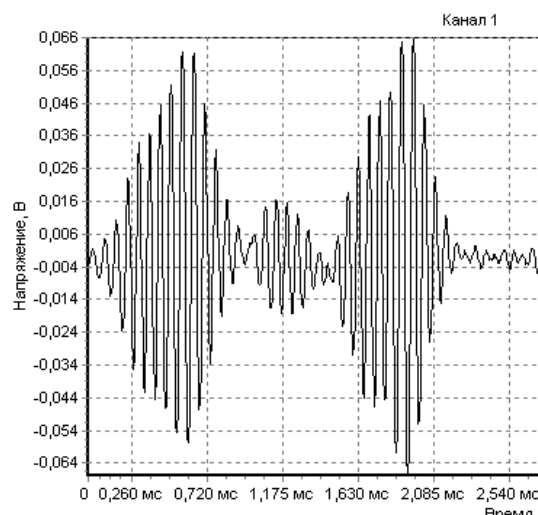


Рис. 4. Зависимость $U(t)$, снятая с МГ

По параметрам интерференционной картины можно определять свойства контролируемых объектов не только с помощью магнитного носителя, но и с помощью других преобразователей магнитного поля, например, пленочных флюкс-детекторов и магнитооптических пленок. Информацию о свойствах объекта несут все точки зависимости $U(t)$ по линии замера (максимумы, минимумы, промежуточные участки). Рис. 4. Зависимость, снятая с МГ

Результаты, представленные на рис. 3 и 4, получены в отраженной полуволне.

На рис. 5–7 показаны зависимости величины электрического напряжения U , снимаемого с индукционной магнитной головки, от времени t , полученные в результате сканирования ДДМП магнитной головкой для образцов из алюминия толщиной соответственно $1,5 \cdot 10^{-5}$ м, $3,0 \cdot 10^{-5}$ м, $4,5 \cdot 10^{-5}$ м. На ДДМП воздействовали одним импульсом магнитного поля линейного индуктора с двумя выбросами разной полярности. Измерения проведены в прошедшей полуволне.

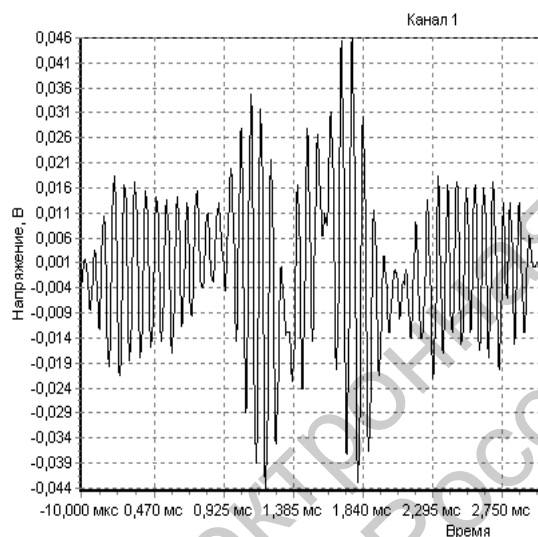


Рис. 5. Зависимость $U(t)$, снятая с МГ

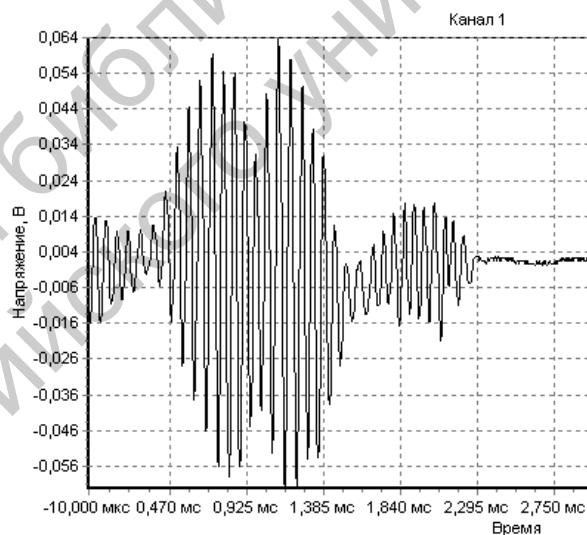


Рис. 6. Зависимость $U(t)$, снятая с МГ

Абсолютная величина нулевого максимума для этих толщин составляет $U_1 = 40$ мВ, $U_2 = 2$ мВ и $U_3 = 70$ мВ. При этом поменялся знак нулевого максимума. Так, с учетом знака $U_1 = -40$ мВ. С увеличением толщины пластины напряженность прошедшего магнитного поля под осью индуктора уменьшилась и стала равной $U_2 = 2$ мВ при толщине $3,0 \cdot 10^{-5}$ м. Дальнейшее увеличение толщины пластины привело к увеличению напряженности магнитного поля, прошедшего через пластину, и увеличению напряжения до величины $U_3 = 70$ мВ при толщине пластины $4,5 \cdot 10^{-5}$ м. При смене знака поменялся также порядок нулевого максимума. Он стал меньше на единицу, так как ДДМП в прошедшем поле под осью индуктора третий раз уже не перемагнитился. В результате диапазон измерения толщины

от $1,5 \cdot 10^{-5}$ м до $4,5 \cdot 10^{-5}$ м составил $U = 110$ мВ, что повысило точность контроля толщины алюминиевых пластин.

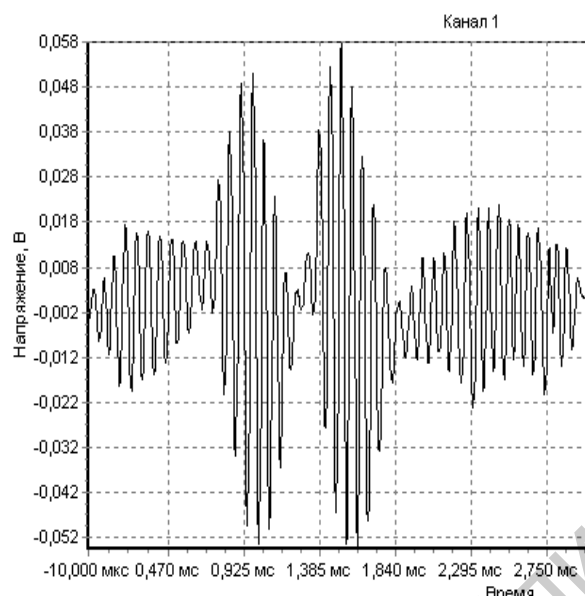


Рис. 7. Зависимость $U(t)$, снятая с МГ

Таким образом, предложенный метод гистерезисной интерференции позволяет записывать информацию о свойствах объектов на площадях в десятки квадратных сантиметров с разрешением информации в плоскости измерения порядка $1,0 \cdot 10^{-5}$ м за время $1,0 \cdot 10^{-4}$ с для определения разнотолщинности и неоднородности материала электропроводящего объекта в указанном диапазоне толщин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Павлюченко, В. В.** Одним импульсом / В.В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 174 с.
2. **Павлюченко, В. В.** Неразрушающий контроль объектов из электропроводящих материалов в импульсных магнитных полях / В. В. Павлюченко, Е. С. Дорошевич // Дефектоскопия. – 2010. – № 11. – С. 29–40.
3. **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.
4. Расчет распределений остаточных магнитных полей при гистерезисной интерференции импульсного магнитного поля / В. В. Павлюченко [и др.] // Дефектоскопия. – 2015. – № 1. – С. 11–20.