

МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ НАМАГНИЧИВАНИИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ ТОКОВОДОВ

Шагова Н. А., доц., к.т.н., доц.; Ивженко А. А., аспирант

(ГОУ ВПО «Луганский национальный университет имени В. Даля», г. Луганск, ЛНР)

Любая задача магнитного контроля состоит из нескольких этапов: подготовка поверхности контроля; намагничивание контролируемой поверхности способом, который является оптимальным для конкретной отдельно взятой детали; считывание полученной магнитной информации при помощи магниточувствительных элементов; обработка этих данных и получение окончательного результата о наличии либо отсутствии дефектов на контролируемой поверхности, или параметрах (ширина раскрытия, глубина, протяженность) дефектов; размагничивание.

Причем особенности этапа намагничивания контролируемой поверхности в зависимости от зондирующего устройства, конфигурации контролируемой детали, наличия негладкости поверхности могут отличаться.

В данной работе предлагается в качестве источника зондирующего поля использовать провода с током, расположенные над поверхностью, которую необходимо намагнитить. Основой математической модели зондирующего поля (1), созданного слоем тока над поверхностью контролируемой детали, является интегральное уравнение Фредгольма 2-го рода [1]:

$$\varphi_i = \frac{1}{4\pi\mu_0} \left[\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \sigma_j \frac{1}{|r_i - r_j|} \Delta S_j + \sigma_j \int_{\Delta S_j} \frac{1}{|r_{ij}|} dS_j \right]. \quad (1)$$

Для расчета поля, создаваемого тоководами над поверхностью, предложен метод, который заключается в определении частотного спектра плотности тока над поверхностью, что дает возможность определить магнитное поле при различных конфигурациях токовода (рис. 1).

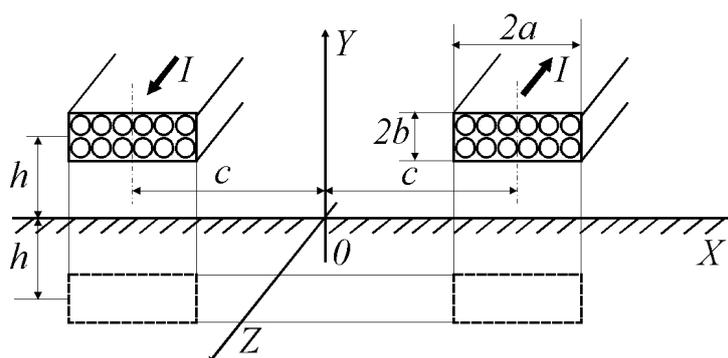


Рисунок 1 – Система тоководов

Напряженность поля от нити с током определяется подсчетом магнитной напряженности от всех линий с током в виде суммы (2), которая в свою очередь заменяется интегралом (3):

$$H_x = \frac{1}{2\pi} \sum_{\xi=b}^c I(\xi_n) \cdot \Delta \xi \cdot \frac{y}{(x - \xi_n)^2 + y^2}; \quad H_y = \frac{1}{2\pi} \sum_{\xi=b}^c I(\xi_n) \cdot \Delta \xi \cdot \frac{x - \xi_n}{(x - \xi_n)^2 + y^2}, \quad (2)$$

$$H_x = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} I(\xi) \cdot \frac{y}{(x-\xi)^2 + y^2} d\xi; \quad H_y = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} I(\xi) \cdot \frac{x-\xi}{(x-\xi)^2 + y^2} d\xi. \quad (3)$$

В результате, используя теорему о свертке, можно определить напряженность магнитного поля, но не в виде явных функций, а в виде спектров

$$S_x(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x}{x^2 + y^2} \cdot e^{-j\omega x} \cdot dx = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x}{x^2 + y^2} \cdot \cos \omega x \cdot dx - j \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x}{x^2 + y^2} \cdot \sin \omega x \cdot dx,$$

$$H_x(\omega) = \pi \cdot I(\omega) \cdot e^{-|\omega y|} \quad (\pi \cdot e^{-|\omega y|} \text{ функция четная}),$$

$$H_y(\omega) = \pm j \cdot \pi \cdot I(\omega) \cdot e^{-|\omega y|} \quad (\pm j \cdot \pi \cdot e^{-|\omega y|} \text{ функция нечетная}).$$

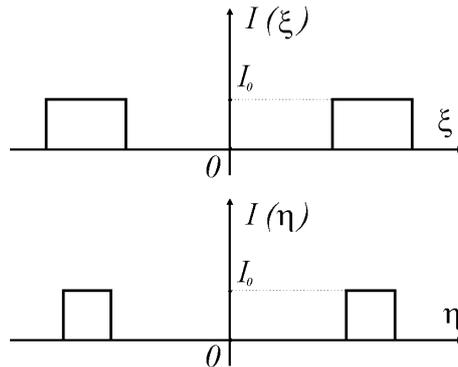


Рисунок 2 – Аппроксимация токов, протекающих по тоководам

Рис. 2 показывает аппроксимацию токов тоководов в зависимости от их геометрических размеров. При объемном распределении токов, их плотность может быть записана в виде

$$I(\xi, \eta) = N(\xi) \cdot M(\eta),$$

где $\xi = x$, $\eta = y$.

Спектр напряженности магнитного поля равен

$$H_x(\omega) = \pi N(\omega) e^{-|\omega y|} \int_0^{\infty} M(\eta) e^{-\omega \eta} d\eta; \quad H_y(\omega) = \pm j \pi N(\omega) e^{-|\omega y|} \int_0^{\infty} M(\eta) e^{-\omega \eta} d\eta;$$

здесь $N(\omega)$ – комплексный спектр функции $N(\xi)$; $M(\omega) = \int_0^{\infty} M(\eta) e^{-\omega \eta} d\eta$.

Путем выполнения обратного преобразования Фурье находятся значения составляющих напряженности магнитного поля H_x и H_y .

Предложенная методика использовалась для расчета магнитных полей ферромагнитных изделий, имеющих сложную конфигурацию и характеризующихся негладкостью контролируемой поверхности [2], а также для анализа параметров магнитных полей в дугогасительных устройствах коммутационных аппаратов [3].

Перечень ссылок

1. Курбатов, П. А. Численный расчет электромагнитных полей / П. А. Курбатов, А. С. Аринчин. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 168 с.
2. Жученко, Н. А. Совершенствование систем дефектоскопии деталей ходовой части подвижного состава : дис. ...канд. техн. наук / Н. А. Жученко. – Луганск, 2007. – 201 с.
3. Комиссаренко, А. И. Разработка алгоритма САПР дугогасительных устройств коммутационных аппаратов с оптимальными параметрами / А. И. Комиссаренко // Вісник СНУ ім. В.Даля. – Луганск, из-во СНУ ім. В.Даля. – 2007. – № 5 (111). – ч. 1.–С. 188-195.