

МЕТОД АППРОКСИМАЦИИ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ СЕРДЕЧНИКОВ ФЕРРОЗОНДОВ

© 2021 г. **Владимир Сергеевич Безкорвайный***, **В. В. Яковенко***, **С. Н. Швец****

Луганский государственный университет имени Владимира Даля,

91034 г. Луганск, кв. Молодежный 20а

** - volk207@yandex.ru; ** - myblok@yandex.ru*

Предлагается новый метод расчета зависимости функции дифференциальной магнитной проницаемости (ДМП) разомкнутых сердечников феррозондовых чувствительных элементов. Зависимость $H(B)$ материала сердечников аппроксимируется кубическими сплайнами. Применение сплайнов повышает точность аппроксимации и упрощает процедуру расчета. На i -ом участке аппроксимации имеем:

$$H_M(B) = a_i(B - B_i)^3 + b_i(B - B_i)^2 + c_i(B - B_i) + d_i. \quad (1)$$

При $\mu_M \gg m$, можно считать, что на каждом участке аппроксимации размагничивающая напряженность поля разомкнутого сердечника равна $H_\phi = (B - B_i) / (\mu_0 \cdot m)$. Поскольку $H_M = H - H_\phi$, где H – напряженность магнитного поля вне сердечника, для i -го участка аппроксимации имеем:

$$H = a_i(B - B_i)^3 + b_i(B - B_i)^2 + c_i(B - B_i) + d_i + \frac{B - B_i}{\mu_0 \cdot m}. \quad (2)$$

Дифференцируя левую и правую стороны (2), получаем:

$$\mu(B) = \frac{1}{\mu_0} \frac{dB}{dH} = \frac{1}{\mu_0 \left[3a_i(B - B_i)^2 + 2b_i(B - B_i) + c_i \right] + \frac{1}{m}}. \quad (3)$$

Остается установить зависимость между индукцией и напряженностью внешнего поля $B(H)$. Для этого предлагается следующий метод последовательных приближений (рис. 1) решения нелинейного уравнения $H = H(B) + (1/\mu_0 \cdot m)B$. Пусть мы имеем некоторое значение внешнего поля H , эту величину считают первым значением размагничивающего поля $H_\phi^{(1)}$. По формуле $B^{(1)} = \mu_0 m H_\phi^{(1)}$ определяется первое приближение магнитной индукции. По формуле (1) рассчитывается напряженность поля внутри материала $H_M^{(1)}$ и находится второе приближение $H_\phi^{(2)}$: $H_\phi^{(2)} = H_\phi^{(1)} - H_M^{(1)}$, для n -го приближения $H_\phi^{(n)} = H_\phi^{(1)} - H_M^{(n-1)}$. Процесс расчета повторяется до тех пор, пока $H_\phi^{(n-1)} - H_\phi^{(n)} \leq \Delta H_\phi$, где ΔH_ϕ – заданная погрешность расчета.

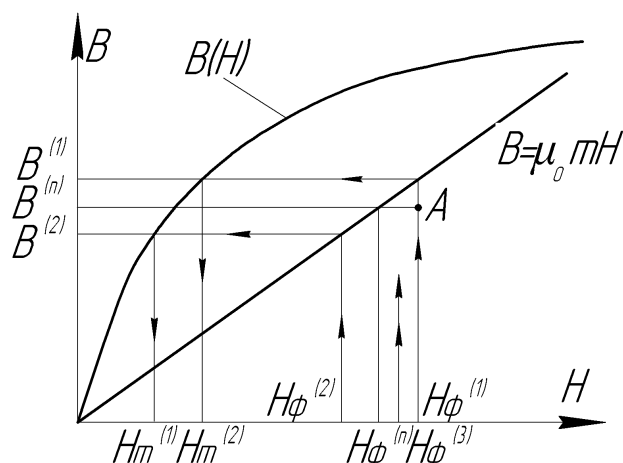


Рис. 1. Метод последовательных приближений расчета

Процесс последовательных приближений сходится, так как каждое новое значение H_ϕ находится между двумя предыдущими. В результате расчета имеем величину индукции $B^{(n)}$, которая соответствует выбранному значению напряженности поля H . С помощью (3) определяется $\mu(B)$ и, таким образом, устанавливается соответствие между значением напряженности внешнего поля H и дифференциальной магнитной проницаемостью.

Аппроксимация функции $H_m(B)$ осуществляется упрощенным методом, при котором коэффициенты сплайна на i -ом участке ($H_i \leq H \leq H_{i+1}$) определяются по данным, полученным на четырех интервалах (H_{i-1}, B_{i-1}) ; (H_i, B_i) ; (H_{i+1}, B_{i+1}) ; (H_{i+2}, B_{i+2}) для которых оправданы следующие соотношения:

$$a_i = (H_{i+2} - 3H_{i+1} + 3H_i - H_{i-1}) \frac{1}{6h^3}; \quad e_i = (H_{i+1} - 2H_i + H_{i-1}) \frac{1}{2h^2};$$

$$c_i = (6H_{i+1} - 3H_i - 2H_{i-1} - H_{i+2}) \frac{1}{6h}; \quad d_i = H_i,$$

здесь h – длина интервалов аргумента.

Определение значений ДМП для заданных величин H может осуществляться с помощью компьютерных программ. Расчеты показывают, что точность аппроксимации $\mu(H)$ выполняется с ошибкой, не превышающей 1-2%. Рассмотренный выше метод аппроксимации зависимости $\mu(H)$ может использоваться для компьютерного расчета функции преобразования феррозондовых датчиков механических величин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Ю. В. Феррозондовые приборы. Ленинград: Издательство «Энергия». 1986. – 188 с.