

Работа 3.4.5

Петля гистерезиса (динамический метод)

Цель работы: изучение петель гистерезиса ферромагнитных материалов с помощью осциллографа.

В работе используются: автотрансформатор, понижающий трансформатор, интегрирующая цепочка, амперметр, вольтметр, электронный осциллограф, делитель напряжения, тороидальные образцы с двумя обмотками.

Схема установки

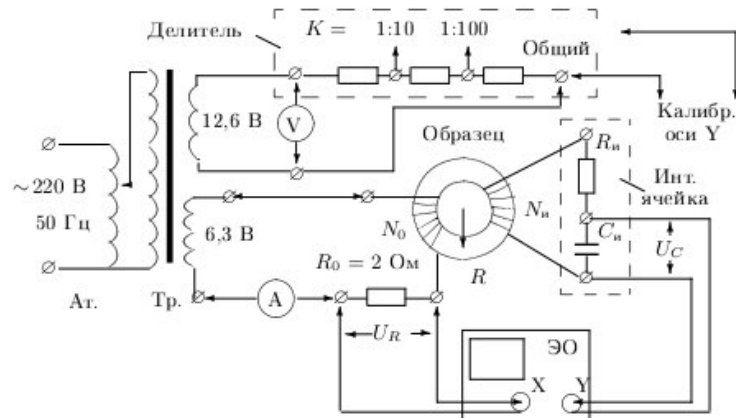


Рис. 1: Схема установки для исследования намагничивания образцов

Теория

Цена деления оси X [А/м] осциллографа:

$$H = \frac{IN_0}{2\pi R} \quad (1)$$

Цена деления оси Y [Тл] осциллографа:

$$B = \frac{R_i C_i U_{\text{вых}}}{SN_i} \quad (2)$$

Постоянная времени:

$$\tau = RC = \frac{U_{\text{вх}}}{\Omega U_{\text{вых}}} \quad (3)$$

Дифференциальная магнитная проницаемость:

$$\mu_{\text{дифф}} = \frac{1}{\mu_0} \frac{dB}{dH} \quad (4)$$

Исполнение

Феррит

$$K_x = 20 \text{ мВ} \quad K_y = 20 \text{ мВ} \quad I = 109 \text{ мА}$$

$$S = 3.0 \text{ см}^2 \quad 2\pi R = 25 \text{ см}$$

$$N_0 = 35 \quad N_u = 400$$

Цены деления осциллографа, рассчитанные по формулам (1), (2):

$$c_H = 9.3 \text{ А/м} \quad c_B = 0.067 \text{ Тл}$$

Коэрцитивная сила:

$$H_c = (7 \pm 1) \text{ А/м}$$

Индукция насыщения:

$$B_s = 0.13 \pm 0.01 \text{ Тл}$$

Дифференциальная магнитная индукция по формуле (4) (см. графики):

$$\mu_{\text{дифф}} = 2900 \pm 400$$

Пермаллой

$$K_x = 20 \text{ мВ} \quad K_y = 1 \text{ В} \quad I = 139.6 \text{ мА}$$

$$S = 3.8 \text{ см}^2 \quad 2\pi R = 24 \text{ см}$$

$$N_0 = 40 \quad N_u = 200$$

$$c_H = 11 \text{ А/м} \quad c_B = 0.52 \text{ Тл}$$

$$H_c = 24 \pm 2 \text{ А/м} \quad B_s = 0.6 \pm 0.1 \text{ Тл}$$

$$\mu_{\text{дифф}} = 64000$$

Кремнистое железо

$$K_x = 50 \text{ мВ} \quad K_y = 50 \text{ мВ} \quad I = 356 \text{ мА}$$

$$S = 1.2 \text{ см}^2 \quad 2\pi R = 10 \text{ см}$$

$$N_0 = 35 \quad N_u = 350$$

$$c_H = 58 \text{ А/м} \quad c_B = 0.48 \text{ Тл}$$

$$H_c = 58 \pm 11 \text{ А/м} \quad B_s = 1.3 \pm 0.1 \text{ Тл}$$

$$\mu_{\text{дифф}} = 125000$$

Калибровка. Осциллограф откалиброван верно, см. тетрадь.

Постоянная времени. Значения постоянной времени, рассчитанной по формуле

$$\tau_0 = R_{\text{и}} C_{\text{и}} = 0.4 \text{ с}$$

и по формуле (3) $\tau = 0.38$ совпадают.

$$R = 20000 \text{ Ом} \gg \frac{1}{\Omega C} = 1000 \text{ Ом}$$

Таблица 1: Результаты эксперимента

	Феррит	Пермаллой	Кремнистое железо
$H_c, \text{ А/м}$	7/8-600	24/4	58/8
$B_s, \text{ Тл}$	0.13/0.2-0.4	0.6/1.08	1.3/2.0
$\mu_{\text{дифф}}$	2900	64000	125000

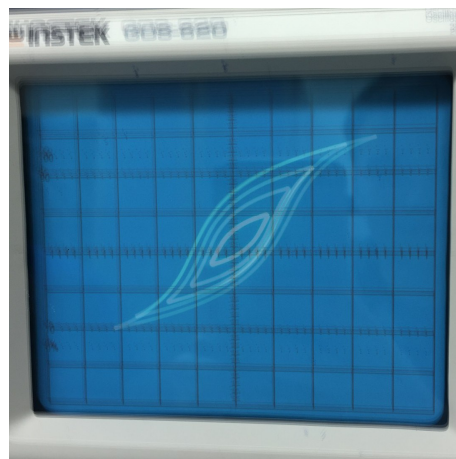
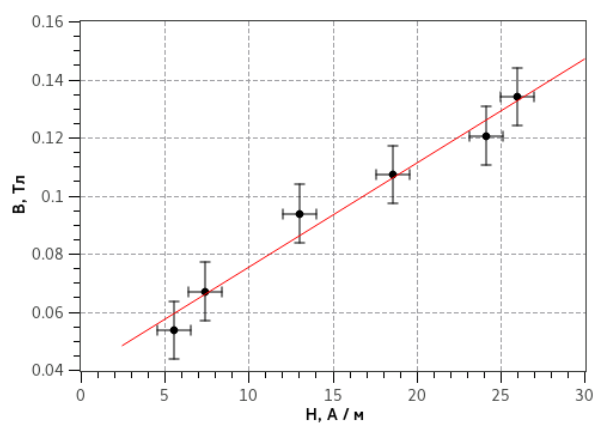


Рис. 2: Начальная кривая намагничивания для феррита

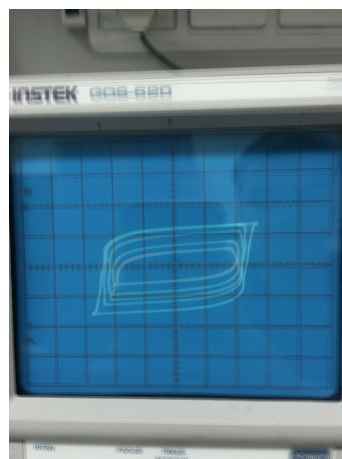
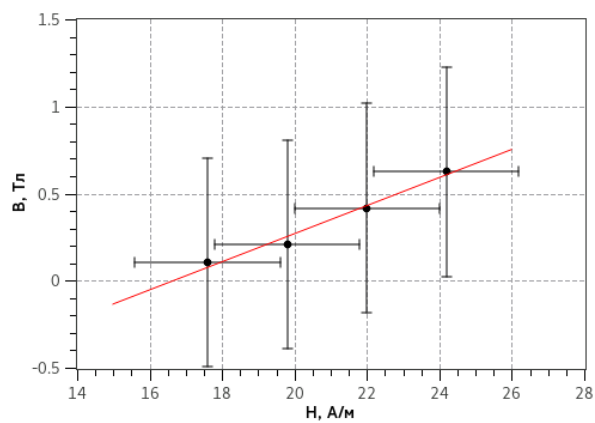


Рис. 3: Начальная кривая намагничивания для пермаллоя

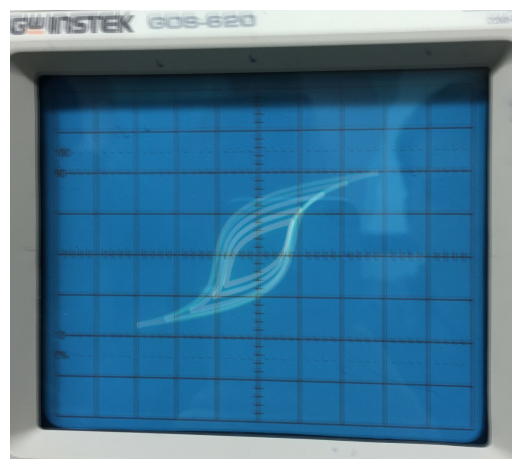
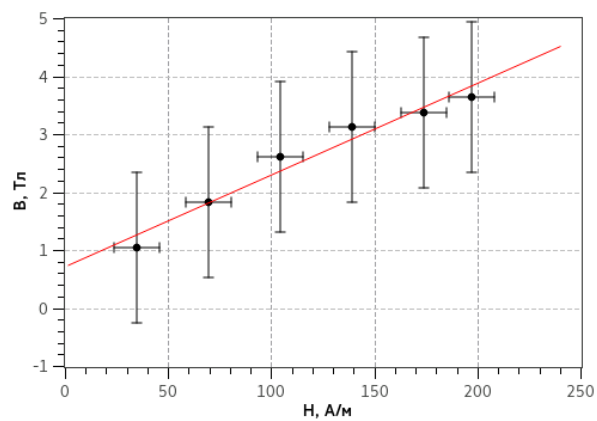


Рис. 4: Начальная кривая намагничивания для кремнистого железа