

Лабораторная работа 3.4.5

Петля гистерезиса

Кагарманов Радмир Б01-106

14 ноября 2022 г.

Цель работы: при помощи осциллографа исследовать предельные петли гистерезиса и начальные кривые намагничивания для нескольких ферромагнитных образцов; определить магнитные характеристики материалов, чувствительность каналов X и Y осциллографа и постоянную времени τ интегрирующей цепочки.

В работе используются: автотрансформатор, понижающий трансформатор, интегрирующая ячейка, амперметр и вольтметр(мультиметры), резистор, делитель напряжения, электронный осциллограф, тороидальные образцы с двумя обмотками.

Теория

К ферромагнетикам принадлежат железо, никель, кобальт, гадолиний, их многочисленные сплавы с другими металлами. К ним примыкают ферриты - диэлектрики со структурой антиферромагнетика.

Магнитная индукция B и напряжённость магнитного поля H в ферромагнитном материале неоднозначно связаны между собой: индукция зависит не только от напряжённости, но и от предыстории образца. Связь между индукцией и напряжённостью поля типичного ферромагнетика иллюстрирует рис. 1.

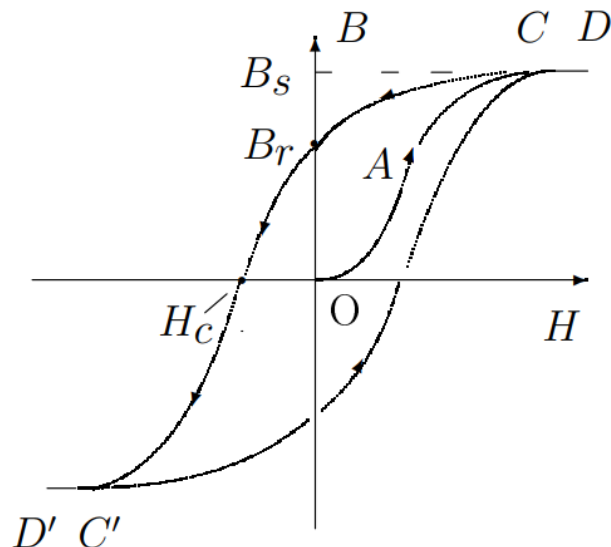


Рис. 1: Петля гистерезиса

Экспериментальная установка

Схема установки представлена на рис. 2. Напряжение от сети (220 В, 50 Гц) с помощью трансформаторного блока Т, состоящего из регулировочного автотрансформатора (или реостата R_1 , включённого как потенциометр), подаётся на намагниченную обмотку N_0 исследуемого образца.

В цепь намагничивающей катушки, на которую подаётся напряжение $U_0 = 6,3$ В, последовательно включены амперметр А и резистор с сопротивлением R_0 .

Напряжение на R_0 , равное $U_R = R_0 I_0$, подаётся на канал X электронного осциллографа(ЭО). Связь между напряжённостью H в образце и током I_0 рассчитываются по теореме о циркуляции.

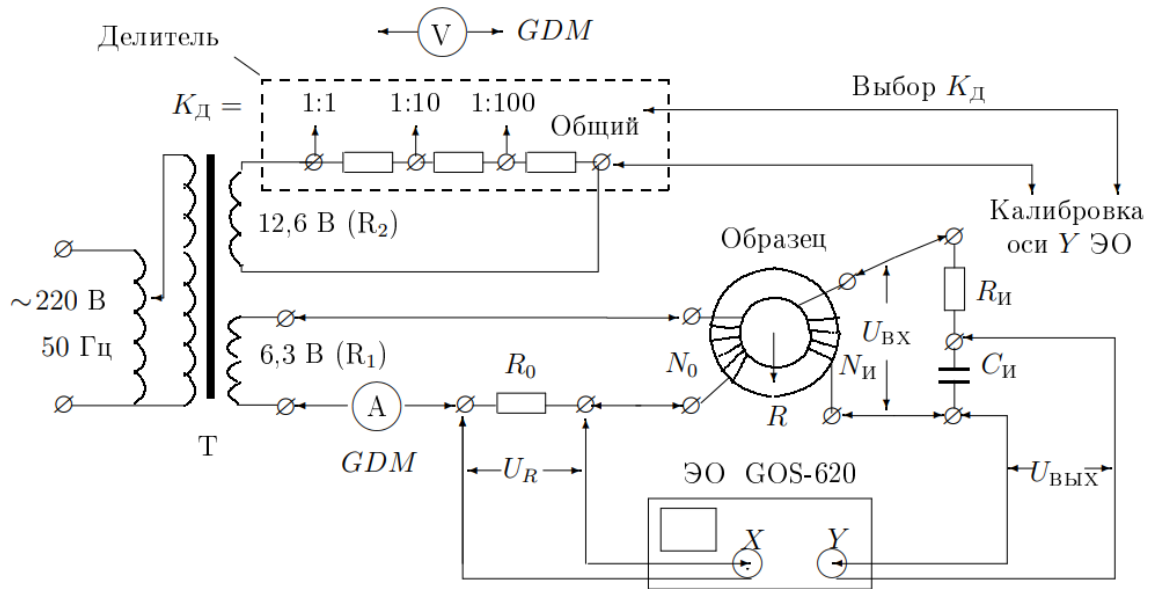


Рис. 2: Петля гистерезиса

Для измерения магнитной индукции B с измерительной обмотки $N_{\text{и}}$ на вход интегрирующей RC -цепочки подаётся входное напряжение $U_{\text{и}} = U_{\text{вх}}$, пропорциональное производной dB/dt , а с выхода цепочки снимается напряжение $U_{\text{с}} = U_{\text{вых}}$, пропорциональное величине B , и подаётся на канал Y ЭО. Значение индукции поля B рассчитывается по формуле:

$$|B| = \frac{\tau_{\text{и}}}{SN} U_{\text{вых}}, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{и}} = R_{\text{и}}C_{\text{и}}$ - постоянная времени RC -цепочки. SN - площадь и количество витков.

Постоянную времени RC -цепочки можно определить экспериментально. С обмотки 6,3 В на вход интегрирующей цепочки подаётся синусоидальное напряжение $U_{\text{вх}}$ с частотой $\nu = \omega/2\pi = 50$ Гц. На канал Y ЭО или на цифровой вольтметр поочерёдно подаются сигнала со входа ($U_{\text{вх}}$) и выхода ($U_{\text{вых}}$) RC -цепочки. Измерив амплитуды этих сигналов, можно рассчитать постоянную времени по формуле:

$$\tau = RC = \frac{U_{\text{вх}}}{\omega U_{\text{вых}}} \quad (2)$$

Обработка результатов

1. Посчитаем коэффициенты преобразования отклонений по осям ЭО в напряжённость и индукцию.

$$H = \frac{IN_0}{2\pi R} \quad (3)$$

$$B = \frac{R_{\text{и}}C_{\text{и}}}{SN_{\text{и}}} U_{\text{вых}} \quad (4)$$

Получаем:

Кремнистое железо: $k_H = 350$, $k_B = 9,52$.

Феррит 1000нн: $k_H = 140$, $k_B = 3,33$.

Пермаллой: $k_H = 145,8$, $k_B = 4,78$.

2. Для каждого образца рассчитаем коэрцитивное поле H_c и остаточную индукцию B_r .

Кремнистое железо: $H_c = 32,6 \frac{\text{А}}{\text{м}}, B_r = 0,90 \text{ Тл}$. Феррит 1000нн: $H_c = 4,4 \frac{\text{А}}{\text{м}}, B_r = 0,33 \text{ Тл}$. Пермоллой: $H_c = 19,6 \frac{\text{А}}{\text{м}}, B_r = 0,81 \text{ Тл}$.

3. По начальным кривым намагничивания оценим начальные и максимальные значения дифференциальной магнитной проницаемости $\mu_{\text{диф}} = dB/dH$.

Занесём все результаты в таблицу, для некоторых величин будет записано табличное значение в скобочках.

Амплит.	Fe-Ni	Fe-Si	Феррит
$H_c, \frac{\text{А}}{\text{м}}$	19,6(4)	32,6(40)	4,4(4-100)
$B_s, \text{ Тл}$	0,81(1,05)	0,90(1,95)	0,33(0,3-0,4)
$\mu_{\text{нач}}$	-	-	-
$\mu_{\text{макс}}$	21	4	-

Вывод: в данной лабораторной работе мы исследовали предельные петли гистерезиса для трёх образцов, определили магнитные характеристики этих образцов, проверили чувствительность каналов осциллографа.