

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
ФИЗТЕХ-ШКОЛА РАДИОТЕХНИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лабораторная работа 3.4.5
Петля Гистерезиса (динамический метод)

Устюжанина Мария
Группа Б01-107

Цель работы: изучение петель гистерезиса различных ферромагнитных материалов в переменных полях.

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

1 Экспериментальная установка

Схема установки изображена на рис. ???. Напряжение сети (220 В, 50 Гц) с помощью трансформаторного блока Т, состоящего из регулировочного автотрансформатора и разделительного понижающего трансформатора, подаётся на намагничивающую обмотку N_0 исследуемого образца.

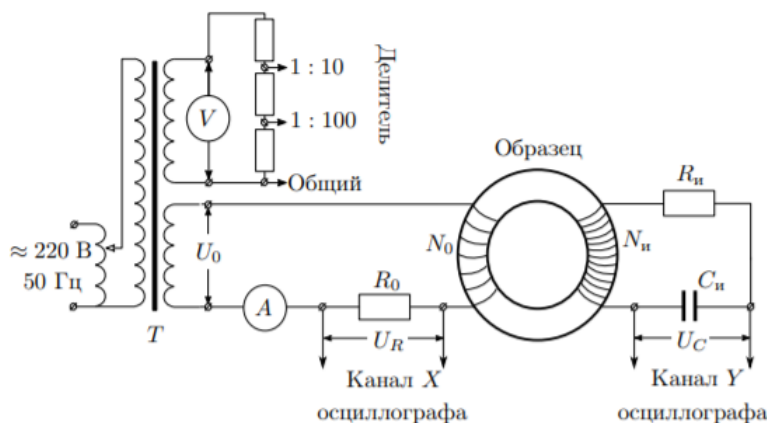


Рис. 1: Схема установки для исследования намагничивания образцов

В цепь намагничивающей катушки, на которую подаётся некоторое напряжение U_0 , последовательно включено сопротивление R_0 . Напряжение на R_0 , равное $U_R = R_0 I_0$, где I_0 — ток в намагничивающей обмотке N_0 , подаётся на канал X осциллографа. Связь напряжённости H в образце и тока I_0 рассчитывается по теореме о циркуляции. Действующее значение переменного тока в обмотке N_0 измеряется амперметром А. Для измерения магнитной индукции B с измерительной обмотки N_n на вход RC-цепочки подаётся напряжение U_n ($U_{вх}$), пропорциональное производной dB/dt . С интегрирующей ёмкости C_n снимается напряжение U_C ($U_{вых}$), пропорциональное величине B , и подаётся на вход Y осциллографа. Значение индукции поля B рассчитывается по формуле (??). Замкнутая кривая, возникающая на экране, воспроизводит в некотором масштабе (различном для осей X и Y) петлю гистерезиса. Чтобы придать этой кривой количественный смысл, необходимо установить масштабы изображения, т. е. провести калибровку каналов X и Y осциллографа.

2 Ход работы

2.1 Измерение петли гистерезиса

1. Соберем схему, подключаем в сеть. Параметры установки $R_n = 20$ кОм, $C_n = 20$ мкФ, $R_0 = 0.2$ Ом. Параметры образцов:
2. Подбираем ток питания и коэффициенты усиления ЭО так, чтобы предельная петля гистерезиса занимала большую часть экрана.

	Кремнистое железо	Феррит	Пермаллой
N_0 , витков	20	42	15
N_n , витков	200	400	300
S , см ²	2	3	0,66
$2\pi R$, см	11	25	14,1

3. Снимаем начальную кривую намагничивания: плавно уменьшая ток намагничивания до нуля, будем отмечать вершины наблюдаемых частных петель. Кривая, соединяющая эти вершины, проходит вблизи начальной кривой намагничивания.

	Кремнистое железо	Феррит	Пермаллой
K_X , В/дел	0,19	0,048	0,048
K_Y , В/дел	0,038	0,015	0,038
I , А	2.24	0.73	0,66

4. По экрану ЭО измеряю полную ширину и высоту предельных петель - $2X_s$ и $2Y_s$, соответствующие удвоенной амплитуде колебания напряженности H_s и индукции B_s поля в образце в состоянии насыщения.

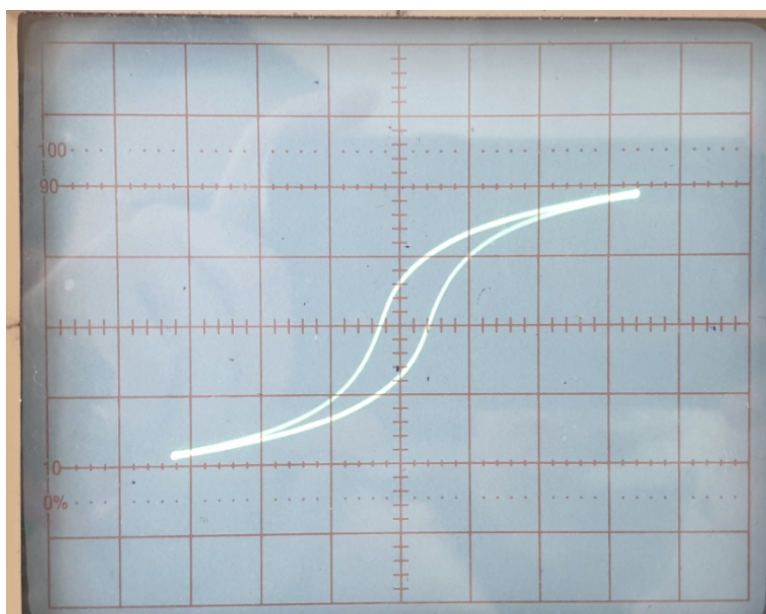


Рис. 2: Петля гистерезиса для кремниего железа

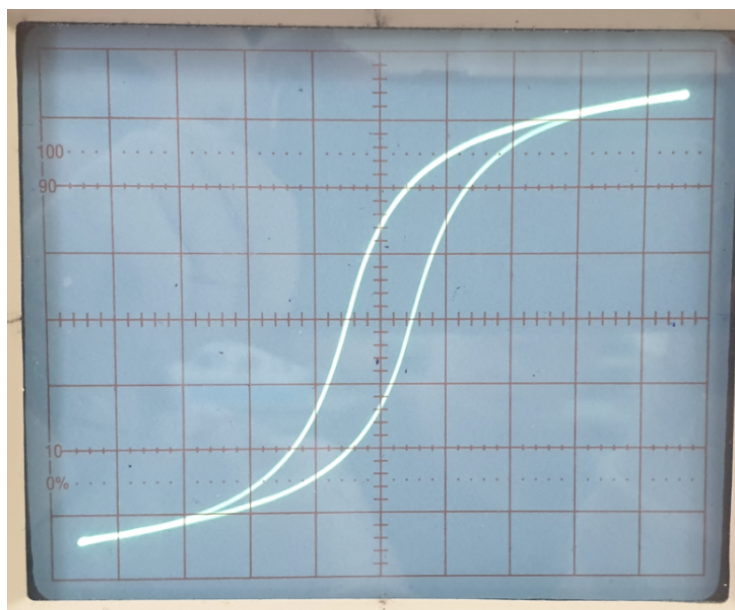


Рис. 3: Петля гистерезиса для феррита

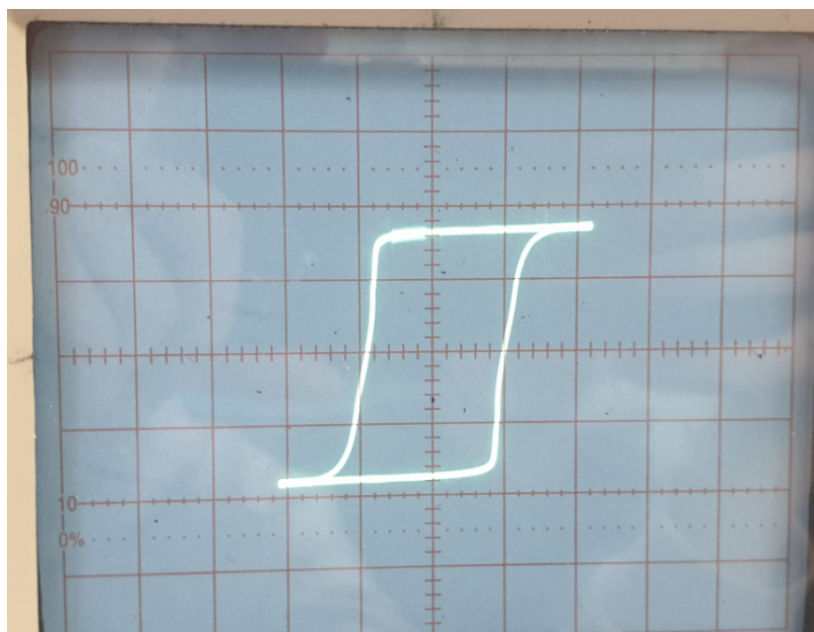


Рис. 4: Петля гистерезиса для пермаллоя

5. Также измерим $2X_c$ - ширина петли на пересечении с осью абсцисс и $2Y_c$ - высота петли на пересечении с осью ординат.

Значения, полученные в пунктах 4 - 5 представлены в таблице:

2.2 Определение параметров RC-ячейки

6. Измерим постоянную времени RC-ячейки. Для этого разберем цепь тороида и подадим на вход ячейки синусоидальное напряжение с обмотки U_0 понижающего трансформатора. Подключим

	Кремнистое железо	Феррит	Пермаллой
$2X_s$, дел	7	9	4,2
$2Y_s$, дел	3,9	6,8	3,6
$2X_c$, дел	0,7	1	1,8
$2Y_c$, дел	1,4	2,8	3,4

Y-вход ЭО ко входу интегрирующей ячейки и отключим X-вход ЭО. Определим входное напряжение на RC-цепочке: $U_{вх} = 4,26В$. Не меняя тока, переключим Y-вход ЭО к выходу ячейки и аналогичным образом определим напряжение $U_{вых} = 0,033В$. Тогда (с учётом $\nu = 50$ Гц)

$$\tau = \frac{U_{вх}}{\omega U_{вых}} = 0.41 \text{ с}$$

Рассчитывая через параметры цепи, $\tau = R_{и}C_{и} = 0.4$ с, что почти равно полученному.

2.3 Обработка результатов

7. Рассчитаем коэрцитивную силу и индукцию насыщения для каждого образца и сравним с табличными. При расчетах будем использовать формулы связи напряженности и тока в тороидальном образце: $H = \frac{IN_0}{2\pi R}$ и результаты калибровки канала X.

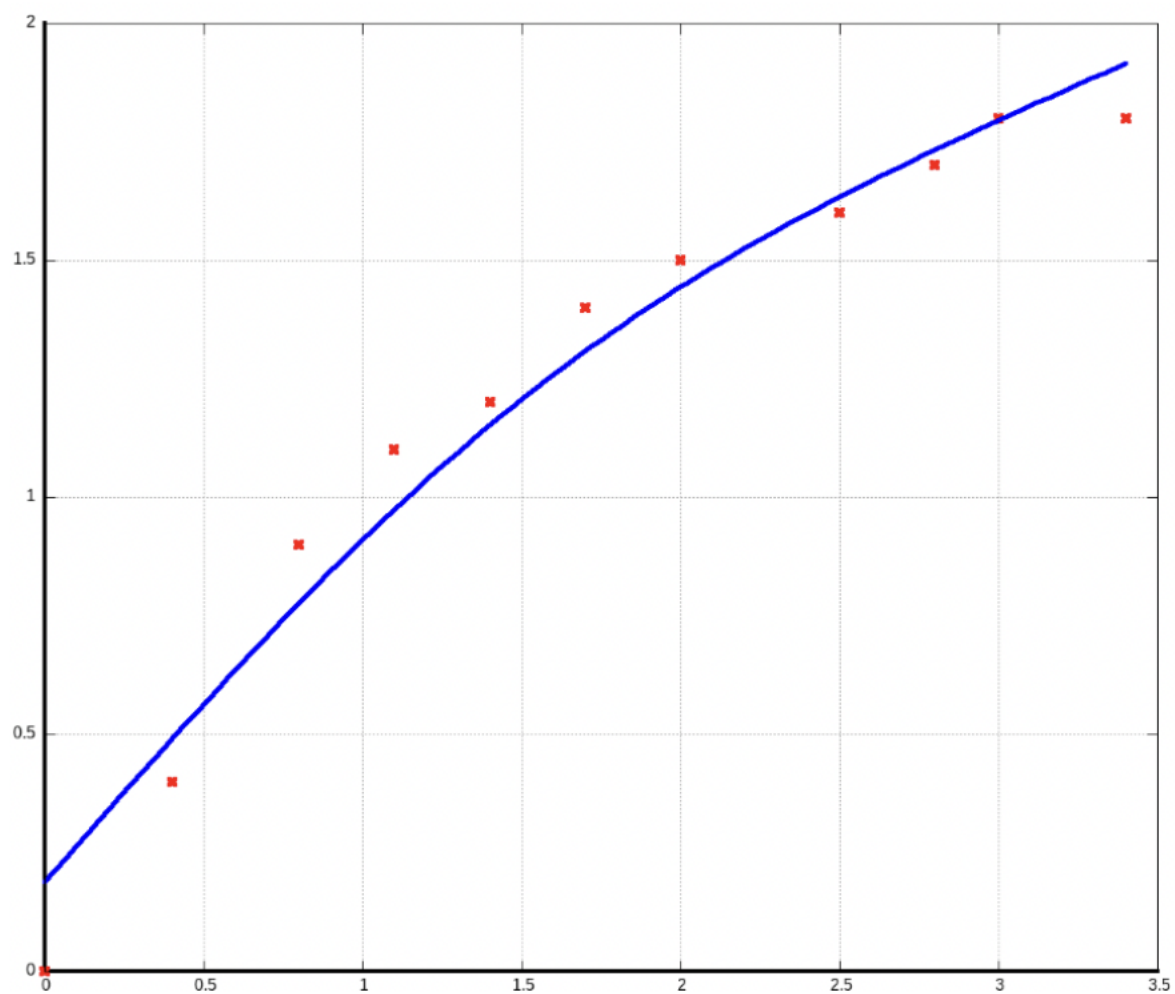
Цена деления: $h = \frac{K_x N_0}{2\pi R R_0}$ $b = \frac{K_y R_u C_u}{S N_u}$

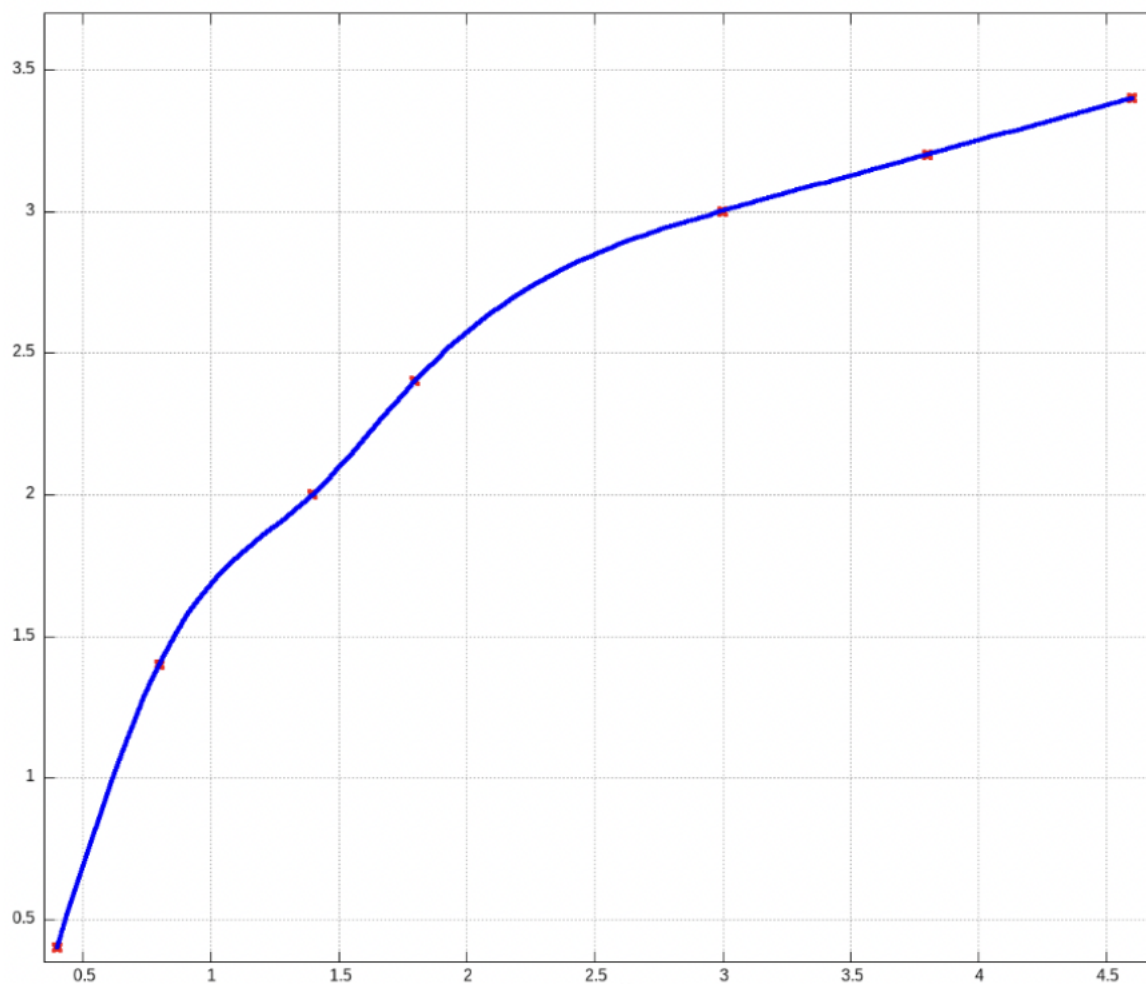
Умножая X_c на h получаем H_c , аналогично B_s - это Y_s умноженное на b . Полученные h и b для всех образцов:

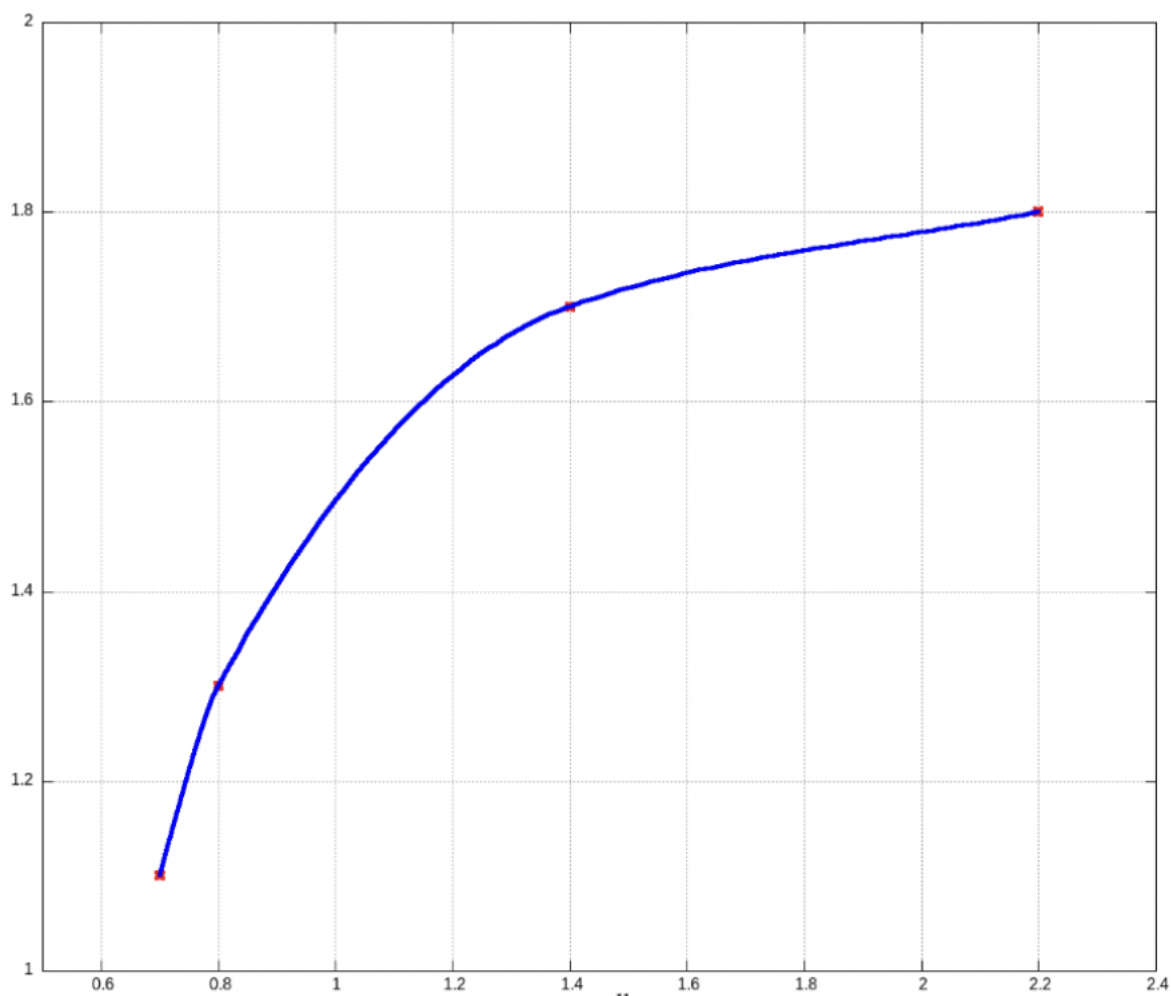
	Кремнистое железо	Феррит	Пермаллой
h , А/м дел	1,72	40,3	25,5
b , Тл/дел	0,38	0,05	0,77

Полученные значения для H_c и B_s :

	Кремнистое железо	Феррит	Пермаллой
H_c , А/м	120	20,15	22,9
Табл H_c , А/м	40	4-100	5,6
B_s , Тл	0,133	0,07	1,31
Табл B_s , Тл	1,95	0,1-0,4	1,05 - 1,6







Полученные значения $\mu_{\text{диф}}$:

	Кремнистое железо	Феррит	Пермаллой
$\mu_{\text{нач}} - \mu_{\text{max}}$	$(3980 - 5175) \pm 800$	9010 ± 500	1700 ± 760
табличные значения	500-7000	500-20000	1200-3500

3 Выводы

Т. к. в работе присутствует осциллограф, практически все погрешности определяются погрешностью, связанной со снятием показаний по экрану. Т. к. физически невозможно считать показания лучше, чем с точностью 1/10 дел., погрешность h и b 10%.

В работе я получила начальные кривые намагничивания, нашла значения B_s и H_c , сравнила с табличными, нашла $\mu_{\text{диф}}$ и постоянную времени RC-ячейки τ . Полученные значения получились близки к табличным, кроме пермаллоя, там есть небольшое отклонение.