

**Отчет о выполнении лабораторной  
работы 3.4.5 "Петля гистерезиса  
(динамический метод)"**

Алпатова Александра и Калашников Михаил, Б03-205

**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. Теоретические сведения

## 2. Экспериментальная установка

## 3. Проведение эксперимента и обработка данных

1. Соберем требуемую схему и подготовим к работе измерительные приборы.
2. С помощью потенциометра подберем такой ток питания, чтобы на экране ЭО наблюдалась предельная петля гистерезиса.
3. Подберем коэффициенты усиления ЭО так, чтобы петля занимала большую часть экрана.

n	$K_X$ , мВ/дел	$K_Y$ , мВ/дел
1	20	50
2	5	5
3	100	20

Таблица 1: К пункту 3

4. Проведем измерения полной ширины  $2X_s$  и высоты  $2Y_s$  предельной петли для каждой из катушек.
5. Также проведем измерения двойных амплитуд коэрцитивного  $2X_c$  поля и остаточной индукции  $2Y_r$ .
6. Снимем положения вершин частных петель, плавно уменьшая ток намагничивания.

n	$2X_s$ , дел	$2Y_s$ , дел	$2X_c$ , дел	$2Y_r$ , дел
1	$5.4 \pm 0.2$	$2.6 \pm 0.2$	$4.6 \pm 0.2$	$2.6 \pm 0.2$
2	$4.4 \pm 0.2$	$7.8 \pm 0.2$	$2.6 \pm 0.2$	$4.8 \pm 0.2$
3	$5.2 \pm 0.2$	$6.4 \pm 0.2$	$1.2 \pm 0.2$	$3.0 \pm 0.2$

Таблица 2: К пункту 5

n	$H$ , $\frac{A/m}{дел}$	$B$ , $\frac{T\pi}{дел}$
1	2.13	1.01
2	0.90	0.02
3	18.2	0.20

Таблица 3: К пункту 7

7. Расчитаем цену деления ЭО для каждого из образцов.
8. Повторим все измерения для остальных катушек.
9. Проведем калибровку горизонтальной оси ЭО. "Закоротим" обмотку, подберем ток через сопротивление  $R_0$  и рассчитаем чувствительность канала X по формуле  $K_x = 2R_0\sqrt{2}I_{\text{ЭФ}}/(2x)$ .

n	$I_{\text{ЭФ}}$ , А	$2x$ , дел	$K_x$ , мВ/дел
1	$0.293 \pm 0.001$	$8.8 \pm 0.2$	$20.7 \pm 0.5$
2	$0.0812 \pm 0.0001$	$9.6 \pm 0.2$	$5.26 \pm 0.11$
3	$1.398 \pm 0.001$	$7.0 \pm 0.2$	$124 \pm 4$

Таблица 4: К пункту 9

10. Разберем цепь тороида и проведем калибровку оси Y с помощью мультиметра используя формулу  $K_y = 2\sqrt{2}U_{\text{ЭФ}}/(2y)$

n	$U_{\text{ЭФ}}$ , мВ	$2y$ , дел	$K_y$ , мВ/дел
1	$66.8 \pm 0.1$	$6.0 \pm 0.2$	$31.5 \pm 1.1$
2	$14.0 \pm 0.1$	$5.0 \pm 0.2$	$7.9 \pm 0.3$
3	$79.6 \pm 0.1$	$7.8 \pm 0.2$	$28.9 \pm 0.7$

Таблица 5: К пункту 10

Полученные в предыдущих двух пунктах коэффициенты несколько отличается от коэффициентов, выставленных на ЭО. В дальнейшей работе следовало бы использовать их.

11. Подключим ЭО ко входу интегрирующей ячейки. Определим входное напряжение:  $U_{\text{вх}} = 2y \cdot K_y = 7.2 \pm 0.2$  В.
12. Соединим ЭО с выходом ячейки и аналогичным образом определим напряжение  $U_{\text{вых}} = 2y \cdot K_y = 0.058 \pm 0.002$  В.
13. Рассчитаем постоянную времени  $\tau = RC = \frac{1}{2\pi\nu} \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}} = 0.395 \pm 0.017$  с.  
Используя параметры  $R_i$  и  $C_i$  определим действительное значение

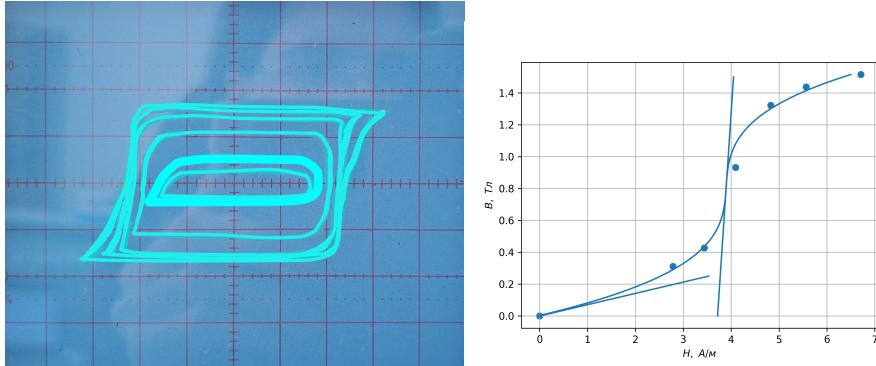


Рис. 1: кривая гистерезиса и начальная кривая катушки из Fe-Ni

постоянной времени  $\tau_0 = R_{\text{И}}C_{\text{И}} = 0.4 \text{ с}$ . Проверим условие  $R \gg \frac{1}{\omega C} \Leftrightarrow \omega RC \gg 1$ . Оно выполняется, так как  $\omega R_{\text{И}}C_{\text{И}} \approx 130$ .

14. Рассчитаем амплитуды для каждой из катушек.
15. Используя результаты измерений в пункте 4 рассчитаем амплитуду  $H_{max}$ , соответствующую состоянию насыщения и индукцию насыщения  $B_s$ .
16. По результатам пункта 5 рассчитаем коэрцитивное поле  $H_c$  и остаточную индукцию  $B_r$ .
17. По графику определим значения  $\mu_{\text{нач}}$  и  $\mu_{max}$ .
18. Сведем результаты вычислений в таблицу.

Ампл.	Fe-Ni	Феррит	Fe-Si
$H_c, \frac{\text{A}}{\text{м}}$	$4.9 \pm 0.4$	$1.17 \pm 0.18$	$11 \pm 4$
$H_{c0}, \frac{\text{A}}{\text{м}}$	5.6	4-100	40
$B_s, \text{ Тл}$	$1.3 \pm 0.2$	$0.065 \pm 0.003$	$0.64 \pm 0.04$
$B_{s0}, \text{ Тл}$	1.60	0.3-0.4	1.95
$\mu_{\text{нач}}$	$5.6 \cdot 10^4$	$1.4 \cdot 10^4$	$7.6 \cdot 10^3$
$\mu_{\text{нач0}}$	$1.2 \cdot 10^3$	$500 - 2 \cdot 10^4$	500
$\mu_{max}$	$3.6 \cdot 10^7$	$3.0 \cdot 10^4$	$2.4 \cdot 10^4$
$\mu_{max0}$	$3.5 \cdot 10^3$	—	$7 \cdot 10^3$
$H_{max}, \frac{\text{A}}{\text{м}}$	$5.7 \pm 0.4$	$1.9 \pm 0.18$	$47 \pm 4$
$B_r, \text{ Тл}$	$1.3 \pm 0.2$	$0.04 \pm 0.003$	$0.3 \pm 0.04$

Таблица 6: К пункту 18

#### 4. Приложения

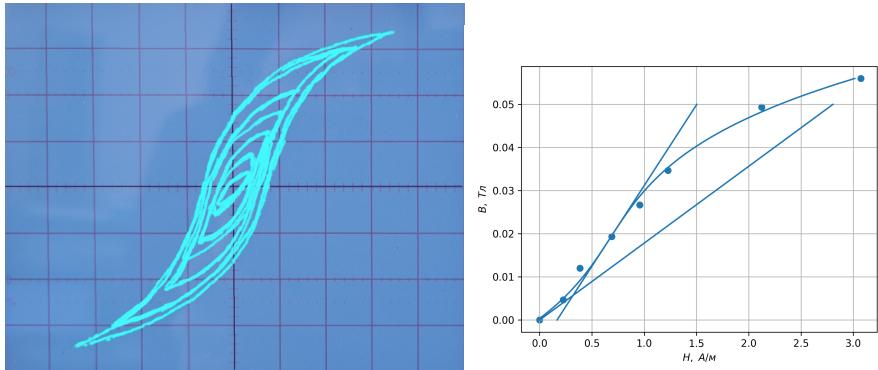


Рис. 2: кривая гистерезиса и начальная кривая катушки из феррита

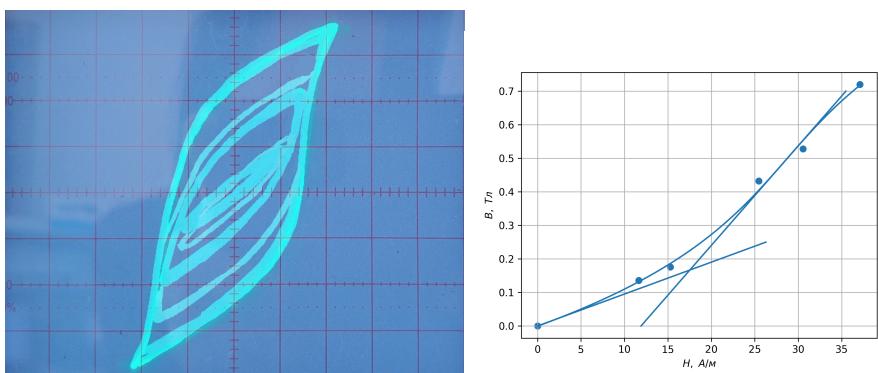


Рис. 3: кривая гистерезиса и начальная кривая катушки из Fe-Si