

Группа К3221

К работе допущен _____

Студенты Румянцев Михаил, Бобров Иван

Работа выполнена _____

Преподаватель Попов А.С.

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №3.07 Изучение свойств ферромагнетика

1. Цель работы.

- 1) Измерение зависимости магнитной индукции в ферромагнетике от напряженности магнитного поля $B = B(H)$
- 2) Определение по предельной петле гистерезиса индукции насыщения, остаточной индукции и коэрцитивной силы
- 3) Получение зависимости магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля $\mu = \mu(H)$ и оценка максимального значения величины магнитной проницаемости
- 4) Расчет мощности потерь энергии в ферромагнетике в процессе его перемагничивания

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- 1) Построить зависимость $B(H)$.
- 2) Определить параметры петли гистерезиса: индукцию насыщения, остаточную индукцию, коэрцитивную силу.
- 3) Найти $\mu(H)$, максимальное μ .
- 4) Рассчитать потери энергии при перемагничивании.

3. Объект исследования.

Ферромагнитный материал.

4. Метод экспериментального исследования.

Эмпирический. Сбор данных и их анализ.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$\text{Коэффициент } \alpha: \alpha = \frac{N_1}{LR_1}$$

$$\text{Коэффициент } \beta: \beta = \frac{R_2 * C_1}{SN_2}$$

$$\text{Магнитная проницаемость } \mu: \mu = \frac{B_m}{\mu_0 H_m}$$

$$\text{Коэффициент } \chi: \chi = K_x K_y \frac{N_1 R_2 C_1}{N_2 R_1} f$$

Остаточная индукция B : $B = \beta K_y Y$

Коэрцитивная сила H : $H = \alpha K_x X$

Средняя мощность P , расходуемая на перемагничивание образца: $P = \chi \cdot S_{\text{пр}}$

6. Схема установки (*перечень схем, которые составляют Приложение 1*).

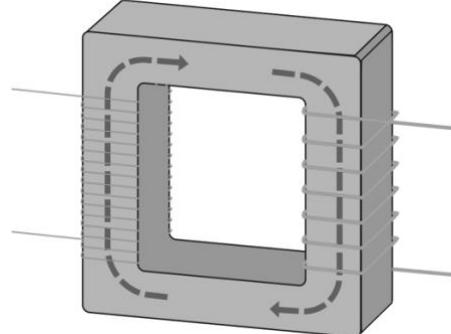


Рисунок 1 – Магнитопровод (сердечник) трансформатора (цвета: красный-синий)

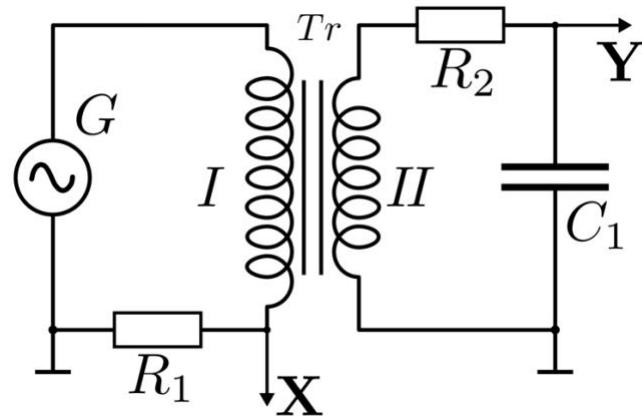


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема установки

Таблица 1 – параметры установки

R_1	68 Ом
R_2	470 кОм
C_1	0.47 мкФ

Таблица 2 – параметры трансформатора

S	0.64 см ²
L	7.8 см
N_1	1665 вит
N_2	970 вит



Рисунок 3 – Общий вид лабораторной установки

7. Результаты прямых измерений и их обработка (таблицы, примеры расчетов).

Для первого образца $K_x = 0.2$ В/дел, $K_y = 0.05$ В/дел.

Таблица 3

X_c , дел	Y_r , дел	H_c , А/м	B_r , Тл
0.5	1.7	31.49	$3.03 * 10^{-1}$

Таблица 4

X_m , дел	Y_m , дел	H_m , А/м	B_m , Тл	μ_m
4.1	3.9	258.23	$6.94 * 10^{-1}$	2138.67

Таблица 5

U , В	X , дел	K_x , В/дел	H , А/м	Y , дел	K_y , В/дел	B , Тл	μ
20	3.9	0.2	245.63	4.1	0.05	0.73	2365.56
19	3.3	0.2	207.84	4.1	0.05	0.73	2795.66
18	3.1	0.2	195.24	3.9	0.05	0.69	2830.85
17	2.9	0.2	182.65	3.7	0.05	0.66	2870.90
16	2.7	0.2	170.05	3.5	0.05	0.62	2916.88
15	2.3	0.2	144.86	3.3	0.05	0.59	3228.49
14	2.1	0.2	132.26	3.1	0.05	0.55	3321.67
13	3.8	0.1	119.67	2.9	0.05	0.52	3434.46
12	3.3	0.1	103.92	2.7	0.05	0.48	3682.08
11	2.9	0.1	91.32	2.5	0.05	0.45	3879.59
10	2.7	0.1	85.03	2.3	0.05	0.41	3833.61
9	2.3	0.1	72.43	2.1	0.05	0.37	4108.99
8	2.1	0.1	66.13	1.9	0.05	0.34	4071.72
7	3.5	0.05	55.11	1.7	0.05	0.30	4371.74

6	3.3	0.05	51.96	3.5	0.02	0.25	3818.46
5	3.0	0.05	47.24	2.9	0.02	0.21	3480.25

8. Расчет результатов косвенных измерений (*таблицы, примеры расчетов*).

Расчёт коэффициента α :

$$\alpha = \frac{N_1}{LR_1} = \frac{1665}{0.078*68} = 314.91 \frac{1}{\text{м}*\text{Ом}}$$

Расчёт коэффициента β :

$$\beta = \frac{R_2*C_1}{SN_2} = \frac{470000*0.47*10^{-6}}{970*0.64*10^{-4}} = 3.56 \frac{\text{Ом}*\Phi}{\text{м}^2}$$

Расчёт коэрцитивной силы H_c :

$$H_c = \alpha K_x X_c = 314.91 * 0.2 * 0.5 = 31.49 \text{ А/м}$$

Расчёт остаточной индукции B_r :

$$B_r = \beta K_y Y_r = 3.56 * 0.05 * 1.7 = 3.03 * 10^{-1} \text{ Тл}$$

Расчёт коэрцитивной силы H_m :

$$H_m = \alpha K_x X_m = 314.91 * 0.2 * 4.1 = 258.23 \text{ А/м}$$

Расчёт остаточной индукции B_m :

$$B_m = \beta K_y Y_r = 3.56 * 0.05 * 3.9 = 6.94 * 10^{-1} \text{ Тл}$$

Расчёт магнитной проницаемости μ :

$$\mu_m = \frac{B_m}{\mu_0 H_m} = \frac{6.94*10^{-1}}{4\pi*10^{-7}*258.23} = 2138.67$$

Расчёт коэффициента χ :

$$\chi = K_x K_y \frac{N_1 R_2 C_1}{N_2 R_1} f = 0.2 * 0.05 * \frac{1665*4.7*10^5*0.47*10^{-6}}{970*68} * 30 = 16.73 * 10^{-4} \text{ Дж/с, где } f \text{ частота}$$

сигнала, подаваемого на первичную обмотку трансформатора

Площадь петли: $S_{\text{пг}} \approx 8 \text{ дел}^2$

Расчёт средней мощности P , расходуемой на перемагничивание образца:

$$P = \chi \cdot S_{\text{пг}} = 16.73 * 10^{-4} * 8 = 13.38 \text{ мВт} - \text{средняя мощность, расходуемая на перемагничивание образца}$$

Максимальное значение проницаемости $\mu_{max} = 4371.74$, напряженность поля, при которой она наблюдается равно $H = 55.11 \text{ А/м}$.

9. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

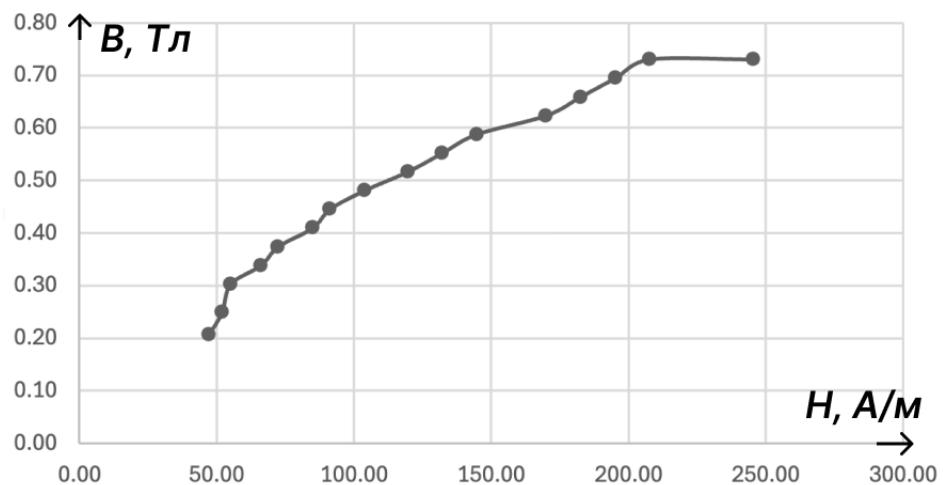


Рисунок 4 – Зависимость $B(H)$ – кривая начального намагничивания

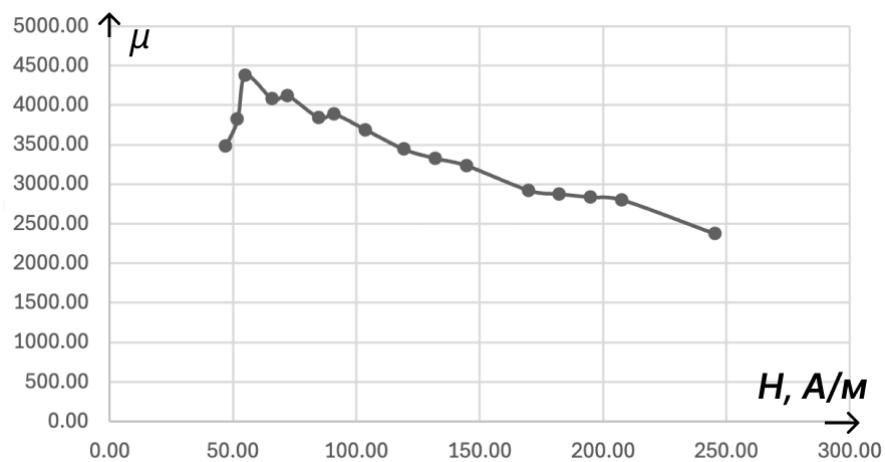


Рисунок 5 – Зависимость магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля – $\mu(H)$

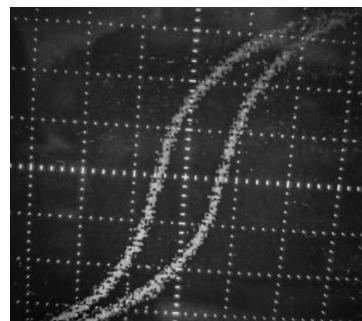


Рисунок 6 – петля гистерезиса

10. Окончательные результаты.

$H_m = 258.23$ A/m – коэрцитивная сила

$B_m = 6.94 * 10^{-1}$ Тл – остаточная индукция

$\mu_m = 2138.67$ – магнитная проницаемость

$P = 13.38$ мВт - средняя мощность, расходуемая на перемагничивание образца

$\mu_{max} = 4371.74$ при $H = 55.11$ A/m.

11. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе выполнения лабораторной работы были определены коэрцитивная сила, остаточная индукция и магнитная проницаемость, а также построены графики зависимостей $B_m = B_m(H_m)$ и $\mu = \mu(H_m)$. Помимо этого, были рассчитаны потери мощности на перемагничивание ферромагнетика и максимальное значение магнитной проницаемости. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что свойства ферромагнетика были изучены.