

Группа РЭ122

К работе допущен Рудин

Студент Гришов Александр

Работа выполнена Гришов

Преподаватель Крылов В.А.

Отчет принят Гришов

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №3.07

Изучение свойств ферромагнетика

16.03.2023

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 B

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

измерение координат вершин и точек пересечения с осью петли гистерезиса

3. Объект исследования.

ферро магнетик

4. Метод экспериментального исследования.

статический

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$N_1 = 1665 \text{ вит}$$

$$R_1 = 68 \text{ Ом} \pm 10\%$$

$$C_1 = 0,47 \text{ нкФ}$$

$$N_2 = 970 \text{ вит}$$

$$R_2 = 470 \text{ кОм} \pm 10\%$$

$$S = 0,64 \pm 0,05 \text{ см}^2$$

$$L = 7,8 \pm 0,1 \text{ см}$$

6. Измерительные приборы:

1) Осциллограф

7. Схема установки.

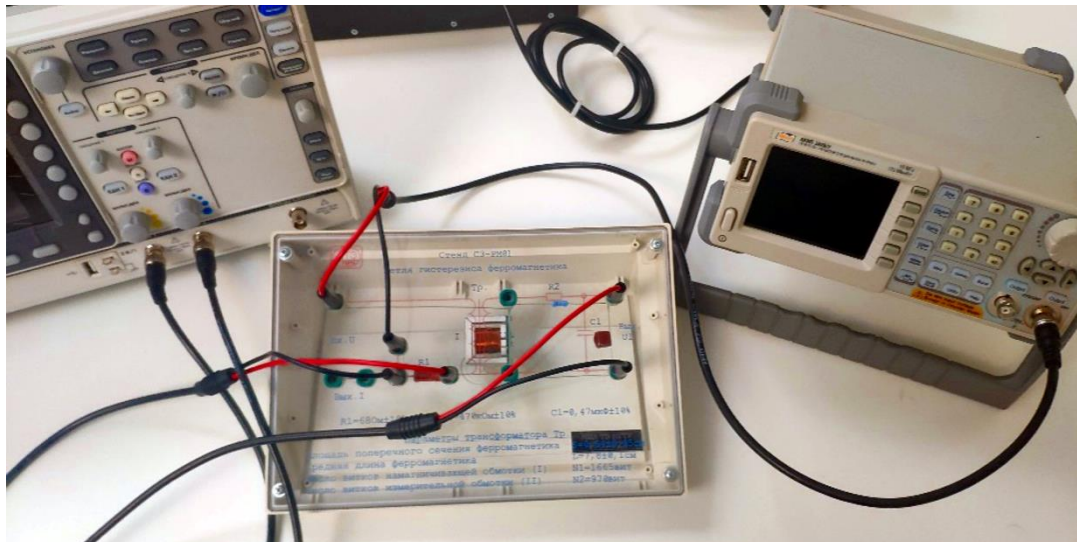


Рис. 4. Общий вид лабораторной установки

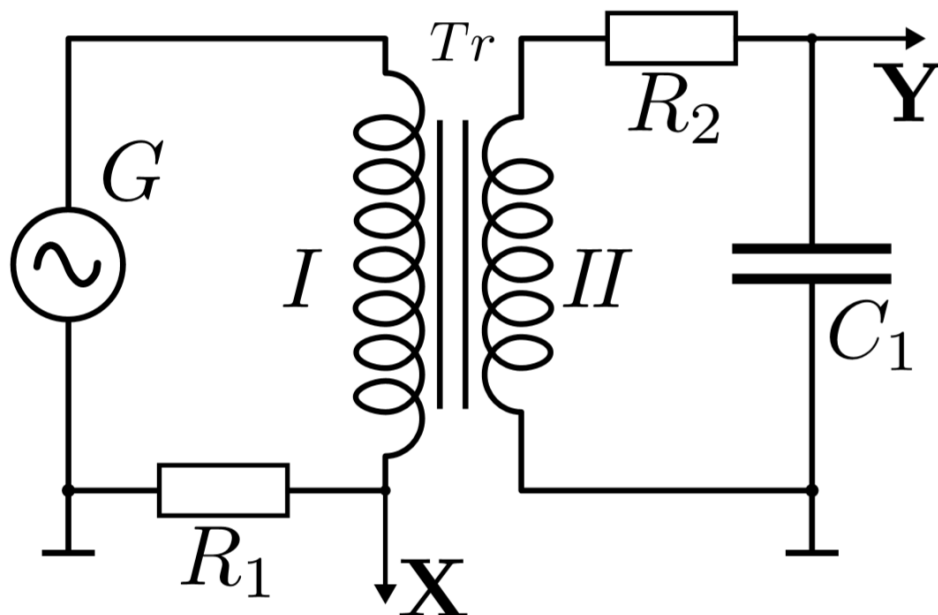


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема установки

$$\lambda = 30 \text{ Гц}$$

Таблица 1


X_c , дел.	Y_c , дел.	H_c , А/м	B_c , Тл
1,1	1,3	34,56	0,231

Таблица 2

X_m , дел.	Y_m , дел.	H_m , А/м	B_m , Тл	μm
3,6	2,8	113	0,498	3507

Таблица 3: Результаты прямых измерений и расчетов

U, B	X , дел.	K_x , дел/В	H , А/м	Y , дел.	K_y , дел/В	B , Тл	μ
20	3,6	0,1	113	2,8	0,05	0,498	3507
19	3,3	0,1	103,6	2,7	0,05	0,481	3695
18	3,0	0,1	94,2	2,6	0,05	0,463	3911
17	2,7	0,1	84,8	2,5	0,05	0,445	4176
16	2,5	0,1	78,5	2,4	0,05	0,427	4329
15	2,3	0,1	72,2	2,2	0,05	0,392	4321
14	2,2	0,1	69,1	2,1	0,05	0,379	4307
13	2	0,1	62,8	2	0,05	0,356	4511
12	1,8	0,1	56,5	1,8	0,05	0,330	4507
11	3,4	0,05	53,4	1,6	0,05	0,285	4247
10	3,2	0,05	50,2	1,5	0,05	0,267	4232

25.02.20


$$\alpha = \frac{N_1}{l \cdot R_1} = \frac{1665}{0,078 \cdot 68} \approx 314 (\text{V} \cdot \text{m} \cdot \text{m})^{-1}$$

$$\beta = \frac{R_2 \cdot C_1}{N_2 \cdot S} = \frac{R_2 \cdot C_1}{N_2 \cdot S} = \frac{4,7 \cdot 10^5 \cdot 0,47 \cdot 10^{-6}}{970 \cdot 0,64 \cdot 10^{-4}} \approx 3,56 T_n$$

$$H = \alpha \cdot K_x \cdot x$$

$$H_{20} = 314 \cdot 3,6 \cdot 0,1 \approx 113 A/\mu$$

$$H_{14} = 314 \cdot 2,2 \cdot 0,1 \approx 69,1 A/\mu$$

$$H_{13} = 314 \cdot 3,3 \cdot 0,1 \approx 103,6 A/\mu$$

$$H_{13} = 314 \cdot 2 \cdot 0,1 \approx 62,8 A/\mu$$

$$H_{18} = 314 \cdot 3 \cdot 0,1 \approx 94,2 A/\mu$$

$$H_{12} = 314 \cdot 1,8 \cdot 0,1 \approx 56,5 A/\mu$$

$$H_{17} = 314 \cdot 2,7 \cdot 0,1 \approx 84,8 A/\mu$$

$$H_{11} = 314 \cdot 3,4 \cdot 0,05 \approx 53,4 A/\mu$$

$$H_{16} = 314 \cdot 2,5 \cdot 0,1 \approx 78,5 A/\mu$$

$$H_{10} = 314 \cdot 3,2 \cdot 0,05 \approx 50,2 A/\mu$$

$$H_{15} = 314 \cdot 2,3 \cdot 0,1 \approx 72,2 A/\mu$$

2.

$$B = \beta \cdot K_y \cdot y$$

$$B_{20} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 2,8 \approx 0,498 T_n$$

$$B_{14} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 2,1 \approx 0,374 T_n$$

$$B_{13} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 2,7 \approx 0,481 T_n$$

$$B_{13} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 2 \approx 0,356 T_n$$

$$B_{18} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 2,6 \approx 0,463 T_n$$

$$B_{12} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 1,8 \approx 0,320 T_n$$

$$B_{17} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 2,5 \approx 0,445 T_n$$

$$B_{11} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 1,6 \approx 0,285 T_n$$

$$B_{16} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 2,4 \approx 0,427 T_n$$

$$B_{10} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 1,5 \approx 0,267 T_n$$

$$B_{15} = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 2,2 \approx 0,392 T_n$$

$$H_m = \alpha \cdot X_m \cdot K_x = 314 \cdot 3,6 \cdot 0,1 \approx 113 A/\mu$$

$$B_m = \beta \cdot Y_m \cdot K_y = 3,56 \cdot 0,05 \cdot 2,8 \approx 0,498 T_n$$

$$H_c = \alpha \cdot X_c \cdot K_x = 1,1 \cdot 314 \cdot 0,1 \approx 34,56 A/\mu$$

$$B_c = \beta \cdot Y_c \cdot K_y = 3,56 \cdot 1,3 \cdot 0,05 \approx 0,231 T_n$$

$$\mu_m = \frac{B_m}{\mu_0 \cdot H_m} = \frac{0,498}{113 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} \approx 3507$$

$$\mu_i = \frac{B_i}{\mu_0 \cdot H_i}$$

$$\mu_{20} = \frac{0,498}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 113} \approx 3507$$

$$\mu_{15} = \frac{0,481}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 103,6} \approx 3695$$

$$\mu_{18} = \frac{0,463}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 94,2} \approx 3911$$

$$\mu_{17} = \frac{0,445}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 84,8} \approx 4176$$

$$\mu_{16} = \frac{0,427}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 78,5} \approx 4329$$

$$\mu_{15} = \frac{0,392}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 72,2} \approx 4321$$

$$\mu_{14} = \frac{0,374}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 69,1} \approx 4307$$

$$\mu_{13} = \frac{0,356}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 62,8} \approx 4511$$

$$\mu_{12} = \frac{0,320}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 56,5} \approx 4507$$

$$\mu_{11} = \frac{0,285}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 53,4} \approx 4247$$

$$\mu_{10} = \frac{0,267}{4,7 \cdot 10^{-7} \cdot 50,2} \approx 4232$$

$$S_{n2} = 9,73 \text{ gen}^2$$

$$\chi = K_x \cdot K_y \cdot \frac{N_1 \cdot R_2 \cdot C_1 \cdot D}{N_2 \cdot R_1} = 0,1 \cdot 0,05 \cdot \frac{1665 \cdot 4,7 \cdot 10^5 \cdot 0,47 \cdot 10^{-6}}{970 \cdot 68} \cdot 30 = 8,364 \cdot 10^{-4} \text{ Bt/gen}^2$$

$$\delta P = \chi \cdot S_{n2} = 8,364 \cdot 10^{-4} \cdot 9,73 \approx 0,00814 \text{ Bt}$$

Поправки:

$$\Delta K_x = 0,005_{\text{ген}} \quad \epsilon_{K_x} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta K_x}{K_x} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,005}{0,10} \approx 0,033$$

$$\Delta K_y = 0,0005_{\text{ген}} \quad \epsilon_{K_y} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta K_y}{K_y} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,0005}{0,0050} \approx 0,067$$

$$\Delta N_1 = 2,5 \text{ Бит} \quad \epsilon_{N_1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta N_1}{N_1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2,5}{1665} \approx 0,001$$

$$\Delta R_2 = 470 \text{ Ом} \pm 10\% \Rightarrow \epsilon_{R_2} = \frac{2}{3} \cdot 0,1 \approx 0,07$$

$$\Delta C_1 = 0,035_{\text{мкФ}} \Rightarrow \epsilon_{C_1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta C_1}{C_1} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,035}{0,47} \approx 0,05$$

$$\Delta N_2 = 0,5 \text{ Бит} \Rightarrow \epsilon_{N_2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta N_2}{N_2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{0,5}{970} \approx 0,00034$$

$$\Delta R_1 = 68 \text{ Ом} \pm 10\% \Rightarrow \epsilon_{R_1} = \frac{2}{3} \cdot 0,1 \approx 0,07$$

$$\Delta D = 0,5 \Gamma_{\text{д}} \Rightarrow \epsilon_D = \frac{0,5}{30} \cdot \frac{2}{3} \approx 0,011$$

$$\epsilon_X = \sqrt{\epsilon_{Kx}^2 + \epsilon_{Ky}^2 + \epsilon_{N1}^2 + \epsilon_{PR2}^2 + \epsilon_{C1}^2 + \epsilon_{N2}^2 + \epsilon_{MIR1}^2 + \epsilon_P^2} \cdot 100\%$$

$$= \sqrt{0,033^2 + 0,007^2 + 0,001^2 + 0,07^2 + 0,05^2 + 0,0003^2 + 0,07^2 + 0,011^2} \cdot 100\%$$

$$\approx 0,12 \cdot 100\% = 12\%$$

$$\Delta X = \frac{\epsilon_X \cdot X}{100} = \frac{12 \cdot 8,364 \cdot 10^{-4}}{100} \approx 0,00010 \text{ Br/gen}^2$$

$$\Delta P = \Delta X \cdot S_{n2} = 0,00010 \cdot 9,73 \approx 0,0010 \text{ Br}$$

$$\epsilon_P = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100\% = \frac{0,0010}{0,00818} \cdot 100\% \approx 12\%$$

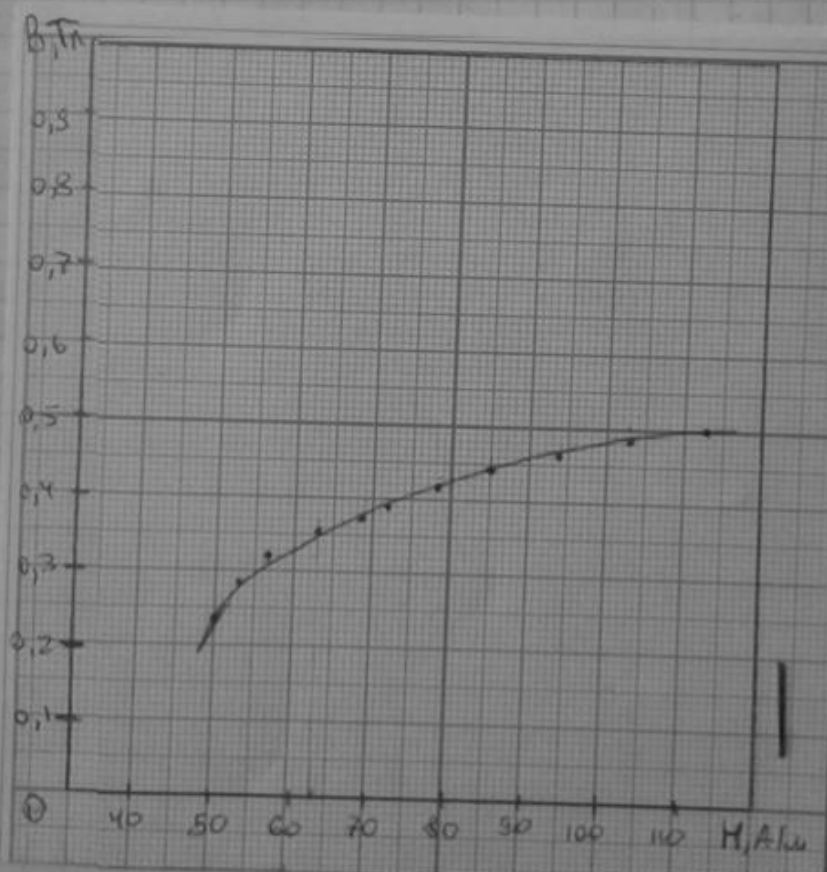
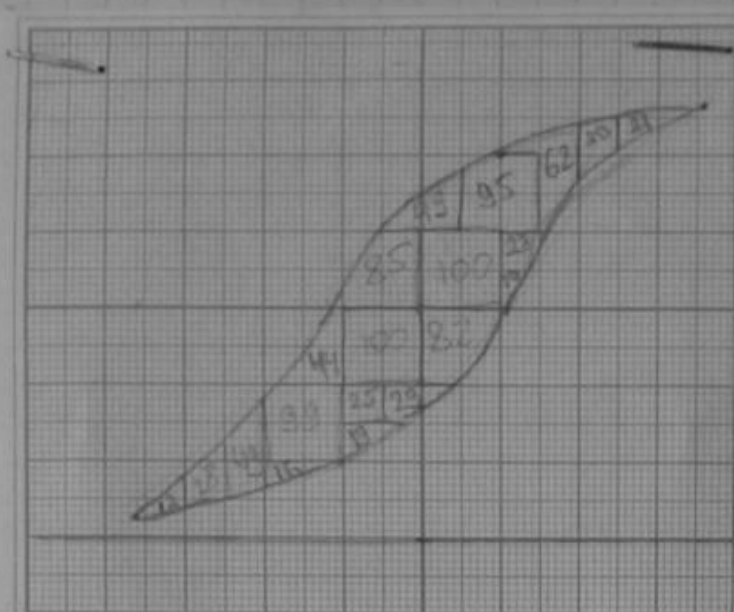


$$\epsilon_X = \sqrt{\epsilon_{KX}^2 + \epsilon_{KY}^2 + \epsilon_{NI}^2 + \epsilon_{PR2}^2 + \epsilon_{CI}^2 + \epsilon_{N2}^2 + \epsilon_{MYR1}^2 + \epsilon_P^2} \cdot 100\%$$

$$= \sqrt{0,033^2 + 0,007^2 + 0,001^2 + 0,07^2 + 0,05^2 + 0,00034^2 + 0,07^2 + 0,011^2}$$

$$\approx 0,12 \quad 12\%$$

$$\Delta X = \frac{\epsilon_X \cdot X}{Y} = \frac{12 \cdot 8,364 \cdot 10^{-4}}{0,00010} \approx 0,00010 \quad R=1,0^2$$



7. Окончательные результаты.

$$H_m = 113 \text{ A/m}; B_m = 0,498 \text{ Тл}; \mu_m = 3507$$

~~$$P = 81 \pm 10 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$~~
$$\xi_\chi = 12\% \quad \chi = (84 \pm 10) \cdot 10^{-5} \text{ Вт/ген}^2$$

$$P = 81 \pm 10 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \quad \xi_P = 12\%$$

$$\mu_{\text{max}} = 4511 \quad H = 57 \text{ A/m}$$

8. Выводы и анализ результатов работы.

Были получены зависимости $B(H)$ и $\mu(H)$, значения коэрцитивной силы, остаточной индукции и индукции насыщения. Была рассчитана мощность потерь энергии в ферромагнетике в процессе перемагничивания, ~~потери энергии~~ и ее полнота, максимальные значения магнитной проницаемости и напряженности, при котором она наблюдается.