

Группа M3212

К работе допущен _____

Студент ██████████ Тимофеев В ██████

Работа выполнена _____

Преподаватель Овчинников █████

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №3.07

Тема: Изучение свойств ферромагнетика

1. Цель работы.

Изучить свойства ферромагнетика

2. Задачи, решаемые при выполнении 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

3. Объект исследования.

Ферромагнетик

4. Метод экспериментального исследования.

Изменение напряженности магнитного поля

5. Рабочие формулы и исходные данные.

1) Коэффициент

2) Коэффициент β : $\beta = \frac{R_2 \cdot C_1}{N_2 \cdot S}$

3) Магнитная проницаемость μ : $\mu = \frac{B_m}{\mu_0 \cdot H_m}$

4) Коэффициент χ : $\chi = K_x \cdot K_y \cdot \frac{N_1 R_2 C_1}{N_2 R_1} \cdot f$

5) Остаточная индукция B : $B = \beta * K_y * Y$

6) Коэрцитивная сила H : $H = \alpha * K_x * X$

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

6. Измерительные приборы/установки.



Рис. 5. Лицевая панель генератора сигналов АКИП-3409/2



Рис. 6. Панель управления осциллографа GDS-71102B

7. Схема установки.

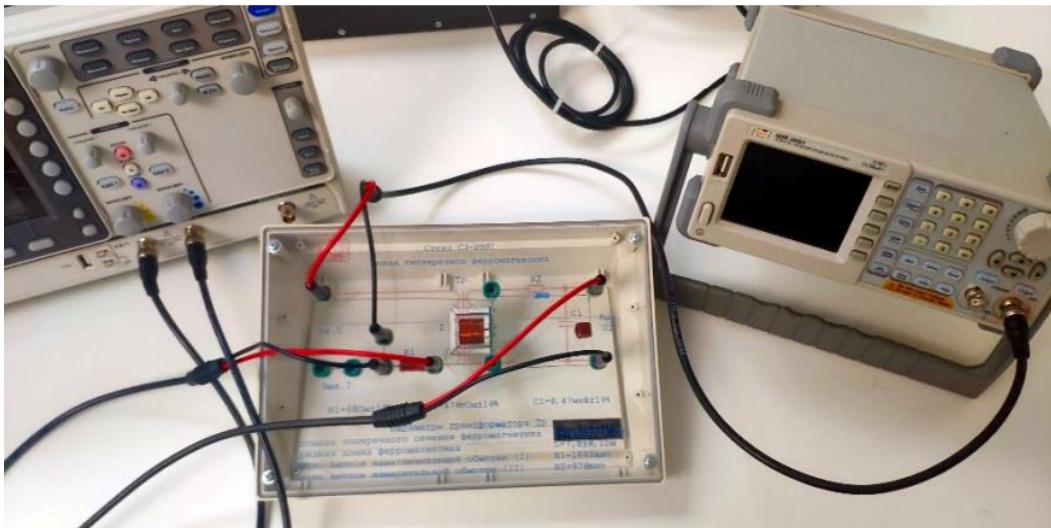


Рис. 4. Общий вид лабораторной установки

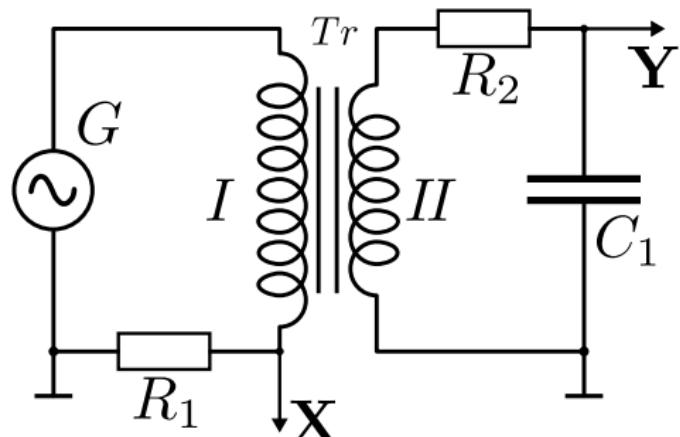


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема установки

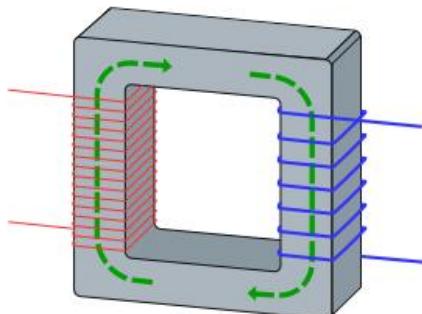
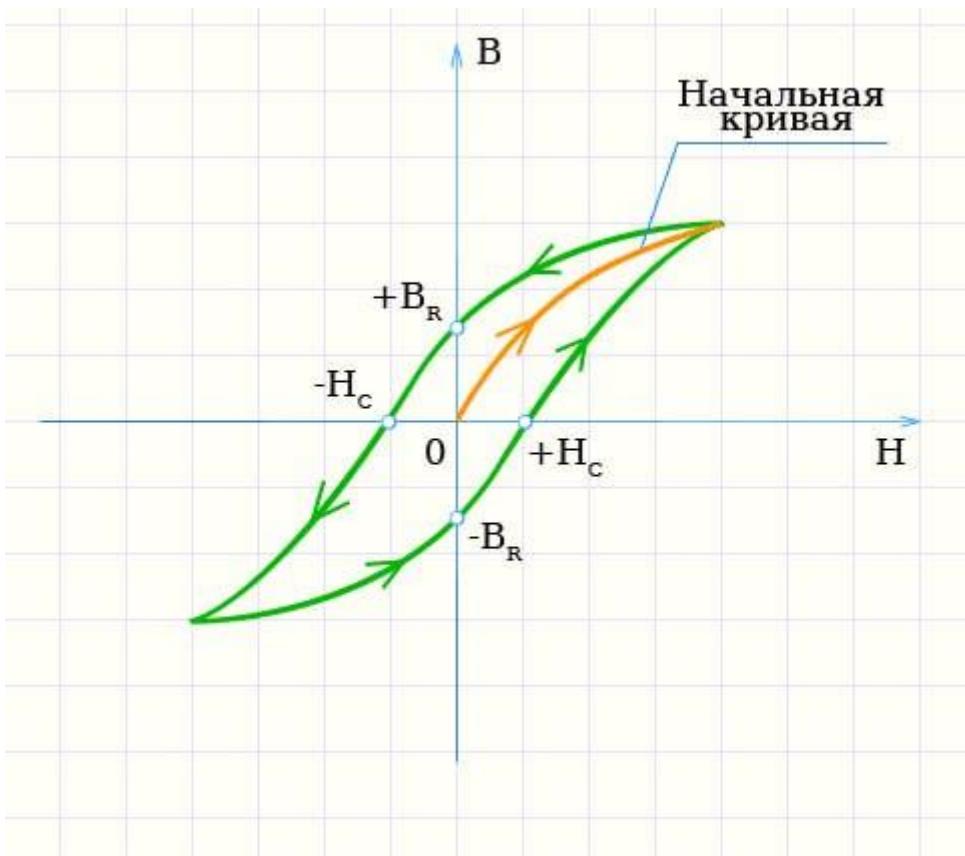


Рис. 2. Магнитопровод (сердечник) трансформатора

Параметры установки		Параметры трансформатора	
R_1	68 Ом	S	0,64 см ²
R_2	470 кОм	L	7,8 см
C_1	0,47 мкФ	N_1	1665 вит
		N_2	970 вит



8. Результаты прямых измерений и их обработка.

Измерили координаты X_c и Y_r пересечения петли гистерезиса с осями координат.

Вычислили коэффициенты α и β , коэрцитивную силу H_c и остаточную индукцию B_r .

Таблица 1

X_c , дел.	Y_r , дел.	H_c , А/м	B_r , Тл
1,00	0,70	31,39	0,12

Измерили координаты X_m и Y_m вершины петли гистерезиса. Вычислили H_m и B_m , определили значение магнитной проницаемости μ .

Таблица 2

X_m , дел.	Y_m , дел.	H_m , А/м	B_m , Тл	μ_m
2,80	3,60	87,89	0,64	6072

Таблица 3

U , В	X , дел	K_x , В/дел	H , А/м	Y , дел	K_y , В/дел	B , Тл	μ
20	2,80	0,10	87,89	3,60	0,05	0,64	5798,80
19	2,60	0,10	81,61	3,20	0,05	0,57	5550,99
18	2,50	0,10	78,47	3,00	0,05	0,53	5412,21
17	2,40	0,10	75,33	2,80	0,05	0,50	5261,87
16	2,20	0,10	69,06	2,50	0,05	0,44	5125,20
15	2,10	0,10	65,92	2,30	0,05	0,41	4939,72
14	2,00	0,10	62,78	2,00	0,05	0,36	4510,18
13	1,90	0,10	59,64	1,90	0,05	0,34	4510,18
12	1,70	0,10	53,36	1,60	0,05	0,28	4244,87
11	1,50	0,10	47,08	3,00	0,02	0,21	3608,14
10	2,80	0,05	43,94	2,90	0,02	0,21	3737,00
9	2,60	0,05	40,80	2,50	0,02	0,18	3469,37
8	2,50	0,05	39,23	2,20	0,02	0,16	3175,16
7	2,40	0,05	37,66	2,00	0,02	0,14	3006,78
6	2,30	0,05	36,10	1,80	0,02	0,13	2823,76
5	2,10	0,05	32,96	1,50	0,02	0,11	2577,24

9. Расчет результатов косвенных измерений.

1) Расчет коэффициента α :

$$\alpha = \frac{N_1}{l * R_1} = \frac{1665}{0,078 * 68} = 313,91 \frac{1}{\text{м} * \Omega}$$

2) Расчет коэффициента β :

$$\beta = \frac{R_2 * C_1}{N_2 * S} = \frac{470000 * 0,47 * 10^{-6}}{970 * 0,64 * 10^{-4}} = 3,558 \frac{\Omega \cdot \text{м} * \Phi}{\text{м}^2}$$

3) Расчет коэрцитивной силы H_c :

$$H_c = \alpha * K_x * X_c = 313,91 * 0,10 * 1,00 = 31,39 \text{ А/м}$$

4) Расчет остаточной индукции B_r :

$$B_r = \beta * K_y * Y_r = 3,558 * 0,05 * 0,70 = 0,12 \text{ Тл}$$

5) Расчет коэрцитивной силы H_m :

$$H_m = \alpha * K_x * X_m = 313,91 * 0,10 * 2,80 = 87,89 \text{ А/м}$$

6) Расчет остаточной индукции B_m :

$$B_m = \beta * K_y * Y_m = 3,558 * 0,05 * 3,60 = 0,64 \text{ Тл}$$

7) Расчёт магнитной проницаемости μ :

$$\mu = \frac{B_m}{\mu_0 * H_m} = \frac{0,64}{4\pi * 10^{-7} * 87,89} = 6072,48 = 6072$$

8) Расчет площади петли гистерезиса $S_{\text{пг}}$:

$$S_{\text{пг}} = 5,5 \text{ дел}^2$$

9) Расчет коэффициента χ :

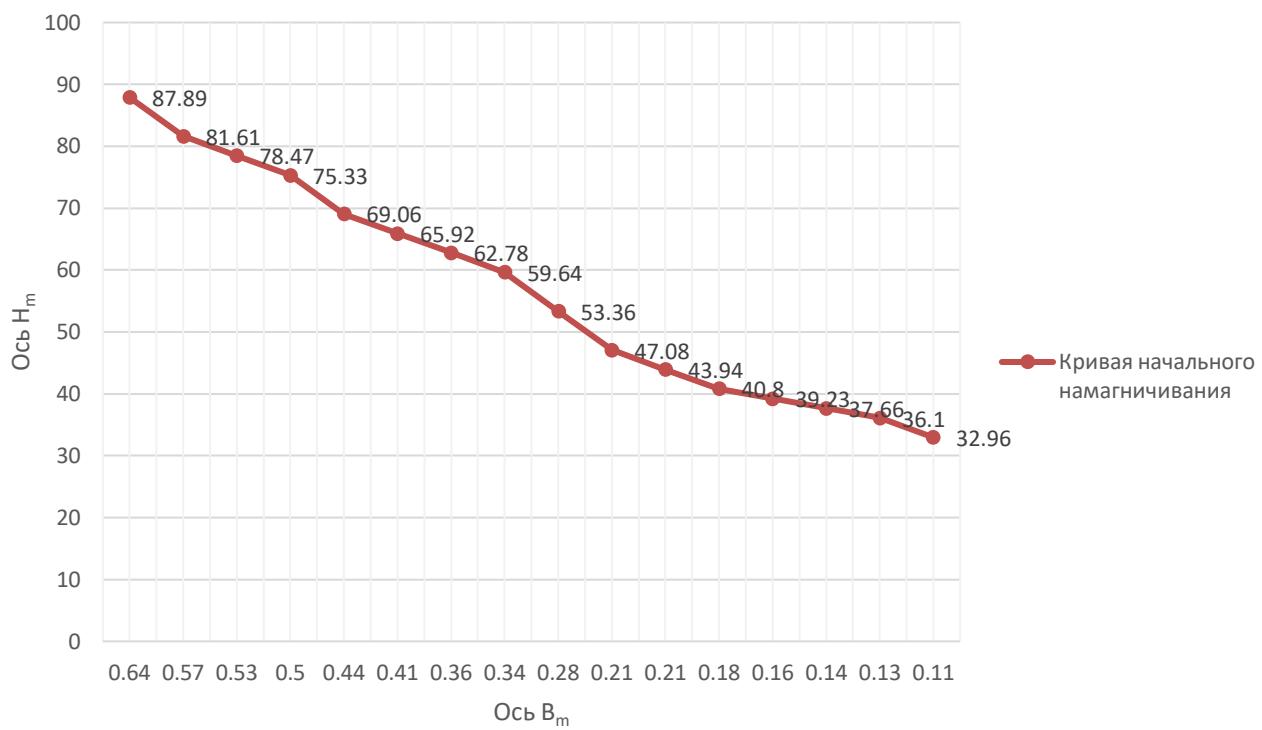
$$\chi = K_x K_y * \frac{N_1 * R_2 C_1}{N_2 R_1} * f = 0,10 * 0,05 * \frac{1665 \cdot 470000 \cdot 0,47 * 10^{-6}}{970 * 68} * \frac{1}{2} = 1,394 * 10^{-6} \text{ Дж/с}$$

10) Расчёт средней мощности P , расходуемой на перемагничивание образца:

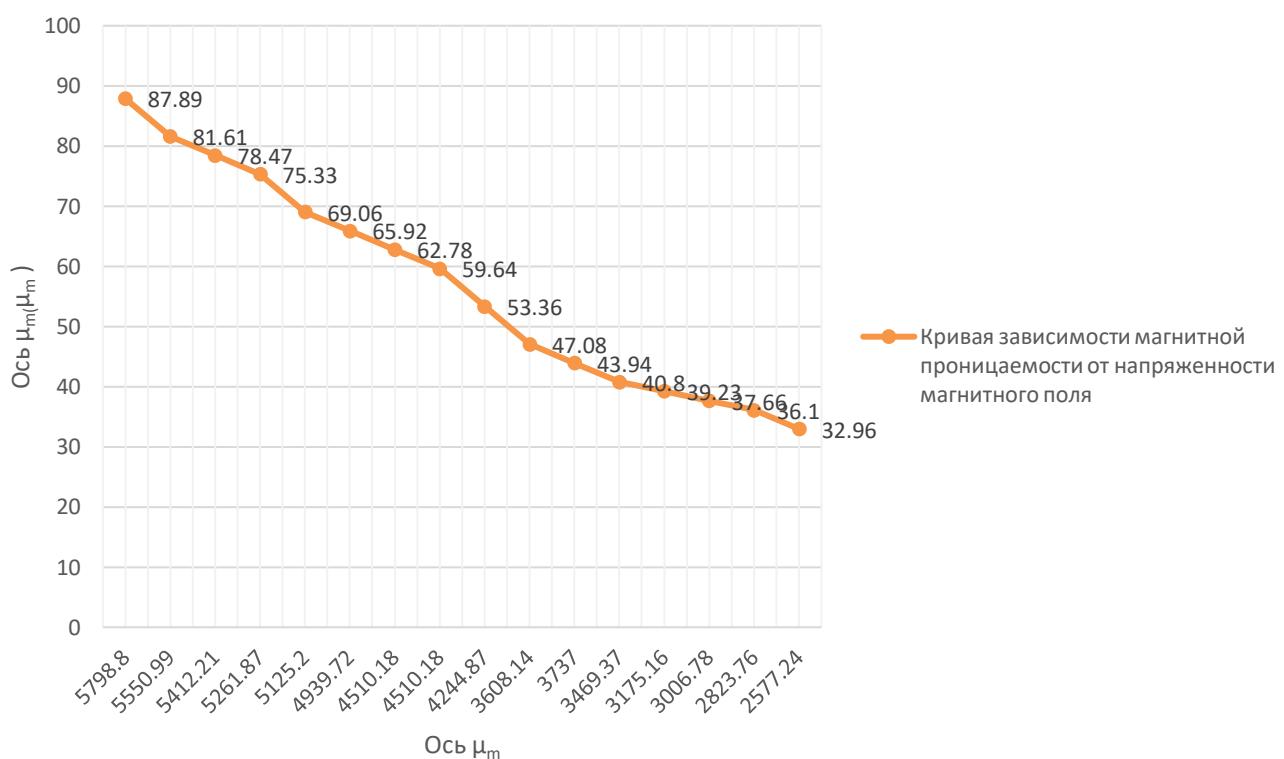
$$P = \chi \cdot S_{\text{пг}} = 1,394 * 10^{-6} \cdot 5,5 = 7,667 * 10^{-6} \text{ Вт}$$

10. Графики.

Зависимость $B_m=B_m(H_m)$



Зависимость $\mu_m=\mu_m(H_m)$



11. Окончательные результаты.

1) Коэрцитивная сила: $H_m = 87,89 \text{ А/м}$

Остаточная индукция: $B_m = 0,64 \text{ Тл}$

Магнитная проницаемость: $\mu = 6072$

2) Мощность потерь на перемагничивание: $P = 7,667 * 10^{-6} \text{ Вт}$

- 3)** Построены графики зависимостей $B_m = B_m(H_m)$ и $\mu = \mu(H_m)$
- 4)** Максимальное значение магнитной проницаемости: $\mu_{max} = 5798$
- 5)** Напряженность: $H = 87,89$ А/м

12. Выводы и анализ результатов работы.

Выполняя данную лабораторную работу мы рассчитали: коэрцитивную силу, остаточную индукцию, магнитную проницаемость; построили графики следующих зависимостей: $B_m = B_m(H_m)$ и $\mu_m = \mu_m (H_m)$.
Также вычислили мощность потерь на перемагничивание ферромагнетика и максимальное значение проницаемости.