

Группа М3212

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  $\beta: \beta = \frac{R_2 \cdot C_1}{N_2 \cdot S}$

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

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

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  $P$ :  $P = \chi * S_{\text{пг}}$

## 6. Измерительные приборы/установки.



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



Рис. 6. Панель управления осциллографа GDS-71102B

## 7. Схема установки.

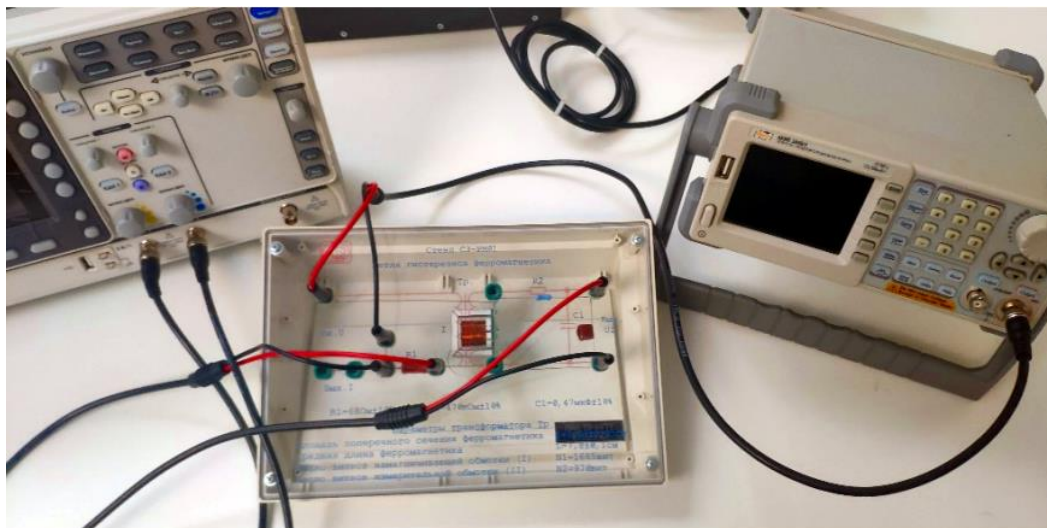


Рис. 4. Общий вид лабораторной установки

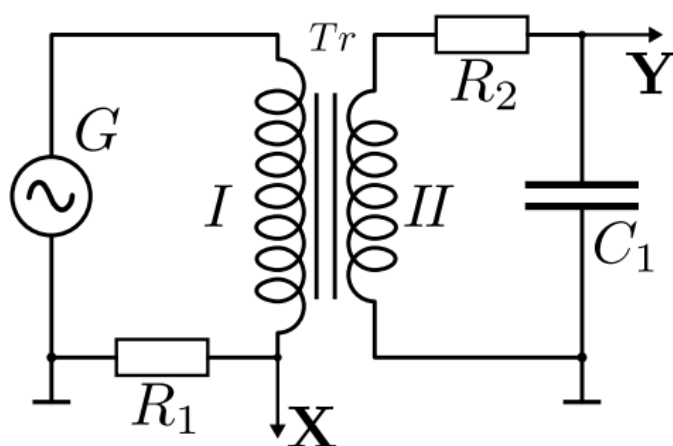


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема установки

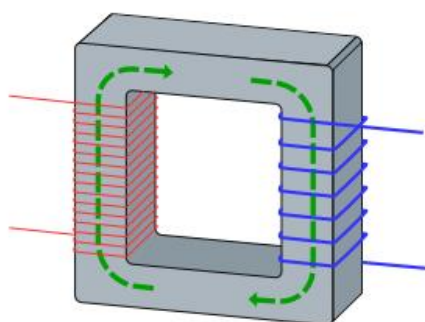
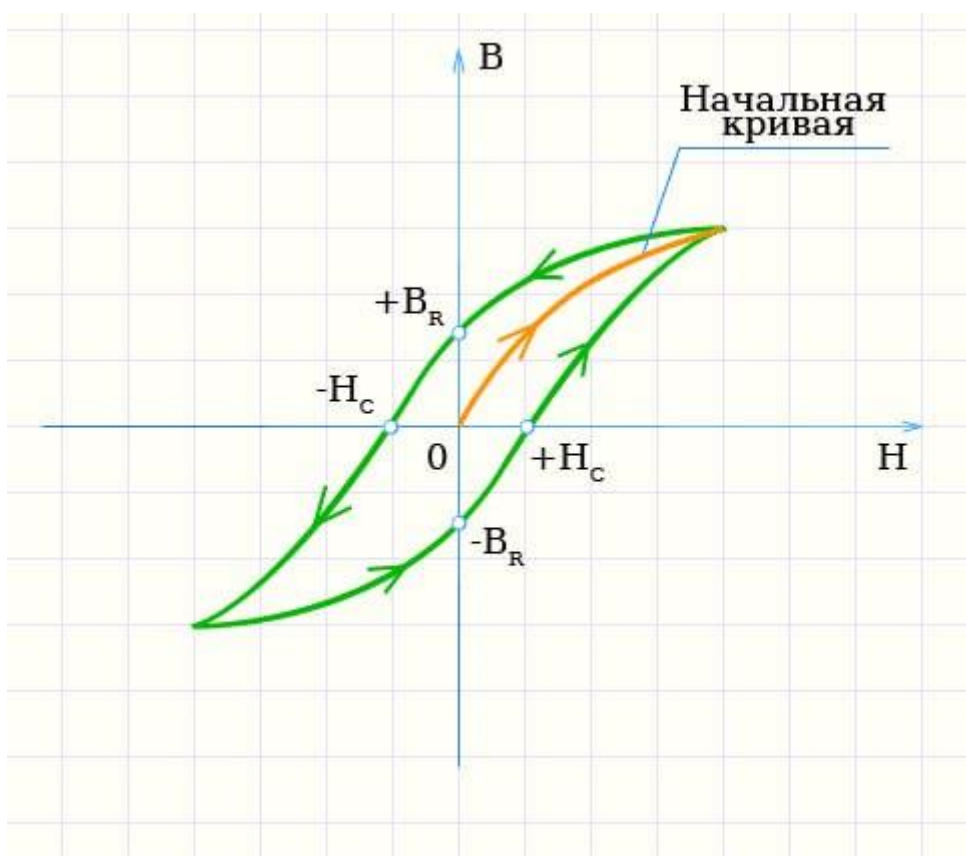
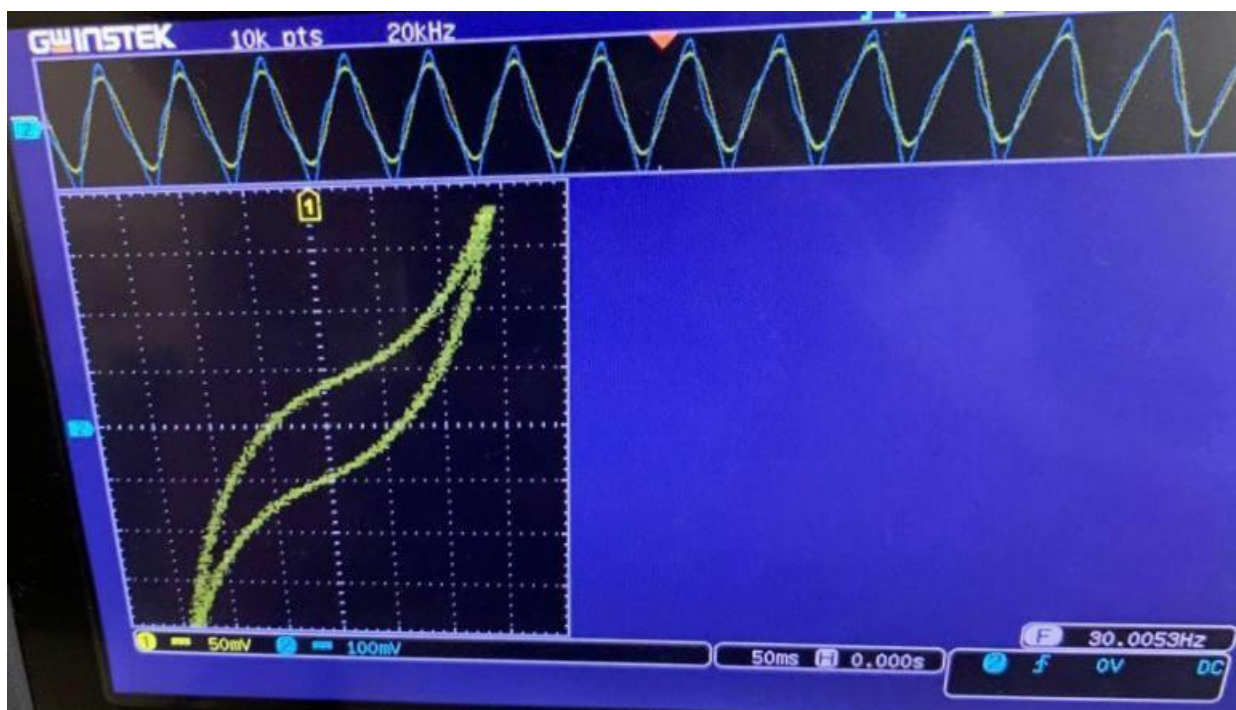


Рис. 2. Магнитопровод (сердечник) трансформатора

Параметры установки		Параметры трансформатора	
$R_1$	68 Ом	$S$	0,64 см <sup>2</sup>
$R_2$	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 обработки.

Измерили координаты  $H_c$  и  $B_r$  пересечения петли гистерезиса с осями координат.

Вычислили коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ , 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  $\mu$ .

Таблица 2

$X_m$ , дел.	$Y_m$ , дел.	$H_m$ , А/м	$B_m$ , Тл	$\mu_m$
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	$\mu$
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  $\alpha$ :

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

2) Расчет коэффициента  $\beta$ :

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

**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  $\mu$ :**

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

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

$$S_{\text{пг}} = 5,5 \text{ дел}^2$$

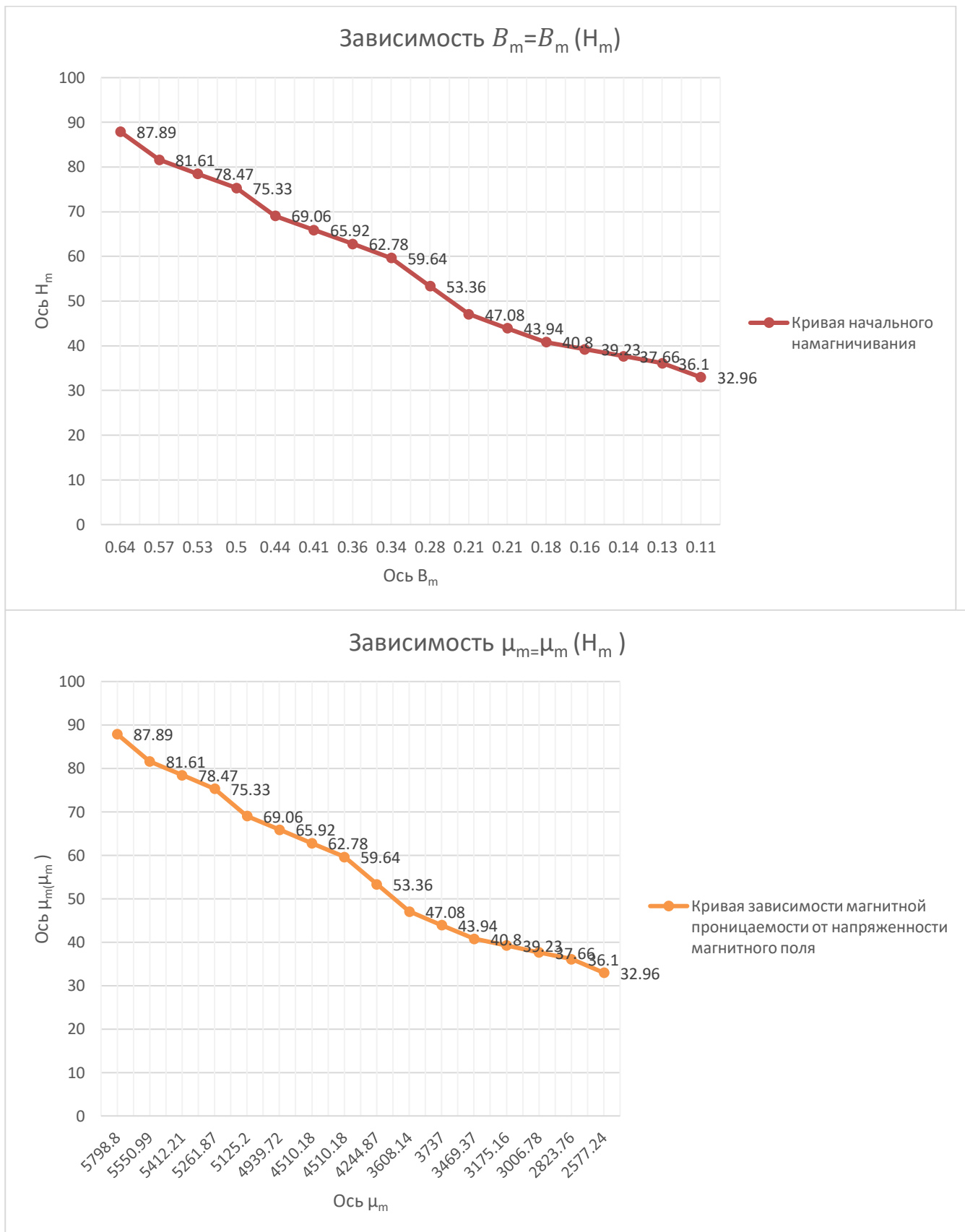
**9) Расчет коэффициента  $\chi$ :**

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

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

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

**10. Графики.**



## 11. Окончательные результаты.

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

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

Магнитная проницаемость:  $\mu = 6072$

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

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:  $H = 87,89 \text{ А/м}$

## 12. Выводы и анализ результатов работы.

Выполняя данную лабораторную работу мы рассчитали: коэрцитивную силу, остаточную индукция, 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.