
Группа Р3211 К работе допущен 18.04.2024
Студент Болорболд Аригуун Работа выполнена 25.05.2024
Преподаватель Смирнов А. В. 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:

- Настройка прибора;
- Подсчёт вспомогательных коэффициентов α, β, χ ;
- Оценка погрешностей величин.

3. Объект исследования:

Сердечник (магнитопровод) трансформатора как образец для изучения магнитных свойств ферромагнитного материала.

4. Метод экспериментального исследования.

Лабораторный (многократные изучения величин).

5. Рабочие формулы и исходные данные:

Величина	Значение	Размерность	Комментарий
R_1	68	Ом	первое сопротивление
R_2	470	кОм	второе сопротивление
C_1	0,47	мкФ	емкость конденсатора
S	0,64	см ²	площадь поперчного сечения ферромагнетика
l	7,8	см	средняя длина ферромагнетика
N_1	1665	Вит	число витков намагничивающей обмотки
N_2	970	Вит	число витков измерительной обмотки
K_x	200	мВ/дел	коэффициенты измерения величин X_c, Y_r, X_m, Y_m
K_y	50	мВ/дел	
μ_0	0,000001256637061	Гн/м	магнитная постоянная
κ	0,000056	безразмерная	магнитная восприимчивость
$S_{пг}$	6.5	дел	площадь петли гистерезиса
$P_{ср}$	0.000364	Вт	мощность на перемагничивание образца
f	10	Гц	входная частота генератора
Соответственно статичные коэффициенты			
α	313,9140271	—	
β	3,558311856	—	
χ	0,000557608399	—	

$$\alpha = \frac{N_1}{l \cdot R_1}$$
$$\beta = \frac{R_2 \cdot C_1}{N_2 \cdot S}$$

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

$$B = \beta \cdot U_y$$

$$P = \chi \cdot S_{\text{пр}}$$

$$H = \alpha \cdot U_x$$

$$\mu = \frac{B}{\mu_0 \cdot H}$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Запоминающий осциллограф	цифровой		±3%

7. Схема установки.

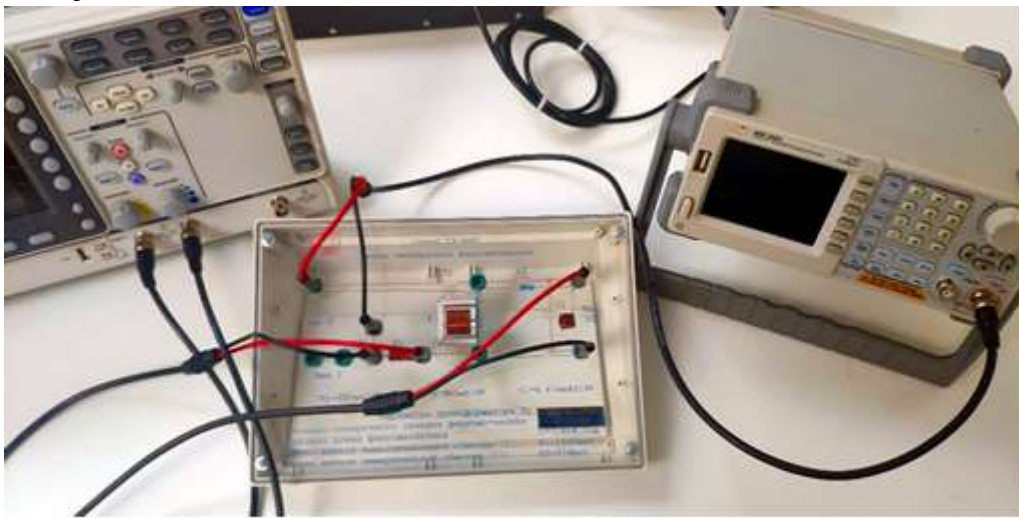


Рис. 1 Общий вид лабораторной установки

8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчётов).

U _{xc} , В	U _{yg} , В	H _c , А/м	B _r , Тл
0,112	0,094	35,158	0,334

Таблица 1.

U _{xm} , В	U _{ym} , В	H _m , А/м	B _m , Тл	μ _m
0.74	0.196	116.14819	0.3487145619	2389.173961

Таблица 2.

№	U, В	U _x , В	H, А/м	U _y , В	B, Тл	μ
2	19	0.73	227.588	0.192	0.683	2388.84
4	17	0.56	174.222	0.172	0.612	2795.50
6	15	0.44	138.122	0.152	0.541	3116.12
8	13	0.355	111.439	0.132	0.470	3354.05
10	11	0.29	91.035	0.113	0.402	3514.83
12	9	0.23	72.200	0.093	0.331	3647.36

14	7	0.19	58.074	0.069	0.246	3364.35
16	5	0.14	43.948	0.054	0.192	3479.28

Таблица 3.

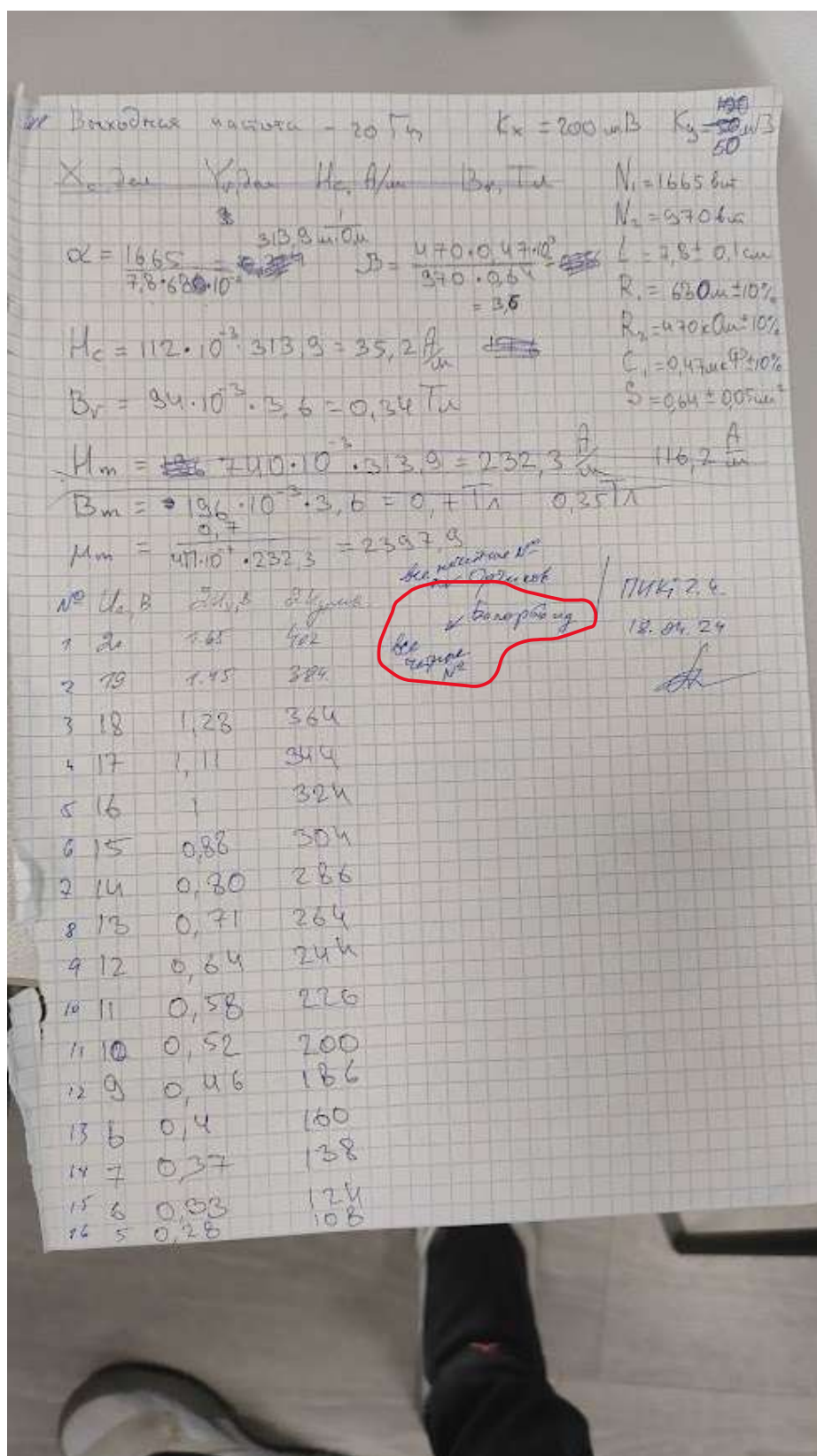


Рис. 2. Протокол.

9. Расчёт результатов косвенных измерений (рисунки, примеры расчётов).

Представим, что мы выполняем работу в настоящий момент, тогда в соответствии с методическими указаниями:

- 1) Занесём в бланк протокола значения параметров, указанных на стенде: см. пункт 5, исходные данные. Они будут необходимы нам для нахождения коэффициентов α, β, χ .
- 2) Соберём лабораторную установку (для нас уже были собраны).
- 3) Зафиксируем входную частоту генератора: $f = 10$ Гц, начальную амплитуду выходного сигнала генератора $V = 20$ В для режима V_{pp} .



Рис. 3. Лицевая панель генератора сигналов АКИП-3409/2

- 4) Продолжаем настраивать прибор.
- 5) Подберём значения K_x и K_y так, чтобы картинка петли будет занимать существенную часть экрана:
- 6) Дальше должно было быть процесс подбора и работы с гистерезисом, но к огромному сожалению мы потеряли снимок гистерезиса. Зато мы знаем из наших расчётов, что $S_{пр} = 6,5$ дел.

$$7) H_c = 112 \cdot 10^{-3} \cdot 313,9 = 35,2 \frac{A}{M}$$

$$B_r = 94 \cdot 10^{-3} \cdot 3,6 = 0,334 \text{ Тл}$$

$$H_m = \frac{740}{2} \cdot 10^{-3} \cdot 313,9 = 116,2 \frac{A}{M}$$

$$B_m = \frac{196}{2} \cdot 10^{-3} \cdot 3,6 = 0,35 \frac{A}{M}$$

$$\mu_m = \frac{0,7}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 232,3} = 2389,2$$

$$P = 5,6 \cdot 10^{-5} \cdot 6,5 = 3,64 \cdot 10^{-4} \text{ Вт}$$

10. Расчёт погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

$$\alpha = \frac{N_1}{l \cdot R_1}$$

$$\Delta\alpha = \sqrt{\left(\frac{\partial\alpha}{\partial N_1} \cdot \Delta N_1\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha}{\partial l} \cdot \Delta l\right)^2 + \left(\frac{\partial\alpha}{\partial R_1} \cdot \Delta R_1\right)^2} = 31,648 \frac{1}{\text{м} \cdot \text{Ом}}$$

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

$$\Delta\beta = \sqrt{\left(\frac{C_1 \cdot \Delta R_2}{N_2 \cdot S}\right)^2 + \left(\frac{R_2 \cdot \Delta C_1}{N_2 \cdot S}\right)^2 + \left(\frac{C_1 \cdot R_2}{N_2^2 \cdot S} \cdot \Delta N_2\right)^2 + \left(\frac{C_1 \cdot \Delta R_2}{N_2 \cdot S^2} \cdot \Delta S\right)^2} = 0,575 \frac{\text{Ом} \cdot \Phi}{\text{м}^2}$$

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

Полагая, что $\Delta f = 1 \text{ В}$:

$$\Delta\chi = \pm 0,157 \cdot 10^{-3}$$

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

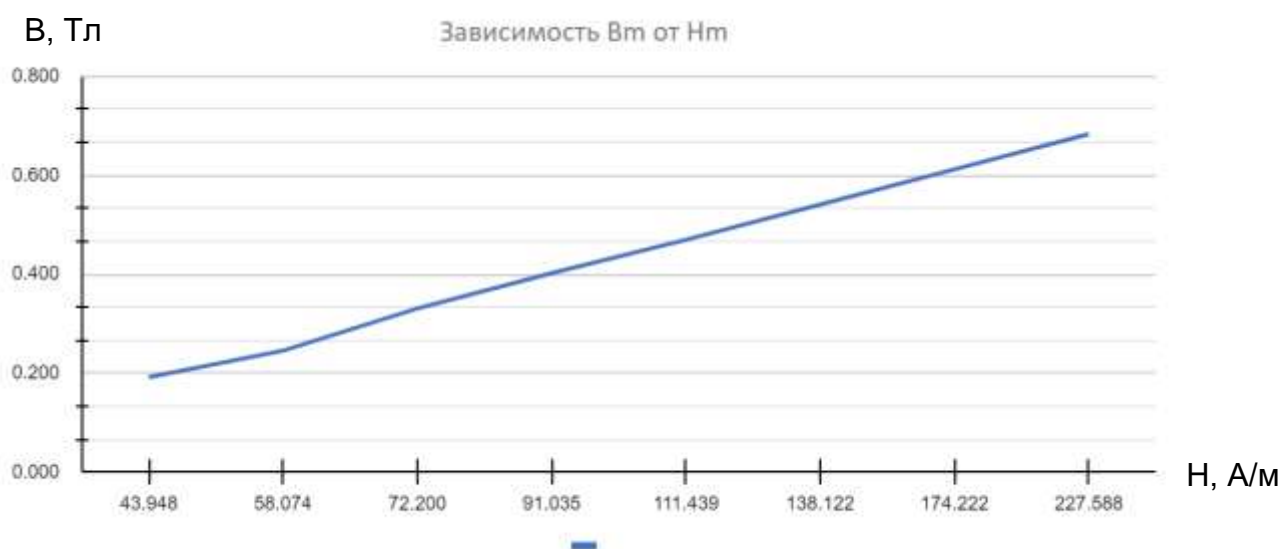


График 1.



График 2.

12. Выводы а анализ результатов работы.

Окончательный результат:

- Козэрцитивная сила: $H_c = 35,2 \frac{\text{А}}{\text{м}}$
- Остаточная индукция: $B_r = 0,334 \text{ Тл}$
- Индукция в состоянии насыщения: $B_m = 0,35 \frac{\text{А}}{\text{м}}$
- Напряженность в состоянии насыщения: $H_m = 116,2 \frac{\text{А}}{\text{м}}$
- Магнитная проницаемость в состоянии насыщения: $\mu_m = 2389,2$
- Мощность потерь на перемагничивание ферромагнетика:
 $P = 3,64 \cdot 10^{-4} \text{ Вт}$

Вывод:

Я ознакомился со свойством ферромагнетиков, зависимостью магнитной проницаемости и магнитной индукции от напряженности магнитного поля.