

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

КАФЕДРА №3

ОТЧЕТ ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 5

Исследование гистерезиса ферромагнитных  
материалов

наименование лабораторной работы

по курсу: ОБЩАЯ ФИЗИКА

СТУДЕНТ ГР. № 4134 К  
номер группы

подпись, дата

Костяков Н.А.  
инициалы, фамилия

Кикля

Санкт-Петербург  
2022

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ  
Лабораторная работа №5  
Исследование гистерезиса ферромагнитных материалов

Студент группы № 4134 К  
№ группы

Костяков Н.А.  
Фамилия, инициалы

Преподаватель каф. № 3  
№ кафедры

Лобанов Б.В.  
Фамилия, инициалы

Параметры приборов

Прибор	Тип	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Систематическая погрешность
Генератор сигналов	<u>ГЗ-118</u>	9990 Гц	<u>0,1 дел</u>	-	-
Осциллограф	<u>ОСЧ-10 В</u>	5 дел по «Х» и «У»	0,2 дел	-	<u>0,1 дел</u>

Для осциллографа  $k_x = k_y = 0,5 \frac{\text{В}}{\text{дел}}$ .

Результаты измерений

№ петли	$x_I$ , дел	$x_{III}$ , дел	$y_I$ , дел	$y_{III}$ , дел
1	1,0	1,2	0,8	1,0
2	1,3	2	1,35	1,3
3	2	2,3	2	1,9
4	2,4	2,2	2,1	2
5	4	3,4	4	2,2

Параметры схемы исследуемого образца ферромагнетика:

$N_1 = \frac{100}{190}$  витков;  $N_2 = 100$  витков;

$r_1 = 4,5$  мм;  $r_2 = 2$  мм;  $b = 10$  мм;

$R_1 = 51$  Ом;  $R_2 = 4,3$  кОм;  $C = 0,224$  мкФ.

Дата сентября 2022  
«27» апреля 2020 г.

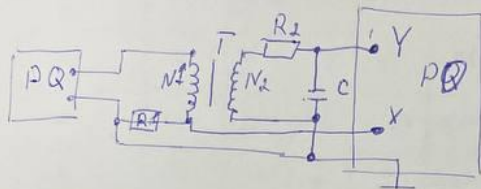
Подпись студента

Подпись преподавателя

## Цель Работы

Построить основную кривую намагничивания, определить работу перемагничивания и коэрцитивную силу

## 2. Описание лабораторной установки



PQ - Звуковой генератор

PO - Электронный осциллограф

T - Торoidalный трансформатор

$R_1 = 51 \text{ Ом}$   $N_1 = 150 \text{ витков}$

$R_2 = 4,3 \text{ КОМ}$   $N_2 = 100 \text{ витков}$

$C = 0,224 \text{ мкФ}$   $r_1 = 4,5 \text{ мм}$

$r_2 = 9 \text{ мм}$

$b = 10 \text{ мм}$

+ словесн. описание

22.11.2021

## 3. Рабочие Формулы

$r_z = (r_1 + r_2) / 2$  (1) - радиус тороида

$H = \frac{N_1 K_X X}{2\pi r_z R_1} = \alpha K_X X$  (2) - Напряженность магнитного поля в тороиде

$K_X = \frac{2\pi R_1 r_z}{N_1}$  (3) -  $\pi$  пропорцион. падению напряжения на  $R_1$  сопротивлении

$U_X = K_X X$  (4) - Зависимость падения напряжения на  $R_1$

$K_Y = \frac{-S_2 N_2 B(5)}{R_2 C}$  - коэф. пропорциональн. от напряж. на конденсаторе

$B = \frac{C R_2 K_Y U}{N_2 S_2} = \beta K_Y U$  (5) - индукция магнитного поля

$S_2 = (r_2 - r_1) b$  (7) - площадь поперечн. сечения тороида

$A_n = \frac{R_2 M_1 C K_X K_Y}{2\pi r_z R_1 N_2 S_2}$  (8) - Работа перемагничивания за 1 цикл.



#### 4. Результаты измерений

$N_2$ (петли)	$x$ (мм)	$y$ (мм)	$u_x$ (В)	$u_y$ (В)	$H$ (А/м)	$\Delta H$ (А/м)	$B$ (Тл)	$\Delta B$ (Тл)
1	1	0,8	0,5	0,4	$0,23 \cdot 10^2$	$0,008 \cdot 10^2$	$0,0856 \cdot 10^3$	$0,002 \cdot 10^3$
2	1,3	1,35	0,65	0,675	$0,3 \cdot 10^2$	$0,01 \cdot 10^2$	$0,144 \cdot 10^3$	$0,005 \cdot 10^3$
3	2	2	1	1	$0,46 \cdot 10^2$	$0,016 \cdot 10^2$	$0,214 \cdot 10^3$	$0,007 \cdot 10^3$
4	2,4	2,1	1,2	1,05	$0,55 \cdot 10^2$	$0,019 \cdot 10^2$	$0,224 \cdot 10^3$	$0,0078 \cdot 10^3$
5	4	4	2	2	$0,92 \cdot 10^2$	$0,03 \cdot 10^2$	$0,423 \cdot 10^3$	$0,014 \cdot 10^3$

#### 5. Примеры вычислений

$$(3) K_x \cdot x = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ (В)} = u_x$$

$$(4) u_y = K_y \cdot y = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4 \text{ (В)}$$

$$(2) H = \frac{N_1 \cdot K_x \cdot x}{2 \cdot l_{\text{рт}} \cdot R_1} = \frac{100 \cdot 0,5 \cdot 1}{2 \cdot 1,51 \cdot 0,00675} = 0,23 \cdot 10^2 \left( \frac{\text{А}}{\text{м}} \right)$$

$$(6) B = \frac{C R_2 K_y y}{N_2 S_2} = \frac{0,224 \cdot 4,3 \cdot 0,5 \cdot 0,8}{100 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6}} = 0,856 \cdot 10^3 \text{ (Тл)}$$

$$(7) A_n = \frac{R_2 N_1 C K_x K_y}{2 l_{\text{рт}} R_1 N_2 S_2} = \frac{4,3 \cdot 100 \cdot 0,224 \cdot 0,25 \cdot 0,0032}{2 \cdot 1,51 \cdot 0,00675 \cdot 51 \cdot 100 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6}} = 7,91 \text{ (Дж)}$$

#### 6. Вычисление погрешностей

$$\Delta K_x = \pm 0,07 K_x ; \Delta K_y = \pm 0,07 K_y ; \Delta x = \Delta y = 0,05 \text{ мм}$$

$$\Delta H = \Delta K_x \cdot H = 0,07 \cdot 0,23 = 0,8 \left( \frac{\text{А}}{\text{м}} \right)$$

$$\Delta B = \Delta K_y \cdot B = 0,07 \cdot 0,5 \cdot 85,6 = 0,29 \cdot 10^3 \left( \frac{\text{А}}{\text{м}} \right)$$

7. Выводы: Изучив гистерезис магнитных материалов, построил основную левую намагничивающую, определил работу перемагничивания и коэрцитивную силу.

$$H_1 = (0,23 \pm 0,08) \cdot 10^2 \frac{\text{А}}{\text{м}} ; H_5 = (0,92 \pm 0,03) \cdot 10^2 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

$$H_2 = (0,3 \pm 0,01) \cdot 10^2 \frac{\text{А}}{\text{м}} ; A = 7,91 \text{ Дж}$$

$$H_3 = (0,46 \pm 0,016) \cdot 10^2 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

$$H_4 = ((0,55) \pm (0,019)) \cdot 10^2 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

$$B_1 = (0,085 \pm 0,002) \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

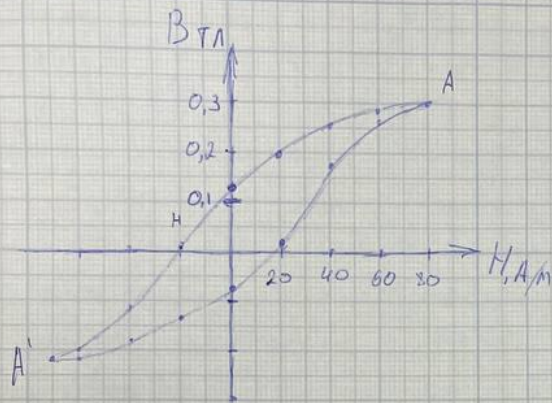
$$B_2 = (0,144 \pm 0,005) \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

$$B_3 = (0,214 \pm 0,007) \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

$$B_4 = (0,224 \pm 0,008) \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

$$B_5 = (0,423 \pm 0,014) \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

3) График наибольшей петли гистерезиса



$$H_C = -20 \frac{A}{m}$$

$$S_n = 0,0032$$

Рисунок 4

