

# **ОТЧЁТ**

по лабораторной работе №2-11

**“Изучение свойств ферромагнитного материала с  
помощью осциллографа ”**

Выполнил: студент гр.

Проверил: преподаватель

## Лабораторная работа 2.11

### Изучение свойств ферромагнитного материала с помощью осциллографа

**Цель работы:** Изучение процессов намагничивания ферромагнетиков в переменном поле.

**Приборы и принадлежности:** панель с торроидальным трансформатором, электронный осциллограф, регулируемый источник переменного тока (ЛАТР), цифровой вольтметр, соединительные провода и кабель.

#### Практическая часть

1 Собираем электрическую цепь, согласно рисунку 1. Включить осциллограф и источник переменного тока (ЛАТР) в сеть. Сфокусируем точку в центре координатной сетки осциллографа.

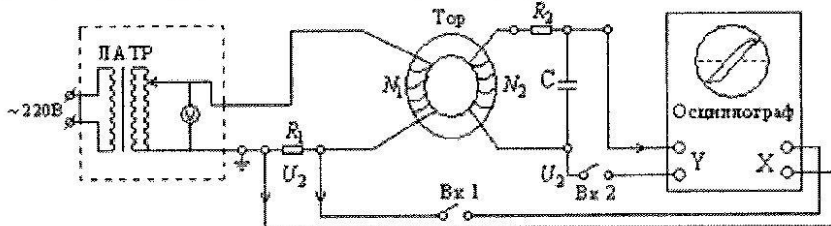


Рисунок 1. Схема установки

2. Увеличивая ЛАТром напряжение, получаем изображение петли гистерезиса наибольшего размера по горизонтали, а затем не меняя напряжения регуляторами ступенчатого и плавного усиления по оси «Y» получить изображение на весь экран. В дальнейшем регуляторы «Усиления» не трогаем.

3. Выключателем Вк-2 отключаем «Вход Y», тогда изображение петли спроецируется на ось «X». Измеряем длину полоски « $l_x$ » на экране и соответствующее ей напряжение на сопротивлении « $R_2$ » цифровым вольтметром  $-U_{x\max}$ .

4. Подключаем «Вход Y» к схеме, включив выключатель Вк-2, но одновременно выключив Вк-1. Тогда петля спроецируется на ось «Y»; измеряем ее проекцию « $l_y$ » и соответствующее напряжение на конденсаторе «C» ( $U_{x\max}$  и  $U_{y\max}$  необходимы для расчета чувствительности каналов осциллографа).

5. Плавно уменьшая напряжение в схеме, получаем не менее 11 петель разного размера; измеряем их проекции по оси согласно пунктам 3 и 4. Результаты измерений заносим в таблицу 1.

#### Обработка результатов измерений

1. Используя результаты первого измерения, рассчитать чувствительность горизонтального  $k_x$  и вертикального  $k_y$  каналов осциллографа по формулам:

$$k_x = \frac{l_x}{2\sqrt{2}U_{x\max}}$$

$$k_y = \frac{l_y}{2\sqrt{2}U_{y\max}}$$

$$k_x = \frac{0,08}{2\sqrt{2} \cdot 21,5} = 0,0013$$

$$k_y = \frac{0,06}{2\sqrt{2} \cdot 0,6} = 0,037$$

2. По формулам

$$H = \frac{N_1}{2\pi \cdot r_{\text{cp}} \cdot R_1} \cdot \frac{l_x}{2 \cdot k_x}$$

$$B = \frac{R_2 \cdot C}{N_2 S} \cdot \frac{l_y}{2 \cdot k_y}$$

вычисляем  $H_i$  и  $B_i$  для всех опытов, а результаты вычислений заносим в таблицу 1.

$$H_1 = \frac{3170}{2 \cdot 3,14 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0,08}{2 \cdot 0,0013} = 973,8 \text{ A/м};$$

$$H_2 = \frac{3170}{2 \cdot 3,14 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0,075}{2 \cdot 0,0013} = 912,9 \text{ A/м};$$

$$H_3 = \frac{3170}{2 \cdot 3,14 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0,07}{2 \cdot 0,0013} = 848,2 \text{ A/м};$$

$$H_4 = \frac{3170}{2 \cdot 3,14 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0,06}{2 \cdot 0,0013} = 730,3 \text{ A/м};$$

$$H_5 = \frac{3170}{2 \cdot 3,14 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0,055}{2 \cdot 0,0013} = 669,5 \text{ A/м};$$

$$H_6 = \frac{3170}{2 \cdot 3,14 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0,05}{2 \cdot 0,0013} = 608,6 \text{ A/м};$$

$$H_7 = \frac{3170}{2 \cdot 3,14 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0,04}{2 \cdot 0,0013} = 486,9 \text{ A/м};$$

$$H_8 = \frac{3170}{2 \cdot 3,14 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0,03}{2 \cdot 0,0013} = 365,2 \text{ A/м};$$

$$H_9 = \frac{3170}{2 \cdot 3,14 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0,02}{2 \cdot 0,0013} = 243,4 \text{ A/м};$$

$$H_{10} = \frac{3170}{2 \cdot 3.14 \cdot 72.5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0.015}{2 \cdot 0.0013} = 182.6 \text{ A/м};$$

$$H_{11} = \frac{3170}{2 \cdot 3.14 \cdot 72.5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0.01}{2 \cdot 0.0013} = 121.7 \text{ A/м};$$

$$B_1 = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.065}{2 \cdot 0.037} = 0.47 \text{ Тл};$$

$$B_2 = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.06}{2 \cdot 0.037} = 0.43 \text{ Тл};$$

$$B_3 = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.055}{2 \cdot 0.037} = 0.398 \text{ Тл};$$

$$B_4 = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.05}{2 \cdot 0.037} = 0.362 \text{ Тл};$$

$$B_5 = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.045}{2 \cdot 0.037} = 0.326 \text{ Тл};$$

$$B_6 = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.04}{2 \cdot 0.037} = 0.29 \text{ Тл};$$

$$B_7 = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.035}{2 \cdot 0.037} = 0.253 \text{ Тл};$$

$$B_8 = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.03}{2 \cdot 0.037} = 0.217 \text{ Тл};$$

$$B_9 = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.025}{2 \cdot 0.037} = 0.181 \text{ Тл};$$

$$B_{10} = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.02}{2 \cdot 0.037} = 0.145 \text{ Тл};$$

$$B_{11} = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.015}{2 \cdot 0.037} = 0.109 \text{ Тл}.$$

3. По формуле  $B = \mu \mu_0 H$  и по значениям  $H$  и  $B$  рассчитаем магнитную проницаемость  $\mu_i$  для всех опытов:

$$\mu_1 = \frac{B_1}{\mu_0 \cdot H_1} = \frac{0.47}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 973.8} = 384; \mu_2 = \frac{0.43}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 912.9} = 375;$$

$$\mu_3 = \frac{0.398}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 848.2} = 373; \mu_4 = \frac{0.362}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 730} = 395;$$

$$\mu_5 = \frac{0.326}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 669} = 388; \mu_6 = \frac{0.29}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 608} = 380;$$

$$\mu_7 = \frac{0.253}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 486.9} = 413.7; \mu_8 = \frac{0.217}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 365.2} = 473;$$

$$\mu_9 = \frac{0.181}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 243.4} = 592; \mu_{10} = \frac{0.145}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 182.6} = 632.2;$$

$$\mu_{11} = \frac{0.109}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 121.7} = 680.$$

Таблица 1

$\frac{H_c}{H}$ $\frac{B_{oc}}{B}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$L_{x,н}$	0,08	0,075	0,07	0,06	0,055	0,05	0,04	0,03	0,02	0,015	0,01
$L_{y,н}$	0,065	0,06	0,055	0,05	0,045	0,04	0,035	0,03	0,025	0,02	0,015
$H, A/m$	974	912	848	730	669	608	487	365	243	183	122
$B, T$	0,47	0,43	0,4	0,36	0,33	0,29	0,25	0,22	0,18	0,145	0,11
$\mu$	384	375	373	395	388	380	414	473	592	632	680

4. Определяем коэрцитивную силу  $H_c$  и остаточную индукцию вещества ферромагнетика  $B_{oc}$ :

$$H_c = \frac{3170}{2 \cdot 3.14 \cdot 72.5 \cdot 10^{-3} \cdot 220} \cdot \frac{0.049}{2 \cdot 0.0013} = 596 \text{ A/m};$$

$$B_{oc} = \frac{150000 \cdot 0.25 \cdot 10^{-6}}{500 \cdot 140 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0.0372}{2 \cdot 0.037} = 0.559 \text{ Тл}.$$

5. По полученным значениям  $H, B$  и  $\mu$  строим графики зависимостей  $B=B(H)$  и  $\mu=\mu(H)$ , рисунок 2.

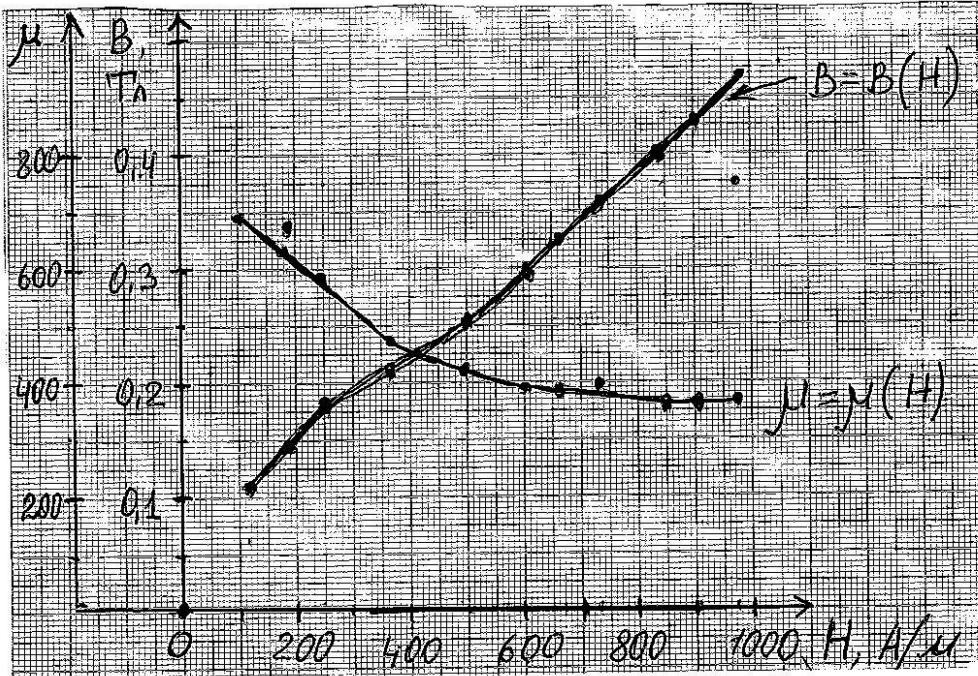


Рисунок 2. Графики зависимостей  $B=B(H)$  и  $\mu=\mu(H)$ .

Выводы: В ходе выполнения работы изучили свойства ферромагнетиков. Для материала из которого изготовлен сердечник трансформатора рассчитали  $B, H$  и  $\mu$ .