

## Лабораторна робота ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФЕРОМАГНЕТИКІВ.

**Мета роботи:** дослідити залежність магнітної проникності від напруженості зовнішнього поля.

**Магнетики** - це речовини, здатні під дією магнітного поля набувати власного магнітного моменту (намагнічуватися).

Магнітна проникність  $\mu$  показує, в скільки разів поле магнетика посилюється за рахунок зовнішнього поля:

$$\mu = \frac{1}{\mu_0} \frac{dV}{dH}$$

де **V** - індукція поля магнетика, **H** - напруженість зовнішнього поля.

Магнетики діляться на 3 типи:

1. діамагнетики;
2. парамагнетики;
3. феромагнетики;

**Діамагнетики** - це речовини, що намагнічуються в зовнішньому магнітному полі проти напрямку поля. У відсутності зовнішнього магнітного поля діамагнетик немагнітний, оскільки магнітні моменти електронів взаємно компенсуються і сумарний магнітний момент атома дорівнює нулю.

Під дією зовнішнього магнітного поля електронні орбіти атома здійснюють прецесійний рух, який еквівалентний круговому струму, внаслідок чого у атома з'являється власне магнітне поле, спрямоване протилежно зовнішньому полю.

Складові магнітних полів атомів (молекул) складаються і утворюють власне магнітне поле речовини, що ослаблює зовнішнє магнітне поле, тобто **V < H**.

Тому для діамагнетика магнітна проникність  $\mu$ :

$$\mu = \frac{1}{\mu_0} \frac{dV}{dH} < 1$$

**Парамагнетики** - речовини, що намагнічуються в зовнішньому магнітному полі за напрямом поля. У парамагнітних речовин за відсутності зовнішнього магнітного поля магнітні моменти електронів не компенсують один одного і атоми (молекули) парамагнетиків завжди мають магнітний момент, проте унаслідок теплового руху молекул їх магнітні моменти орієнтовані хаотично, тому парамагнітні речовини магнітних властивостей не мають. При внесенні парамагнетика до зовнішнього магнітного поля магнітні моменти атомів орієнтуються за полем.

Таким чином, парамагнетик намагнічується, створюючи власне магнітне поле, що співпадає із зовнішнім полем і підсилює його, тобто **V > H**. Для парамагнетика  $\mu > 1$ .

**Феромагнетики** - сильно магнітні речовини. Феромагнетик

розбивається на велике число макроскопічних областей-доменів, мимоволі намагнічених до насичення.

За відсутності зовнішнього магнітного поля магнітні моменти окремих доменів орієнтовані хаотично і компенсують один одного, тому результуючий магнітний момент феромагнетика дорівнює нулю і феромагнетик не намагнічений. Зовнішнє магнітне поле орієнтує за полем магнітні моменти не окремих атомів, а цілі області спонтанної намагніченості.

Якщо повністю розмагнічений феромагнетик помістити в полі, напруженість якого  $H$  збільшується від 0 до  $H_H$ , то індукція поля в зразку змінюватиметься за основною кривою намагнічування  $OA$  (рисунок 1). При зменшенні напруженості від  $H_H$  до 0 індукція зменшується по кривій, що лежить дещо вище, так що при  $H = 0$  у феромагнетику існуватиме залишкове поле  $B_{ост}$ . Для повного розмагнічування тіла необхідне зовнішнє поле протилежного напрямку. Напруженість такого поля  $H_H$  називають коерцитивною силою.

Якщо зовнішнє поле періодично змінюється, то залежність  $B(H)$  матиме вигляд замкнутої кривої, яка називається петлею гістерезису (рисунок 1).

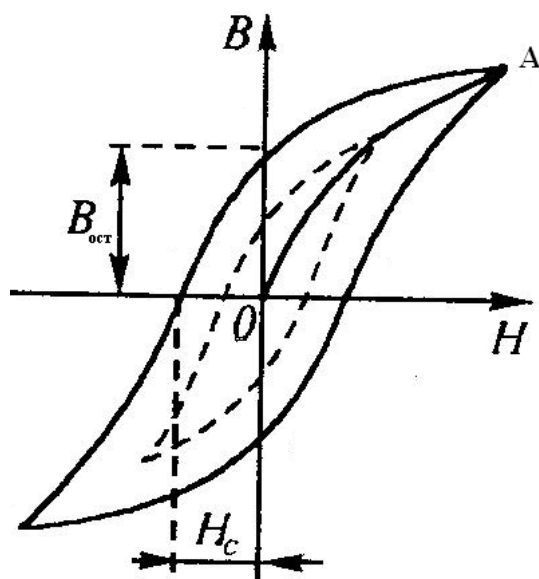


Рисунок 1 - Петля гістерезису

Петлю гістерезису можна спостерігати на екрані осцилографа. Якщо на вертикально відхиляючі пластини ЕПТ осцилографа подати напругу  $U_y$ , то зсув по вертикалі електронного променя буде пропорційним індукції поля в сердечнику  $B$ . Якщо на горизонтально відхиляючі пластини подати напругу  $U_x$ , то зсув по горизонталі електронного променя буде пропорційний напруженості зовнішнього поля  $H$ .

Оскільки струм, що створює зовнішнє поле  $H$  змінний, то з часом результуючий зсув електронного променя опише криву залежності  $B$  від  $H$ ,

тобто петлю гістерезису

## Порядок виконання роботи

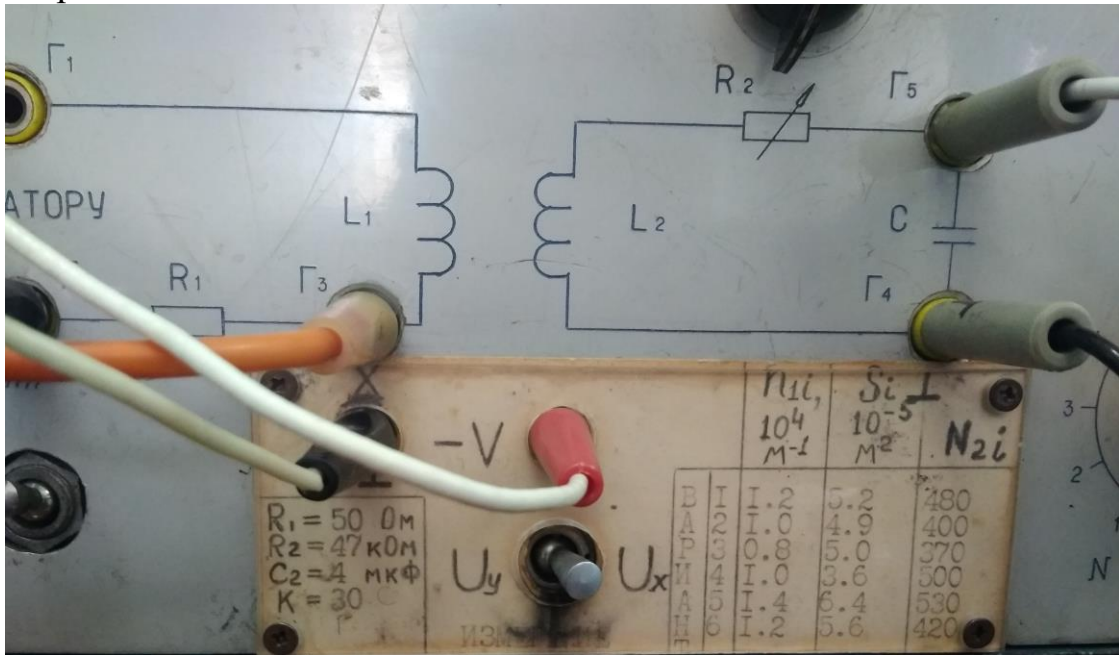
### Лабораторна установка



1 Встановити потенціометром „струм” мінімальний (нульовий) струм.



2. Заміряти  $U_x$  і  $U_y$



3. Замінювати струм, повторюючи для кожного з них п.2; вимірювання проводити до максимально можливого струму.



4. За формулами  $U_x = i_1 R_1 = R_1 \frac{H}{n_1}$  і  $U_y = \frac{q}{C} = \frac{\int i_2 dt}{C} = -\frac{SN_2}{R_2 C} B$  обчислити  $B$  і  $H$  для кожного струму в первинній обмотці:

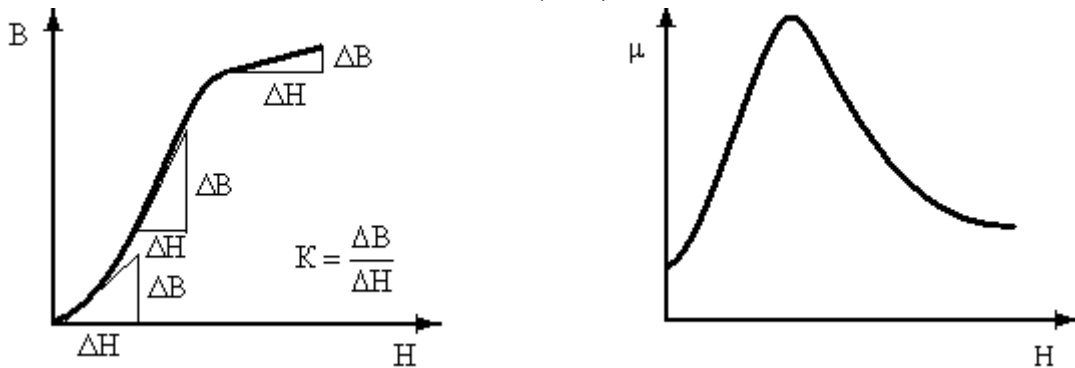
$$H = \frac{n_1}{R_1} U_x = \alpha_1 \cdot U_x; \quad B = \frac{R_2 C}{kSN_2} U_y = \alpha_2 \cdot U_y \quad (1.1)$$

де  $\alpha_1 = \frac{n_1}{R_1}$  і  $\alpha_2 = \frac{R_2 C}{kSN_2}$  - сталі блоку; необхідні для обчислення  $\alpha_1$

і  $\alpha_2$  константи для вказаного варіанту роботи слід узяти з таблиць на блоці.

5. За обчисленими значеннями **B** і **H** побудувати основну криву намагнічування. У 10 - 12 точках провести дотичні до неї, визначити

кутові коефіцієнти цих дотичних  $\left(\frac{\Delta B}{\Delta H}\right)$  (рисунок 2, а).



а)

б)

Рисунок 2 - Побудова залежності  $\mu(H)$  з основної кривої

б. За величинами кутових коефіцієнтів визначити магнітну проникність речовини за формулою  $\mu = \frac{1}{\mu_0} \frac{\Delta B}{\Delta H}$  і побудувати графік  $\mu(H)$  (рисунок 2, б).

**Результати вимірювань і обчислень занести в таблицю**

**ЗРАЗОК №6:**

$n=1,2 \times 10^4 \text{ м}^{-1}$ ,  $S_i=5,6 \times 10^{-5} \text{ м}^2$ ,  $N_2=420$ ,  $R_1=500 \text{ Ом}$ ,  $R_2=47 \text{ кОм}$ ,  $C_2=4 \text{ мкФ}$ ,  $k=30$

$\alpha_1,$ м·Ом	$\alpha_2,$ Вс/м <sup>2</sup>	$U_x$ В	$U_Y$ В	$H,$ А/м	$B$ Тл	$\frac{\Delta B}{\Delta H}$ Гн/м	$\mu$
		0,02	0				
		0,12	0,002				
		0,15	0,01				
		0,2	0,023				
		0,26	0,037				
		0,33	0,051				
		0,42	0,063				
		0,60	0,077				
		0,83	0,087				
		1,11	0,09				
		1,3	0,1				

7. Зробити висновки за наслідками роботи.

### **Контрольні питання**

1. Намагнічування магнетиків. Магнітна проникність. Види магнетиків.
  2. Діамагнетизм і парамагнетизм.
  3. Феромагнетизм. Петля гістерезису
- Методика виконання роботи.