

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ГИСТЕРЕЗИСА С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА

Выполнил студент гр. _____

Ф.И.О. _____

Подпись преподавателя _____

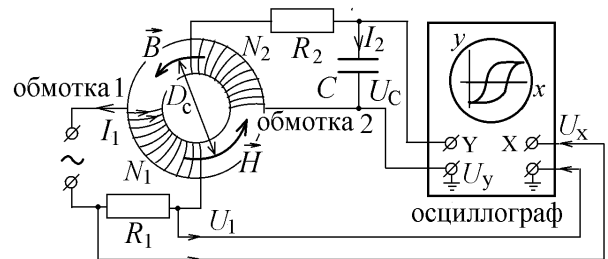
дата _____

(обязательна после окончания эксперимента)

Цель работы: исследовать явление магнитного гистерезиса в ферромагнетике и определить его параметры.

Описание установки

Переменный ток I_1 с частотой $\nu = 50$ Гц протекает по намагничивающей обмотке "1" из N_1 витков, навитой на кольцо из ферромагнетика с диаметром D_c и поперечным сечением S_b . Этот ток создаёт в ферромагнетике магнитное поле с напряженностью $H \sim I_1$. Напряжение $U_x = I_1 R_1 \sim H$ подаётся на клеммы "X" горизонтальной развертки осциллографа. В цепь второй обмотки из N_2 витков, по которой течет индукционный ток $I_2 = -\frac{1}{R_2} \frac{d}{dt} (N_2 S_b B)$, включена интегрирующая RC-цепочка, создающая на конденсаторе с ёмкостью C напряжение $U_y = \frac{1}{C} \int I_2 dt = -\frac{N_2 S_b}{R_2 C} B$. Это напряжение, пропорциональное индукции магнитного поля B в ферромагнетике, подаётся на клеммы "Y" вертикальной развертки осциллографа. На экране осциллографа луч будет рисовать петлю гистерезиса $B = B(H)$.



дудкции магнитного поля B в ферромагнетике, подаётся на клеммы "Y" вертикальной развертки осциллографа. На экране осциллографа луч будет рисовать петлю гистерезиса $B = B(H)$.

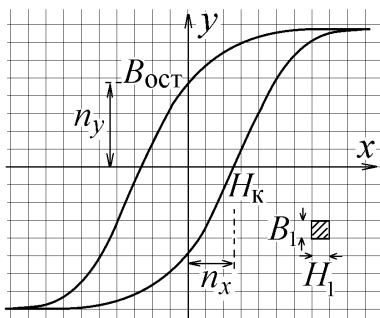
Порядок выполнения работы

А) Получение на экране осциллографа петли гистерезиса

1. Включить установку и осциллограф в сеть с напряжением "220 В". Поставить тумблер S , расположенный на панели, в положение "Выкл". Регулируя ручками "Яркость", "Фокус", "Смещение x" и "Смещение y", добиться появления в центре экрана осциллографа сфокусированной светящейся точки.

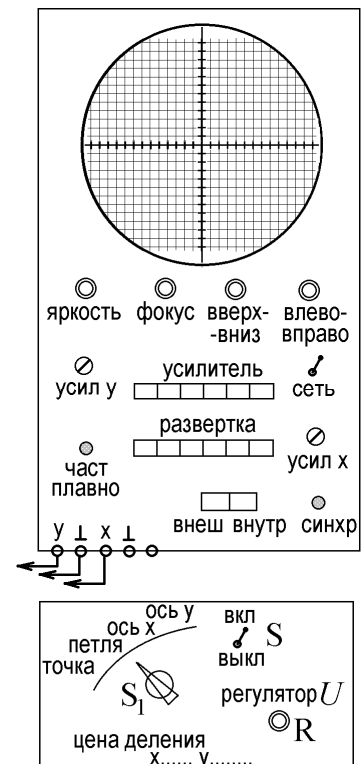
2. Поставить ручку S_1 переключателя на панели в положение "Петля", тумблер S - в положение "Вкл".

3. Изменяя напряжение ручкой R , получить на экране осциллографа изображение петли гистерезиса размером в 2/3 экрана. Центр петли должен находиться в точке пересечения осей x и y , т.е. в центре экрана. После получения петли гистерезиса на экране осциллографа ручки "Усиление x " и "Усиление y " при дальнейшем выполнении работы должны остаться в неизменном положении.



4. Скопировать изображение петли гистерезиса с экрана осциллографа на миллиметровую бумагу с учетом размера клеток на экране.

5. Определить площадь петли гистерезиса S как сумму клеток единичной площади, а также координаты n_x и n_y точек, в которых петля пересекает координатные оси x и y на экране осциллографа (размер одной клетки принять равным единице).



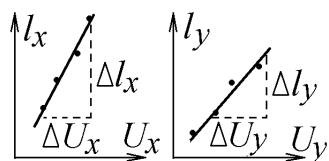
Б) Калибровка осциллографа.

6. Ручку R на панели повернуть в крайнее левое положение. Переключатель S_1 поставить в положение "ось x", при этом на вход осциллографа с потенциометра R подается напряжение U'_x горизонтальной развертки.

7. Изменяя напряжение на вольтметре ручкой R от 0 до максимального значения, снять зависимость длины горизонтальной линии на экране осциллографа (одна клетка имеет единичную длину) от напряжения, подаваемого на вход x: $l_x = f(U'_x)$.

8. Поставить переключатель S_1 на панели в положение "ось y". При этом на осциллограф будет подаваться напряжение U'_y вертикальной развертки. Снять зависимость длины вертикальной линии на экране осциллографа от напряжения U'_y : $l_y = f(U'_y)$. Результаты измерений занести в табл.1. В неё же занести параметры, необходимые для вычислений и указанные на установке.

Таблица 1.



9. Как показано на рисунке, построить графики зависимостей

$$l_x = f(U'_x) \text{ и } l_y = f(U'_y).$$

10. С помощью построенных графиков по формулам

$$k_x = \frac{2\sqrt{2} \Delta U'_x}{\Delta l_x}, \quad k_y = \frac{2\sqrt{2} \Delta U'_y}{\Delta l_y} \quad (1)$$

найти чувствительности входов осциллографа k_x и k_y . Цена деления вольтметра при подключении напряжений U'_x и U'_y указана на панели лабораторной установки. Результаты занести в таблицу 2.

Определение остаточной индукции, коэрцитивной силы и потерь на перемагничивание

11. По формулам $H_k = \frac{k_x N_1}{\pi D_c R_1} n_x$ и $B_{\text{ост}} = \frac{k_y R_2 C}{N_2 S_B} n_y$ (2)

определить величину остаточной индукции $B_{\text{ост}}$ ферромагнитного сердечника и величину H_k коэрцитивной силы.

12. По формуле $w = k_x k_y \frac{R_2 C N_1}{R_1 N_2 S_B \pi D_c} \cdot S''$ (3)

определить энергию перемагничивания w , приходящуюся на единицу объема ферромагнетика за один цикл перемагничивания (за период T). Здесь S'' - число клеток внутри петли на экране осциллографа.

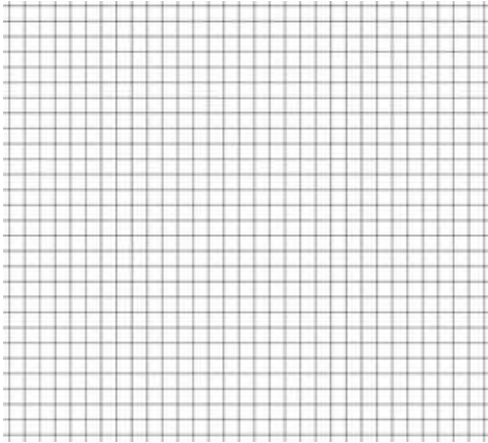
13. По формуле $\bar{w} = \frac{dw}{dt} = w\nu$ определить потери энергии на перемагничивание за одну секунду,

где $\nu = 50$ Гц - частота переменного тока, подаваемого на намагничивающую обмотку.

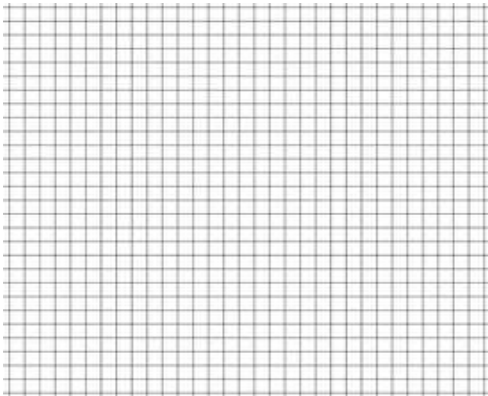
14. Все полученные результаты занести в таблицу 2.

Таблица 2

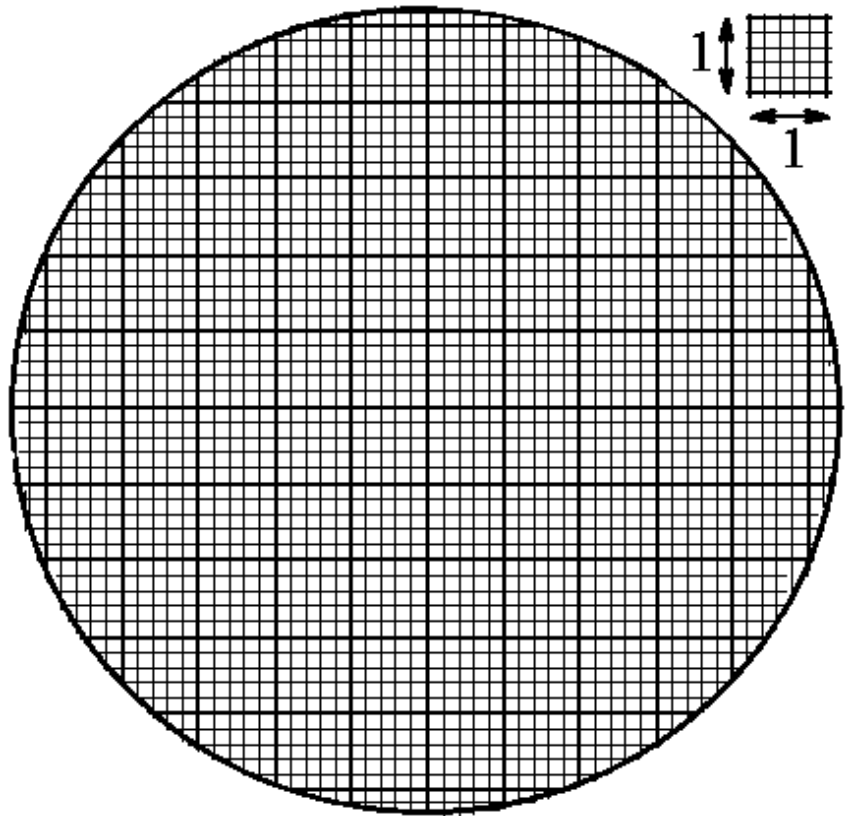
| n_x | n_y | S'' | k_x | k_y | $B_{\text{ост}}, \text{Тл}$ | $H_k, \text{А/м}$ | $w, \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$ | $\frac{dw}{dt}, \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \text{с}}$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------------|--|
| | | | | | | | | |



Зависимость $I_x = f(U'_x)$



Зависимость $I_y = f(U'_y)$



Петля гистерезиса на экране осциллографа

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 46

1. Почему ферромагнетик имеет доменную структуру? Что называется магнитными доменами и какова причина их появления?
2. Что происходит с доменной структурой ферромагнетика при помещении его во внешнее поле?
3. В чем заключается явление магнитного гистерезиса? Объясните существование петли гистерезиса.
4. Почему при выключении внешнего магнитного поля индукция магнитного поля в ферромагнетике не обращается в нуль? Что надо предпринять, чтобы размагнитить намагниченный ферромагнетик?
5. Что называется коэрцитивной силой и остаточной индукцией?
6. По каким причинам петля магнитного гистерезиса деформируется и может иметь вид, изображенный на рис.А?
7. Объясните принцип работы лабораторной установки. Где в ней используется явление электромагнитной индукции, и какую роль играет конденсатор C ?
8. Почему сопротивление R_2 и ёмкость конденсатора C должны быть большими? Что ограничивает их величину?
9. Почему в данной работе не наблюдается линейная зависимость $\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$?
10. Как откалибровать осциллограф? Объясните способ получения формул (1) для чувствительности k_x и k_y его входов?
11. Сделайте и объясните вывод этих формул (2)-(3), по которым в данной работе определяются величины остаточной индукции и коэрцитивной силы.
13. Чему равна площадь петли магнитного гистерезиса? Какой смысл она имеет?
14. Почему при проведении работы ферромагнетик нагревается, и как вычислить количество полученной им теплоты?

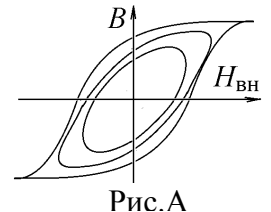


Рис.А

Теоретические сведения к данной работе можно найти в учебных пособиях:

1. Савельев И.В. Курс общей физики в 3-х тт.: Т. 2: Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика – СПб., М., Краснодар: Лань, 2008. - §§47, 52.
2. Колмаков Ю.Н., Пекар Ю.А., Лежнева Л.С. Электромагнетизм и оптика, - изд. ТулГУ. 2010, гл.1 §§3,5, гл 2 §2.
3. Колмаков Ю. Н., Левин Д.М., Семин В.А. Основы физики конденсированных сред и физики микромира: Ч.1, - изд. ТулГУ. 2014, гл.7 §7.5,7.6.