

# Лабораторная работа № 7

## Определение магнитной проницаемости ферромагнетика

Цель работы: изучение намагничивания ферромагнетиков, определение коэрцитивной силы и остаточной намагниченности и построение по результатам опыта основной кривой намагничивания.

### Описание лабораторной установки и вывод расчётных зависимостей

Лабораторный модуль состоит из кассеты, на лицевой панели которой приведена электрическая схема (рис. 4.1). Внутри кассеты размещается ферритовый сердечник с двумя обмотками, а также печатная плата, которая содержит элементную базу.

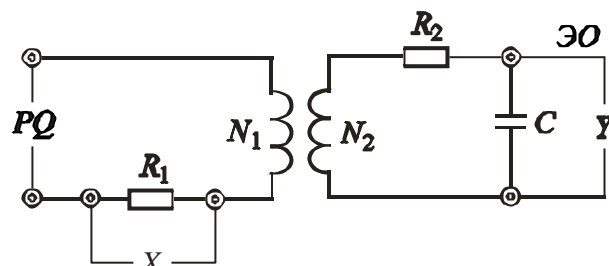
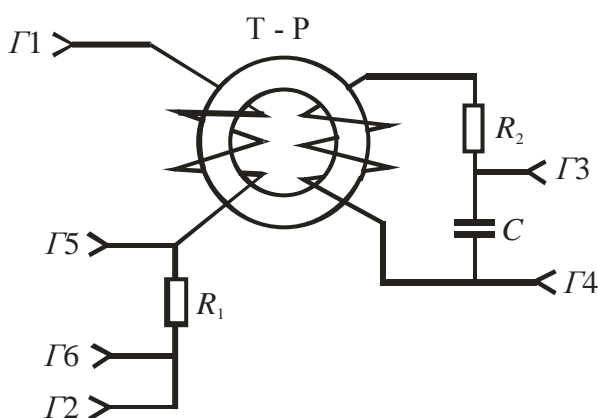


Рис. 7.1. Схема лицевой панели

Принципиальная электрическая схема приведена на рис. 7.1. К гнездам «PQ» на лицевой панели (Г1, Г2 на рис. 7.2) подключается генератор гармонических колебаний. Сигнал с гнезд ЭО «Y» (Г3, Г4, рис. 7.2) подается на усилитель вертикальной развертки, а с гнезд ЭО «X» (Г5, Г6, рис.7.2.) снимается напряжение, которое пропорционально току в обмотке  $N_1$ , и подается на усилитель входа «X» в случае использования двухканального осциллографа. При наличии однолучевого осциллографа сигнал подается на горизонтально отклоняющие пластины, которые предварительно отключаются от усилителя горизонтальной развертки.



Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
Г1-Г6	Гнездо, Г- 4	6	
C	Конденсатор, 0.047 мФ	1	
R <sub>1</sub>	Резистор МЛТ, 32,0 Ом	1	
R <sub>2</sub>	Резистор МЛТ 32 кОм	1	
Т-Р	Сердечник М2000НМ $S = (6 \times 6) \text{ мм}^2$ , $l = 80 \text{ мм}$ , $N_1 = 100 \text{ в}$ , $N_2 = 100 \text{ в}$ .		

Рис. 7.2. Принципиальная электрическая схема

Суть эксперимента заключается в независимом определении напряженности магнитного поля  $H$  в ферромагнетике с помощью закона полного тока и магнитной индукции  $B$  на основе использования закона электромагнитной индукции. В работе используется метод наблюдения семейства петель гистерезиса с помощью электронного осциллографа. Для этого на горизонтально отклоняющие пластины подается сигнал пропорциональный  $H$ , на вертикально отклоняющие пластины — сигнал пропорциональный  $B$ .

Исследуемый ферромагнетик представляет собой тонкое кольцо – тороид с намотанными на него двумя обмотками  $N_1$  и  $N_2$ . Когда по обмотке  $N_1$  течет ток, внутри сердечника возникает магнитное поле. Если толщина тороида меньше его диаметра, величину напряженности магнитного поля можно считать постоянной по сечению тороида и равной напряженности в середине сечения.

По закону полного тока получим

$$H = \frac{N_1 I}{l} \quad (7.1)$$

где  $l$  – длина осевой (средней) линии тороида,  $I$  – поле в обмотке  $N_1$ .

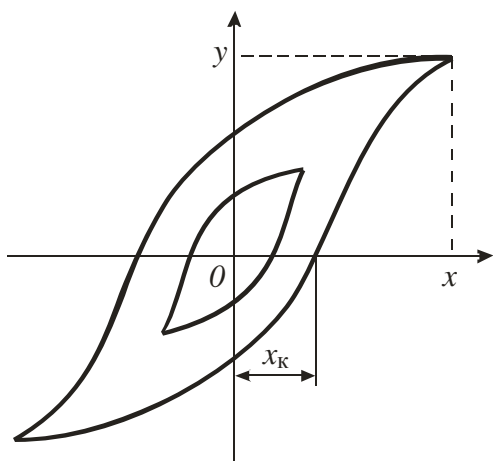


Рис.7.3

Напряжение  $U_x = IR_1$  с резистора сопротивление  $R_1$ , включенного в цепь обмотки  $N_1$  подается на горизонтально отклоняющие пластины осциллографа. Измерив значение  $U_x = \alpha_x x$ , где  $\alpha_x$  – масштабный коэффициент отклонения по горизонтали,  $x$  – величина отклонения в делениях (рис. 7.3).

Определим ток  $I$  и подставим в формулу (7.1). В итоге получим

$$H = \frac{N_1 \alpha_x}{l R_1} x \quad (7.2)$$

Для определения магнитной индукции в сердечнике наматывается еще одна обмотка с числом витком  $N_2$ . При измерении магнитного потока в сердечнике в обмотке возникает Э.Д.С. индукции

$$E = -N_2 \frac{dp}{dt} = -N_2 S \frac{dB}{dt}, \quad (7.3)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения сердечника.

Схема включения вторичной обмотки в измерительную цепь показана на рис. 7.4.

Параметры схемы подобраны таким образом, что выполняется условие

$$I_2 R_2 \gg U_c,$$

где  $I_2$  – ток в обмотке  $N_2$ ,  $U_c$  – напряжение на конденсаторе.

Пренебрегая падением напряжения на вторичной обмотке и напряжением на конденсаторе можно записать закон Ома в виде

$$E = I_2 R_2 \quad (7.4)$$

Учитывая, что  $I_2 = -\frac{dQ}{dt}$ , где  $Q$  заряд конденсатора из (7.3) и (7.44) получим

$$dB = \frac{R_2}{N_2 S} dQ.$$

Проинтегрировав это выражение получим

$$B = \frac{R_2}{N_2 S} Q.$$

Так как  $Q = U_c C = U_y C = \alpha_y y C$  окончательно найдем выражение для расчета магнитной индукции.

$$B = \frac{CR_2 \alpha_y}{N_2 S} y, \quad (7.5)$$

где  $\alpha_y$  – масштабный коэффициент усилителя по вертикали,  $y$  – величина отклонения сигнала на экране осциллографа (рис. 7.3).

### Подготовка модуля к работе

1. Подсоединить к гнездам «PQ» на лицевой панели генератор гармонических колебаний.
2. Соединить гнезда ЭО «У» с разъемом усилителя осциллографа с помощью коаксиального кабеля.
3. Соединить гнезда ЭО «Х» с пластинами горизонтальной развертки «Х», предварительно отключив генератор развертки.
4. Включить в сеть генератор и осциллограф и установить частоту генератора  $\nu = 5\text{кГц}$ .
5. Регулируя величину выходного напряжения генератора и усиление на оси  $y$  осциллографа установить предельную петлю гистерезиса, соответствующую магнитному насыщению образца, так, чтобы она помещалась на экране.

### Порядок проведения измерений

1. Измерить координаты «Х» и «У» вершины предельной петли гистерезиса.
2. Уменьшая величину напряжения генератора, получить семейство петель гистерезиса (6 – 8 петель). Для каждой петли определить координаты «Х» и «У» ее вершины. Данные занести в таблицу.
3. Срисовать на кальку предельную петлю гистерезиса.
4. Определить координату «Х<sub>к</sub>», соответствующую коэрцитивной силе  $H_k$ .

№ петли	X делений	У делений	$\alpha_x$ , мВ/дел	$\alpha_y$ , мВ/дел	H, А/м	B, Тл	$\mu$
1							
.							
.							
.							
n							

## Обработка результатов измерений

1. По формулам (7.2) и (7.5) рассчитать значения  $H$  и  $B$  и записать данные в таблицу.
2. Построить график зависимости  $B = f(H)$ .
3. По формуле  $\mu = \frac{B}{\mu_0 H}$  рассчитать величину относительной магнитной проницаемости и результаты занести в таблицу.
4. Построить график зависимости  $\mu = f(H)$ .
5. Для одной из точек основной кривой намагничивания  $B = f(H)$  рассчитать погрешности  $\Delta B$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta \mu$  и записать результат в стандартном виде.
6. По измеренному значению  $X_k$  рассчитать по формуле (7.2) коэрцитивную силу  $H_k$ .

## Определение магнитной проницаемости ферромагнетика

Состав работы:

- лабораторный модуль \_\_\_\_\_ 1 шт.
- генератор гармонических колебаний (GFG 8219A) \_\_\_\_\_ 1 шт.
- осциллограф (ОСУ-10В) \_\_\_\_\_ 1 шт.
- приборная полка \_\_\_\_\_ 1 шт.

Параметры работы:

- сопротивление резисторов  $R_1 = 50 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ кОм}$ ,
- ёмкость конденсатора  $C = 0,047 \text{ мкФ}$ ,
- частота генератора  $f = 2500 \text{ Гц}$ ,
- сечение сердечника (тороида)  $S = (6 \text{ } 7) \text{ мм}$ .
- длина осевой линии сердечника  $l = 80 \text{ мм}$ .

Примечание.

Установочные параметры генератора - нажата кнопка « 1 к »

Вид сигнала – « меандр» ( )

Чувствительность осциллографа по оси «Х» - 0,5 В/дел.