

Лабораторная работа № 5.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ФЕРРОМАГНЕТИКА ОТ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

ЦЕЛЬ: построение графика зависимости магнитной проницаемости ферромагнетика от напряженности магнитного поля $\mu_r(H)$ и основной кривой намагничивания $B(H)$.

ОБОРУДОВАНИЕ: миниблоки «Ферромагнетик», «Сопrotивление», генератор сигналов специальной формы, мультиметры.

Введение

Ферромагнетики – это сильные магнетики, обладающие особыми магнитными свойствами. Магнитная проницаемость ферромагнетиков μ_r зависит от напряженности H магнитного поля. По этой причине от величины H зависят и те характеристики контура, которые связаны с магнитной проницаемостью среды, например, индуктивность соленоида L :

$$L = \mu_r \mu_0 \frac{N^2 S}{l} \quad (1)$$

и его индуктивное сопротивление переменному току X_L :

$$X_L = \omega L \quad (2)$$

где μ_0 - магнитная постоянная; N – число витков соленоида; S – площадь поперечного сечения сердечника соленоида; l – длина средней осевой линии сердечника; ω -циклическая частота переменного тока.

Метод измерений

В данной работе измерение магнитной проницаемости сердечника μ_r основано, согласно формуле (1), на измерениях индуктивности L катушки и ее геометрических параметров N , l и S . Для определения индуктивности достаточно измерить индуктивное сопротивление катушки переменному току известной частоты ω . Полное сопротивление катушки переменному току

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (3)$$

так как обычно $R \ll X_L$, то величиной активного сопротивления катушки R можно пренебречь по сравнению с индуктивным сопротивлением переменному току частоты 200 Гц.

Закон Ома позволяет определить величину Z путем измерений тока I и напряжения U на участке цепи, содержащем соленоид:

$$Z = U/I \quad (4)$$

Расчетная формула для определения магнитной проницаемости, полученная с использованием выражений (1), (3), (4), имеет следующий вид:

$$\mu_r = \frac{LI}{\mu_0 N^2 S} = \frac{l}{\omega \mu_0 N^2 S} \cdot \frac{U}{I} = K \frac{U}{I} \quad (5)$$

где $K = \frac{l}{\omega \mu_0 N^2 S}$ - постоянная установки.

Напряженность магнитного поля, которое создается в кольцевом сердечнике при протекании по обмотке тока I , можно рассчитать по формуле

$$H = NI/l \quad (6)$$

Таким образом, каждому значению тока I соответствуют определенная напряженность магнитного поля H , магнитная проницаемость сердечника μ_r и индукция магнитного поля B :

$$B = \mu_0 \mu_r H \quad (7)$$

Определяя величины H , μ_r и B при различных токах, можно экспериментально установить следующие зависимости:

- а) $B = f(H)$ - зависимость магнитной индукции от напряженности магнитного поля (основная кривая намагничивания ферромагнетика);
- б) $\mu_r = f(H)$ - зависимость магнитной проницаемости сердечника от напряженности магнитного поля.

Описание установки

Электрическая схема установки показана на рис. 1, монтажная – на рис. 2.

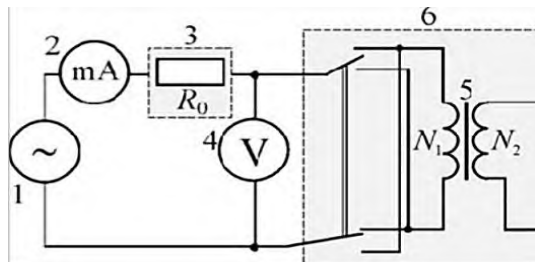
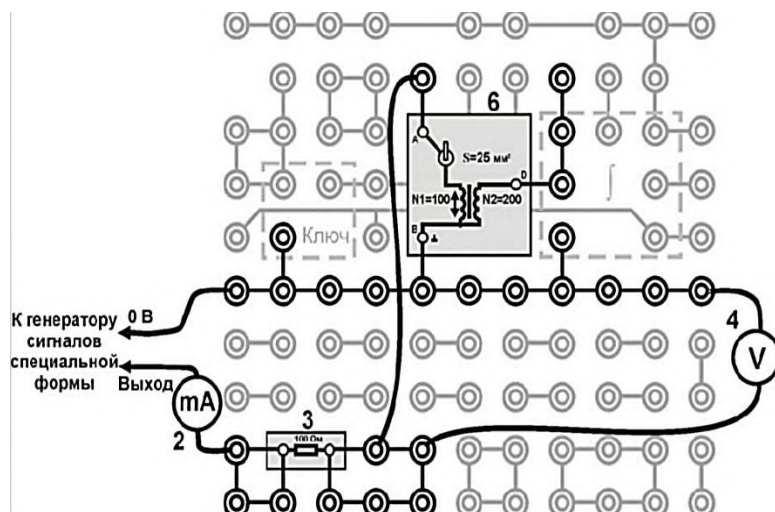


Рис.1. Электрическая схема:

- 1 - генератор сигналов специальной формы;
- 2 - мультиметр (режим $A \sim 200 \text{ mA}$, входы COM, A);
- 3 - блок «Сопротивление», $R_0 = 100 \text{ Ом}$;
- 4 - мультиметр (режим $V \sim 2 \text{ В}$, входы COM, V Ω);
- 5 - кольцевой сердечник с обмотками N_1 и N_2 ;
- 6 - блок «Ферромагнетик»

На кольцевой сердечник 5, изготовленный из исследуемого ферромагнитного материала, намотаны N_1 проводочных витков. Эта обмотка, по которой пропускают переменный ток частоты 200 Гц, служит для намагничивания магнетика, и по ее параметрам определяют напряженность H



намагничивающего поля. Генератор сигналов специальной формы 1 позволяет изменять напряжение U , а следовательно, и ток I в обмотке тороида. Эти величины измеряют соответственно вольтметром 4 и миллиамперметром 2.

Рис. 2. Монтажная схема 2, 3, 4, 6 – см. рис. 1

Порядок выполнения работы

Выполнение измерений

1. Запишите в таблицу параметры установки и исследуемого образца:

N – число витков обмотки тороида;

l – длина средней осевой линии сердечника;

S – площадь сечения сердечника.

2. Соберите электрическую цепь по монтажной схеме, приведенной на рис.2.
3. Включите кнопками «Сеть» питание блока генераторов напряжений и блока мультиметров. Нажмите кнопку «Исходная установка» (поз. 19, см. рис. 1 на стр. 93).
4. Кнопками установки частоты «0.2-20 кГц» установите 200 Гц (поз. 11, см.рис. 1 на стр. 93).

Таблица 1

Параметры установки	$U, В$	$I, мА$	$H, А/м$	μ_r	$B, мТл$
$N=100$		5			
$l= 37,7 \text{ мм}$					
$S=25 \text{ мм}^2$					
$\omega = 400\pi \text{ с}^{-1}$		...			
$K = \dots \text{ А/В}$		55			

5. Кнопками установки уровня «0 - 15 В» генератора сигналов специальной формы установите в обмотке тороида ток $I \approx 5$ мА. Запишите в таблицу показания тока и напряжения.
6. Изменяя ток в обмотке тороида с шагом ≈ 5 мА до 55 мА, измерьте напряжения. Запишите в таблицу показания тока и напряжения.
7. Выключите кнопками «Сеть» питание блока генераторов напряжений и блока мультиметров.

Обработка результатов измерений

1. Вычислите постоянную установки K в соответствии с формулой (5):

$$K = \frac{l}{\omega \mu_0 N^2 S} = \dots \text{ А/В} .$$

Результат расчетов запишите в таблицу.

2. Для каждого значения тока рассчитайте величины H , μ_r и B по формулам (6), (5) и (7). Результаты расчетов запишите в таблицу.
3. По данным таблицы постройте основную кривую намагничивания $B = f(H)$ и график зависимости $\mu_r = f(H)$.
4. В выводе по работе отразите особенности формы опытных кривых:
 - а) сопоставьте ход кривой намагничивания с положением максимума на графике $\mu_r = f(H)$;
 - б) сравните полученные кривые с известными теоретическими и экспериментальными зависимостями (см. приложение 6. стр. 216)

Контрольные вопросы

1. Покажите вид основной кривой намагничивания $B = f(H)$ и графика зависимости относительной магнитной проницаемости от напряженности $\mu_r = f(H)$ магнитного поля для ферромагнетиков:
 - а) при $T < T_c$;
 - б) при $T > T_c$ (T_c – температура Кюри).
2. Чем отличается основная кривая намагничивания ферромагнетика от аналогичной зависимости $B = f(H)$ для не размагниченного образца?
3. Назовите характерные свойства ферромагнетиков и особенности их намагничивания.
4. Опишите изменения доменной структуры ферромагнетика в процессе его намагничивания (по мере роста напряженности поля H).
5. От каких величин зависят:
 - а) напряженность H магнитного поля тороида;
 - б) индукция B магнитном поле тороида с ферромагнитным сердечником;

- в) магнитная проницаемость μ_r сердечника тороида?
6. Какие формулы показывают зависимость параметров магнитного поля B и H от других величин?
 7. Какая зависимость составляет основу метода определения магнитной проницаемости сердечника?
 8. Какой закон используется в работе для определения полного сопротивления катушки в цепи переменного тока?
 9. Какие измеряемые величины входят в расчетную формулу для магнитной проницаемости сердечника?
 10. Какие экспериментальные зависимости можно получить, определяя μ_r , H и B при различных токах?
 11. Какой элемент электрической цепи служит для изменения напряжения U ?
 12. Какие формулы используют для определения следующих величин: а) напряженности H магнитного поля в сердечнике;
б) магнитной индукции B ;
в) магнитной проницаемости μ_r материала сердечника?
 13. Какие измеренные величины используются для построения основной кривой намагничивания?