

Лабораторная работа 3.4.5. Петля гистерезиса (динамический метод).

Радькин Кирилл, Б01-005

04.12.21

Цель работы: изучение петель гистерезиса различных ферромагнитных материалов в переменных полях.

В работе используются: автотрансформатор, понижающий трансформатор (или реостат), интегрирующая ячейка, амперметр и вольтметр (мультиметры), резистор, делитель напряжения, электронный осциллограф, тороидальные образцы с двумя обмотками.

Теоретическая справка:

К ферромагнетиками принадлежат железо, никель, кобальт, гадолиний, их многочисленные сплавы с другими металлами. К ним примыкают ферриты — диэлектрики со структурой антиферромагнетика.

Магнитная индукция \vec{B} и напряжённость магнитного поля \vec{H} в ферромагнитном материале неоднозначно связаны между собой: индукция зависит не только от напряжённости, но и от предыстории образца. Связь между индукцией и напряжённостью поля типичного ферромагнетика на графике выражается петлёй гистерезиса (см. рис. 1).

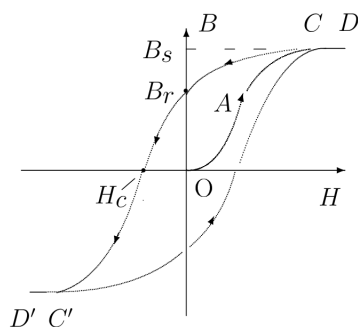


Рис. 1. Петля гистерезиса ферромагнетика

Экспериментальная установка:

Схема установки изображена на рис. 2. Напряжение от сети с помощью трансформатора T подаётся на намагничивающуюся обмотку N_0 исследуемого образца.

Напряжённость H в образце определяется по теореме о циркуляции с помощью эффективного значения силы тока I_0 , измеряемого амперметром. Магнитная индукция B с помощью интегрирующей RC-цепочки.

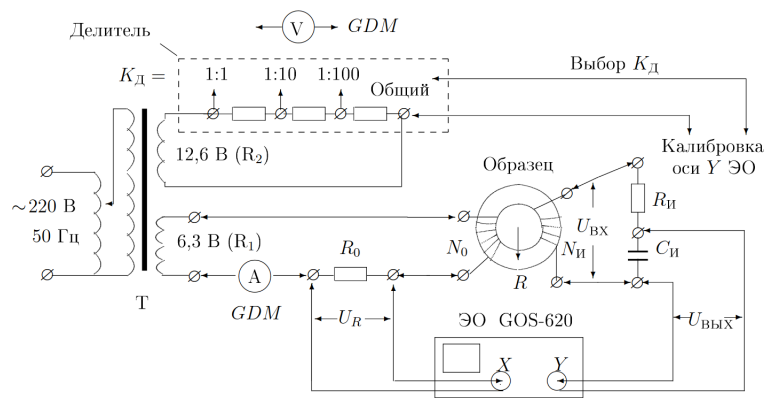


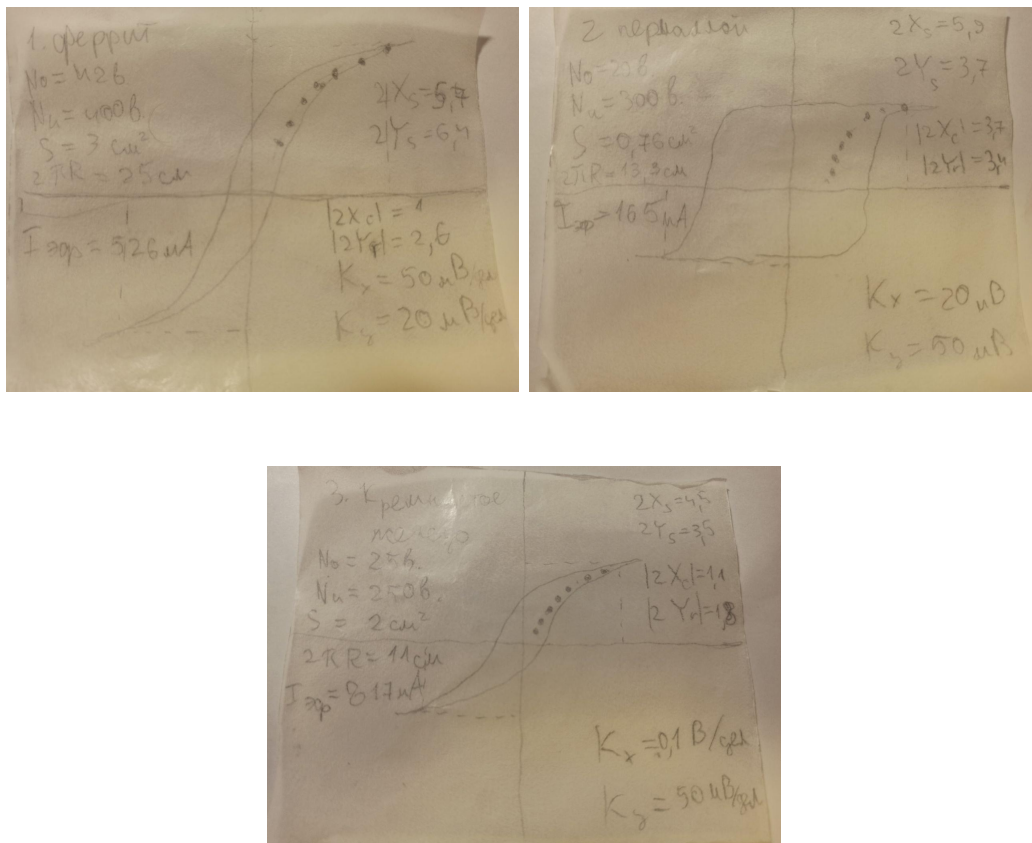
Рис. 2. Схема установки для исследования намагничивания образцов

Ход работы:

1. Для наблюдения петли гистерезиса на экране ЭО соберём схему согласно рис. 2. Подготовим приборы к работе.

2. С помощью потенциометра подберём ток питания в намагничивающей обмотке так, чтобы на экране наблюдалась предельная петля гистерезиса. Подберём коэффициенты усиления каналов ЭО так, чтобы предельная петля занимала большую часть экрана. Сфотографируем и зарисуем на кальку предельную петлю и оси координат. Измерим все необходимые величины (согласно описанию работы). Нанесём кривую начального намагничивания.

3. Повторим предыдущий пункт для всех образцов (всего их 3: феррит, пермаллой (Fe-Ni) и кремнистое железо (Fe-Si)). Результаты см. на фотографиях кальки.



4. Проведём калибровку горизонтальной оси ЭО. Для этого «закоротим» обмотку N_0 и

подберём такой ток, при котором горизонтальная прямая занимает большую часть экрана. После чего найдём чувствительность канала по формуле:

$$K_{X-\text{расч}} = \frac{2R_0 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{эф}}}{2x}$$

Из информации на установке можно узнать: $R_0 = 0,22 \text{ Ом}$. Итого получаем:

$K_{X-\text{ОЭ}} = 20 \text{ мВ}$	$I_{\text{эф}} = 290 \text{ мА}$	$2x = 10$	$K_{X-\text{расч}} = 18 \text{ мВ}$
$K_{X-\text{ОЭ}} = 50 \text{ мВ}$	$I_{\text{эф}} = 690 \text{ мА}$	$2x = 9.7$	$K_{X-\text{расч}} = 44 \text{ мВ}$
$K_{X-\text{ОЭ}} = 0,1 \text{ В}$	$I_{\text{эф}} = 1.4 \text{ А}$	$2x = 9.7$	$K_{X-\text{расч}} = 89 \text{ мВ}$

5. Разберём схему и измерим чувствительность канала Y по формуле:

$$K_{Y-\text{расч}} = \frac{2\sqrt{2} \cdot U_{\text{эф}}}{2y}$$

Результаты измерений приведены ниже:

$K_{Y-\text{ОЭ}} = 20 \text{ мВ}$	$U_{\text{эф}} = 23 \text{ мВ}$	$2y = 6.6$	$K_{Y-\text{расч}} = 10 \text{ мВ}$
$K_{Y-\text{ОЭ}} = 50 \text{ мВ}$	$U_{\text{эф}} = 87 \text{ мВ}$	$2y = 6.4$	$K_{Y-\text{расч}} = 38 \text{ мВ}$

6. Найдём время интегрирующей цепочки. Для этого измерим её входное и выходное напряжение. $U_{\text{вх}} = 9,2\text{В}$, $U_{\text{вых}} = 72 \text{ мВ}$. Тогда получаем:

$$\tau = \frac{U_{\text{вх}}}{\omega \cdot U_{\text{вых}}} = 0,4 \text{ с}$$

Обработка результатов:

7.

Материал	H	B	H_{max}	B_s	H_c	B_r
Феррит	38	0.067	108	0.2	19	0.087
Пермаллой	14	0.88	25.9	1.6	25.9	1.5
Кремнистое железо	103	0.4	57	0.7	57	0.36

Таблица 1. Полученные характеристики для каждого материала