

Лабораторная работа № 3.8
"Исследование ферромагнетиков в"
переменной магнитное

Цель: Определение основных магнитных характеристик ферромагнетика, изучение явления гистерезиса.

Оборудование: осциллограф, генератор синусоидального сигнала, катушки, образцы металлов

Введение:

Ферромагнетики — в-ва, обладающие спонтанной намагниченностью при охлаждении внешнего маг. поля.

При $T > T_c$ ферромагнетик превращ. в парамагнетик. Составл. из доменов-участков с парал. магнитными моментами и спонтанной намагн.

Кривая намагн. — $B(H)$, где H — напряженность

гистерезис — неоднозначность зависимости $B(H)$

рис 8.1 — петля гистерезиса.

$P_{гг} = \sigma \cdot J = \oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$ где σ — площадь петли гистерезиса

$$P_{гг} = P/V = \sigma_{\text{вн}} \cdot J \quad (8.1)$$

Не существует однозначной маг. прониц. μ и μ_0 ; т.к. она оказывается завис. от велич. и направ. поля, процесса намагн.

$$B = \mu \mu_0 H, \quad \mu = \frac{B}{\mu_0 H}, \quad \mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \quad (8.2)$$

при большой длине образцов:

$H \approx H_0$, где H_0 маг. поле соленоида

$$\mu \ll (L/d)^2 \quad (8.3)$$

для короткой длины: $H = \frac{B}{\mu \mu_0} = \left[\frac{A}{\mu} \right]$ $\mu_0 = \left[\frac{\text{кГс}}{\text{А}^2}; \frac{\text{ср}}{\text{м}} \right]$

$\vec{H} = \vec{H}_0 - F \vec{J}$, где F — фактор разн. \vec{J} — намагн. образцов $\left[\frac{\text{А}}{\text{м}} \right]$

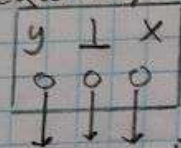
$$\vec{J} = \frac{d\vec{P}_{\text{м}}}{dV}, \quad \vec{P}_{\text{м}} — \text{маг. дип. момент}$$

график короткого будет растянут по H_0

$$n = \frac{H_{0\text{кор}}}{H_{0\text{длин}}} > 1 \quad (8.4)$$

рис. 8.2

осциллограф



$$\omega = 2\pi f$$

$$f = 50 \text{ Гц}$$

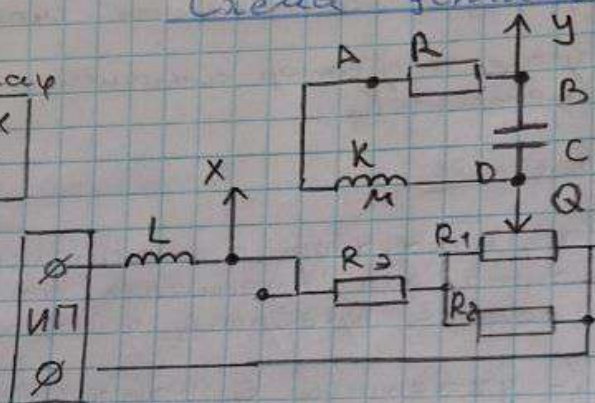


Схема установки

$$L_1 = 285 \pm 5 \text{ мГн}$$

$$N_1 = 4000 \pm 10$$

$$R = (20,0 \pm 0,1) \text{ Ом}$$

$$C = 1,0 \pm 0,2 \text{ мкФ}$$

$$R_{\text{эм}} = 2,5 \pm 0,3 \text{ Ом}$$

$$N = 1000$$

$$d_1 = 6 \text{ мм}$$

$$d_2 = 12 \text{ мм}$$

$$d = 2,0 \text{ мм} \pm 0,1$$

рис. 8.3

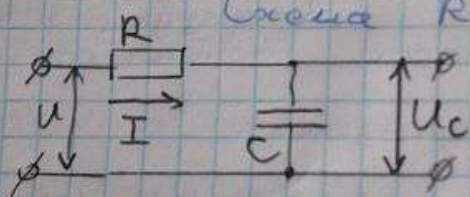


Схема R-C цепи

$$\Phi = \int \vec{B} d\vec{S}$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = \dot{\Phi} = \mathcal{E}_{\text{инд}} = \int \vec{E} d\vec{S}$$

Описание установки

рис. 8.2
 МТ создается L. По напряжению R эталонного определено
 ток в обмотке соленоида.
 K - держатель с индуктивной катушкой
 M - излучатель ферри образца

Образца $\ll \ll \langle \text{Свиттов} \rangle$, поэтому часть МТомаса
 не зам. образцами. Для того чтобы возник в
 катушке ЭДС определялась МТом, вычитаем
 лишнюю часть МТом с помощью коэффициента R_1, R_2

$U = k_n$, k - коэф. коэф. откл., n - размер изобр.
 по ЭММ напряж. на катушке

$$U = \frac{d\Phi}{dt} = N \frac{d\sigma}{dt} = N S_0 \frac{dB}{dt} \quad (8.5)$$

$$U = U_R + U_C; U_R = iR; U_C = q/C; i = \frac{dq}{dt}$$

$$\omega \gg 1/RC, U_R \gg U_C \Rightarrow \quad (8.6)$$

$$i = U_R/R = U/R \Rightarrow dq/dt \approx U/R$$

$$U_C = \frac{1}{C} \int \frac{U}{R} dt = \frac{1}{RC} \int U dt = \frac{1}{\tau} \int U dt \quad (8.7)$$

$\tau = RC$ - постоянная времени RC-цепочки

$$U_C = \frac{N S_0}{RC} \int dB = \frac{N S_0}{RC} B$$

Индукцию в образце определим по напряжению вил
 $B = m_B U_C; m_B = \frac{RC}{N S_0} = \frac{\tau}{N S_0} \quad (8.8)$ RC эл. рис

$U = U_m \cos \omega t$ для измеренных параметров
 RC-цепочки
 $(8.7) \Rightarrow$

$$U_C = \frac{1}{\tau} \int U_m \sin \omega t = U_{Cm} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (8.9)$$

$$\tau = U_m / (U_{Cm} \omega) \quad (8.10)$$

$$H_0 = N_1 I / L_1 = (N_1 / L_1) (U_2 / R_2)$$

$$H_0 = m_H U_2; m_H = N_1 / (L_1 R_2) \quad (8.11)$$

$$U_k = N \langle S \rangle \frac{dB}{dt} = N \langle S \rangle \mu_0 \frac{dH_0}{dt} = N \langle S \rangle \mu_0 \omega H_m \sin \omega t$$

$$U_{km} = \mu_0 N \langle S \rangle \omega H_m \quad (8.12)$$

$$H_m = m_H U_{km} \Rightarrow$$

$$m_B = \frac{(U_{km} / U_{km})}{\mu_0 N \langle S \rangle \omega} \quad (8.13)$$

Лог работы:

1) подготовил к работе: $x \in U_2$; $y \in U_3$; каноническая

2) пробное накл. линии исторически $K \in \mathbb{N}^2$ (длина)

3) склеиле основной кривой N^2 короткий

4) без образца вставил мажор. $h_x = (h_x^+ - h_x^-) / 2$

$B = m_x k_y h_y$; $H = m_x k_x h_x$ (8.14)

4) определение параметров през. линии

8-10 изм. отск. h_y^+ для h_x с шаг $0,1$

$h_x \rightarrow H$; $h_y^+ \rightarrow B^+$ по (8.14)

3) табл. 8.3 склеиле осн кривой $U_3 = 978$

№	$h_x^+, \text{дел}$	$h_y^+, \text{дел}$	$h_x^-, \text{дел}$	$h_y^-, \text{дел}$	h_x	h_y	$K_{x, \text{дел}}$	$K_{y, \text{дел}}$	$H, \text{А}$	$B, \text{Т.а}$	M	Δ
8. 1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,005	0	0	—	0,0
2	2,6	0,6	2,7	0,6	2,65	0,6	0,05	0,005	743,5	0,21	224	2
3	3,3	1,3	3,4	1,2	3,35	1,25	0,05	0,005	840,3	0,44	369	3
4	3,8	1,7	3,8	1,6	3,8	1,65	0,05	0,005	1066,7	0,58	430	4
5	2,8	2,2	2,8	2,2	2,8	2,2	0,1	0,005	1571,9	1,12	566	5
6	3,5	3,6	3,4	3,6	3,45	3,6	0,1	0,005	1936,8	1,26	577	6
7	3,2	2,2	3,1	2,3	3,15	2,25	0,2	0,01	3534,8	1,52	354	4
8	3,8	2,3	3,7	2,3	3,8	2,3	0,2	0,01	4266,6	1,61	300	8
K. 1	2	0,2	1,9	0,2	1,95	0,2	0,05	0,005	547,4	0,07	102	1
2	3,8	0,4	3,7	0,4	3,75	0,4	0,05	0,005	1052,6	0,14	106	2
3	3,4	0,9	3,4	0,9	3,4	0,9	0,1	0,005	1908,8	0,32	131	3
4	4,6	1,4	4,5	1,4	4,55	1,4	0,1	0,005	2554,4	0,49	152	4
5	3	1,8	2,9	1,8	2,95	1,8	0,2	0,005	3312,3	0,67	159	5
6	3,5	2,3	3,4	2,3	3,45	2,3	0,2	0,005	3873,7	0,81	165	6
7	4	2,6	3,8	2,6	3,95	2,6	0,2	0,005	4455,1	0,97	163	7
8	2,4,7	3	4,5	3	4,6	3	0,2	0,005	5164,8	1,05	161	8

$L_g = 20 \text{ см}$

$L_k = 4,5 \text{ см}$

$d = 2 \text{ мм}$

табл. 8.4
 1) опытные значения h_{y0} и h_{x0}

No	h_x	h_y^+	h_y^-	$H, \frac{A}{m}$	$B, \frac{m}{s}$	$B, \frac{m}{s}$	$k_x, \frac{A}{m^2}$	$k_y, \frac{A}{m^2}$
S:	1	-4	-2,3	2,3	-449,1	-1,61	-1,61	
	2	-3	-2,3	2,3	-3368,4	-1,61	-1,61	
	3	-2	-1,8	2,3	-2245,6	-1,26	-1,61	
	4	-1	-0,2	2,2	-1122,8	-0,14	-1,54	
	5	0	1,9	2	0	1,33	-1,4	0,2 0,01
	6	1	2,2	0,1	1122,8	1,54	-0,07	
	7	2	2,3	-1,6	2245,6	1,61	1,12	
	8	3	2,3	-2,3	3368,4	1,61	1,61	
K:	1	-2	-3	3	-5614,	-1,05	-1,05	
	2	-1,5	-2,2	2,8	-4210	-0,77	-0,98	
	3	-1	-1,3	2,4	-2807	-0,45	-0,84	
	4	-0,5	-0,4	1,5	-1403,5	-0,14	-0,52	0,5 0,005
	5	0	0,4	0,6	0	0,14	-0,21	
	6	0,5	1,4	-0,4	1403,5	0,49	0,14	
	7	1	2,3	-1,3	2807	0,8	0,46	
	8	1,5	2,8	-2,2	4210	0,98	0,77	

$A = 10B$

$\Delta h_{xg} = 1$
 $\sigma_g = \sum (h_y^+ + h_y^-) \Delta h_{xg}$
 $= 9,4 \text{ sec}^2$

$W_g = \sigma(m_x k_y)(m_k k_x) A$
 $R_{yg} = W_g = 368 \text{ kВм} \frac{A}{m^2}$
 $= 739 \frac{A}{m^2}$

$\Delta h_{xk} = 0,5$
 $\sigma_k = \sum (h_y^+ + h_y^-) \Delta h_{xk}$
 $= 3,2 \text{ sec}^2$

$W_k = \sigma(m_x k_y)(m_k k_x) = 314,5 \frac{A}{m^2}$
 $R_{yk} = W_k = 157 \text{ kВм} \frac{A}{m^2}$

6) табл. 8.6 Определение коэф. ослабления

No	B_s	H_{os}	$k_x, \frac{B}{m^2}$	$k_y, \frac{B}{m^2}$	n
S:	1	24	4,6	0,2	0,88
K:	2	25	2,1	0,5	0,88

Julia

~~$n = \frac{2,1 \cdot 0,2}{4,6 \cdot 0,5} \Rightarrow n = 5,48$~~

$n = H_{og} \text{ гоним} / H_{og} \text{ коп}$

$n = \frac{4,6 \cdot 0,2}{2,1 \cdot 0,5} = 0,88$