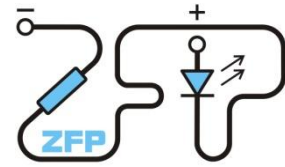


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum II



Úloha č. 21

Název úlohy:

Jméno: Katarína Križanová

Obor: FOF

Datum měření: 15.11.2016

Datum odevzdání:

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	
Teoretická část	0 - 1	
Výsledky měření	0 - 8	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

dne:

I. Teoretický úvod

Ferity a hysterézná slučka

Ferity sú magnetické oxidy, ich výhodou je oproti klasickým magnetom to, že majú nízku vodivosť a preto, hlavne pri vysokých frekvenciách, nedochádza ku stratám v dôsledku vírivých prúdov.

Hysterézná krivka je závislosťou magnetickej indukcie \mathbf{B} na intenzite magnetického poľa \mathbf{H} . Plocha, ktorá je ňou ohraničená nám udáva prácu, ktorá je potrebná na to, aby sme látku premagnetovali. Podľa [1] poznáme tri základne typy hysteréznych slučiek (lineárnu-1a, Rayleiho-1b, normálnu-1c a zaškrtenú-1d), ktoré sú zobrazené na obrázku 1 z [1].

Kalibrácia

Pre kalibráciu osy Y použijem zapojenie podľa obrázku 2 prebratého z [1]. Podľa 1 platí pre dĺžku úsečky y vzťah

$$y = k \frac{\sqrt{2}U_{ef}}{\omega}, \quad (1)$$

kde ω je uhlová frekvencia a k je konštanta úmernosti, ktorá závisí na nastavení osciloskopu a integrátoru.

Z Ohmovho zákona sa dá odvodiť vzťah medzi nameraným napätím U a napätím na normále U_{ef}

$$U_{ef} = \frac{U}{R+1}. \quad (2)$$

Ak veľkosť úsečky nastavíme rovnako ako je niektorá nameraná hodnota, tak platí pre túto dĺžku vzťah

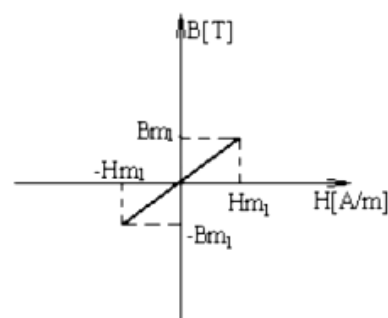
$$y_0 = \frac{1}{2} kv(d_1 - d_2)n_2 B_m, \quad (3)$$

pričom v je výška krúžku, d_1, d_2 sú vonkajším a vnútorným polomerom, n_2 počet závitov sekundárneho vinutia a B_m je maximum magnetickej indukcie.

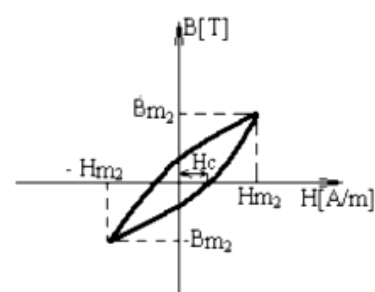
Skombinovaním predchádzajúcich vzťahov dostávam

$$B_m = \frac{2\sqrt{2}U}{\omega v n_2 (R+1)(d_1 - d_2)}. \quad (4)$$

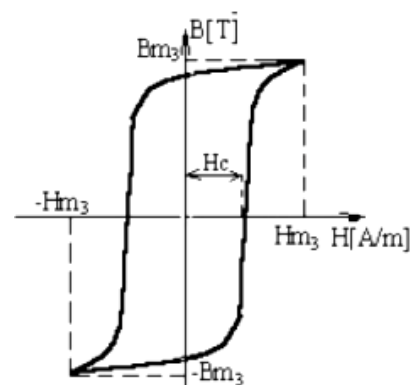
Pre výpočet ľubovoľnej veľkosti indukcie už stačí použiť vzťah priamej úmernosti



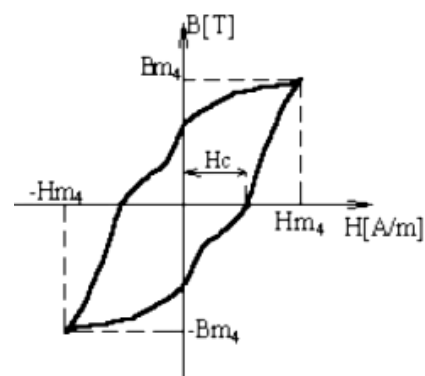
Obr. 1a



Obr. 1b



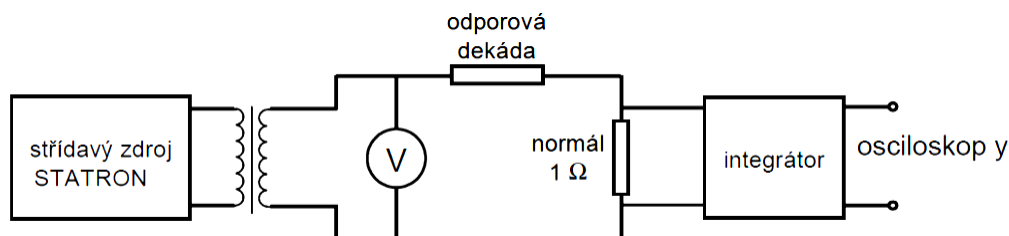
Obr. 1c



Obr. 1d

$$B = \frac{B_m}{y_0} y = C_y y, \quad (5)$$

prícom y je veľkosť úsečky na osciloskope a C_y je prepočetná konštanta charakteristická pre každý krúžok.



Obrázok 2

Meranie

Meranie robíme podľa zapojenia znázorneného na obrázku 3 prevzatého z [1].

Hodnota okamžitej intenzity magnetického poľa sa dá vypočítať zo vzťahu

$$H = \frac{2n_1 i}{\pi(d_1 + d_2)}, \quad (6)$$

kde i je okamžitá hodnota prúdu.

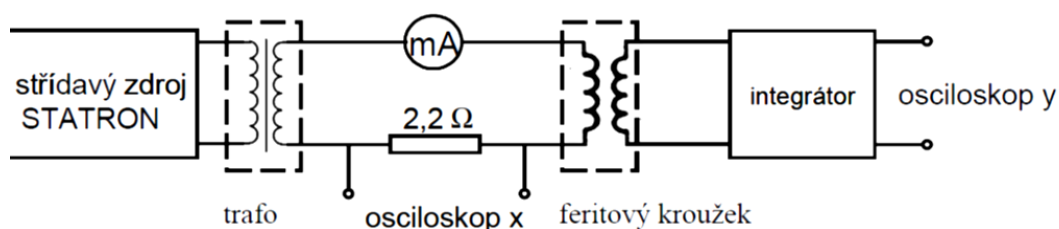
Maximálna hodnota intenzity môže byť dopočítaná ak dosadíme za i hodnotu $\sqrt{2}I$, pričom I je prúd nameraný na ampérmetre, tj. platí

$$H_m = \frac{2\sqrt{2}In_1}{\pi(d_1 + d_2)}. \quad (7)$$

Koercitívnu intenzitu H_c , čiže magnetické pole, ktoré treba priviesť, aby sa materiál odmagnetoval určíme zo vzťahu

$$H_c = \frac{H_m}{x_m} x_c, \quad (8)$$

kde x_c je dĺžka úsečky koercitívnej intenzity poľa a x_m dĺžka úsečky maximálnej intenzity poľa na osciloskope.



Obrázok 3

II. Výsledky merania

Ferity

V tabuľke T1 sú uvedené parametre feritov I-III, s ktorými som prevádzala meranie spolu s odhadnutými chybami.

T1: Parametre feritov

ferit	$d_1 [10^{-3} \text{ m}]$	$d_2 [10^{-3} \text{ m}]$	$v [10^{-3} \text{ m}]$	n_1	n_2
I	$(29,2 \pm 0,1)$	$(20,75 \pm 0,05)$	$(4,4 \pm 0,1)$	50 závitov	6 závitov
II	$(30,65 \pm 0,05)$	$(21,8 \pm 0,1)$	$(4,35 \pm 0,05)$	50 závitov	6 závitov
III	$(31,0 \pm 0,1)$	$(21,8 \pm 0,1)$	$(4,15 \pm 0,05)$	300 závitov	6 závitov

Meranie

Zapojila som obvod podľa schémy z obrázku 3 a postupne som prevádzala meranie pre všetky tri vzorky I-III. Rozsah osy X som počas merania menila tak, aby bolo meranie čo najpresnejšie. Zaznamenané údaje sú v tabuľkách T2-T3, pričom hodnoty údajov odčítaných z osy X sú prepočítané priamo na volty v závislosti na rozsahu, na ktorom boli merané.

Rayleighov tvar slučky bol pre ferit I v hodnotách $i=2-6$, pre ferit II pre $i=2-7$ a pre ferit III pre $i=2-5$.

T2: Ferit I

i	$I [10^{-3} \text{ A}]$	$x_m [10^{-3} \text{ V}]$	$x_c [10^{-3} \text{ V}]$	$y [10^{-3} \text{ m}]$
1	6,34	10	0	2,0
2	11,36	28	4	6,0
3	16,98	53	14	8,0
4	25,72	84	26	12,0
5	39,76	130	40	18,0
6	56,2	190	45	23,0
7	66,8	220	50	25,0
8	81,8	275	60	27,0
9	92,4	325	60	28,0
10	102,0	340	60	29,0
11	109,2	360	60	29,5
12	122,2	400	60	30,0
13	139,4	460	60	31,0
14	149,4	490	60	31,5

T3: Ferit II

i	I [10 ⁻³ A]	x _m [10 ⁻³ V]	x _c [10 ⁻³ V]	y [10 ⁻³ m]
1	32,04	100	0	3,0
2	51,0	165	10	4,5
3	71,2	225	20	7,0
4	94,4	300	40	9,0
5	116,8	375	50	12,0
6	138,6	440	80	14,0
7	163,6	520	90	17,0
8	189,0	620	120	20,0
9	200,2	650	140	21,0
10	212,4	680	160	22,0
11	229,0	740	160	24,0
12	233,2	760	160	24,5
13	247,4	790	180	25,0

T4: Ferit III

i	I [10 ⁻³ A]	x _m [V]	x _c [V]	y [10 ⁻³ m]
1	0,34	1,13	0,0	4,0
2	0,44	1,48	0,2	6,0
3	0,52	1,75	0,5	9,0
4	0,67	2,30	1,0	22,0
5	0,77	2,7	1,1	26,0
6	0,81	2,8	1,1	27,0
7	0,90	3,1	1,2	28,0
8	0,96	3,3	1,2	29,0
9	1,01	3,5	1,2	30,0
10	1,10	3,8	1,3	30,5
11	1,13	3,9	1,3	31,0
12	1,19	4,1	1,3	31,0

Kalibrácia

Predchádzajúce meranie som prevádzala na rozsahu Y 2V. Pre kalibráciu som zapojila obvod podľa schémy na obrázku 2.

Parametre obvodu: $\omega=100\pi \text{ s}^{-1}$, $R=999 \Omega$ a podľa (2) $U_{ef}=(4,36\pm 0,05) \text{ V}$, $C_y^I=4,40 \text{ T}\cdot\text{m}^{-1}$, $C_y^{II}=4,25 \text{ T}\cdot\text{m}^{-1}$, $C_y^{III}=4,28 \text{ T}\cdot\text{m}^{-1}$.

Výsledky merania

Dopočítané údaje z nameraných dát podľa vzorcov (4), (7) a (8) sa nachádzajú v tabuľkách T5 až T7.

Rayleighov tvar slučky bol pri ferite I pre hodnoty $i=2-6$, pri ferite II pre $i=4-9$ a pri ferite III pre $i=2-5$. Pri poslednej vzorke som pozorovala zaškrtený tvar krivky.

V grafoch 1 až 6 sú znázornené závislosti B_m na H_m a H_c na H_m z vypočítaných hodnôt pre ferity I-III.

T5: Ferit I

i	H_m [A.m ⁻¹]	H_c [A.m ⁻¹]	B_m [10 ⁻³ T]
1	4,76	0,00	8,8
2	8,53	1,22	26,4
3	12,75	3,37	35,2
4	19,31	5,98	52,8
5	29,86	9,19	79,2
6	42,20	9,99	101,2
7	50,16	11,40	110,0
8	61,42	13,40	118,8
9	69,38	12,81	123,2
10	76,59	13,52	127,6
11	82,00	13,67	129,8
12	91,76	13,76	132,0
13	104,67	13,65	136,4
14	112,18	13,74	138,6

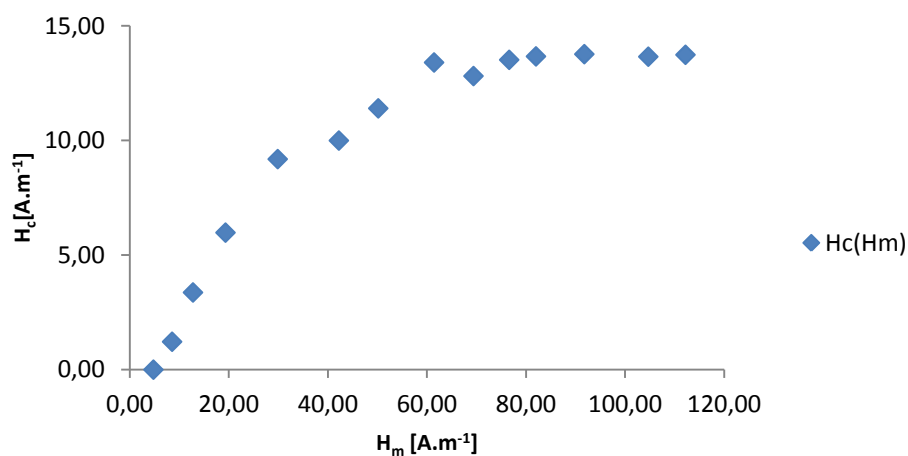
T6: Ferit II

i	H_m [A.m ⁻¹]	H_c [A.m ⁻¹]	B_m [10 ⁻³ T]
1	24,74	0,00	12,75
2	39,38	2,39	19,13
3	54,98	4,89	29,75
4	72,89	9,72	38,25
5	90,19	12,02	51,00
6	107,02	19,46	59,50
7	126,32	21,86	72,25
8	145,93	28,25	85,00
9	154,58	33,29	89,25
10	164,00	38,59	93,50
11	176,82	38,23	102,00
12	180,06	37,91	104,13
13	191,03	43,53	106,25

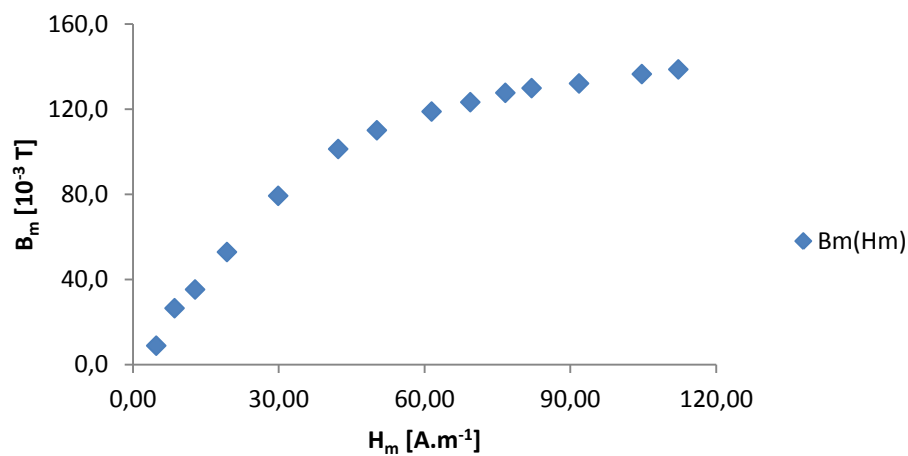
T7: Ferit III

i	H _m [A.m ⁻¹]	H _c [A.m ⁻¹]	B _m [10 ⁻³ T]
1	1672,72	0,00	17,12
2	2164,69	293,52	25,68
3	2558,28	730,94	38,52
4	3296,24	1433,15	94,16
5	3788,22	1543,35	111,28
6	3985,01	1565,54	115,56
7	4427,79	1642,57	119,84
8	4722,97	1717,44	124,12
9	4968,96	1703,64	128,40
10	5411,74	1780,18	130,54
11	5559,33	1781,84	132,68
12	5854,52	1856,31	132,68

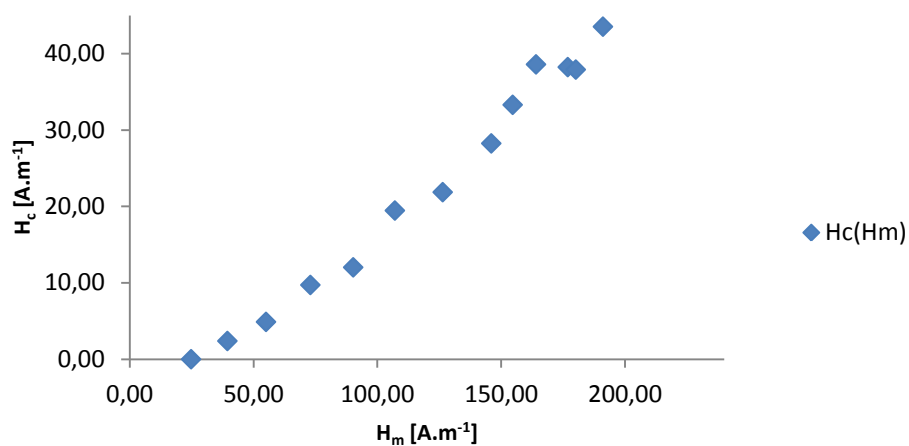
Graf 1: Závislosť H_c(H_m) pre ferit I



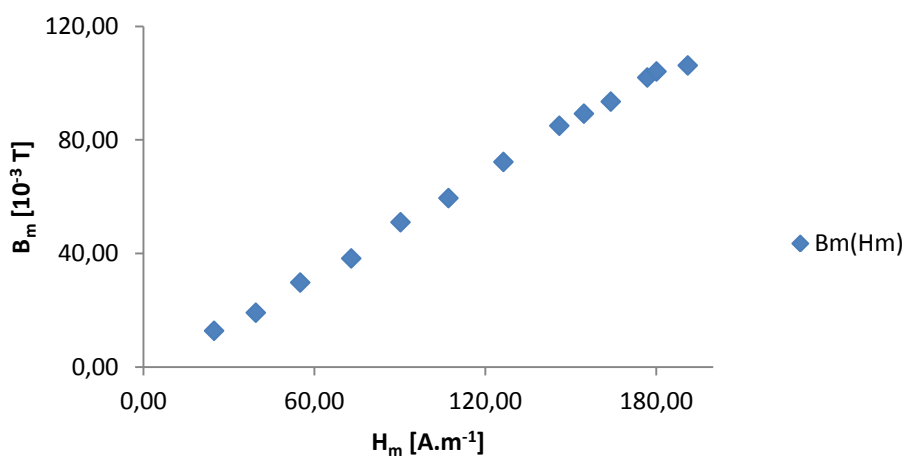
Graf 2: Závislosť B_m(H_m) pre ferit I



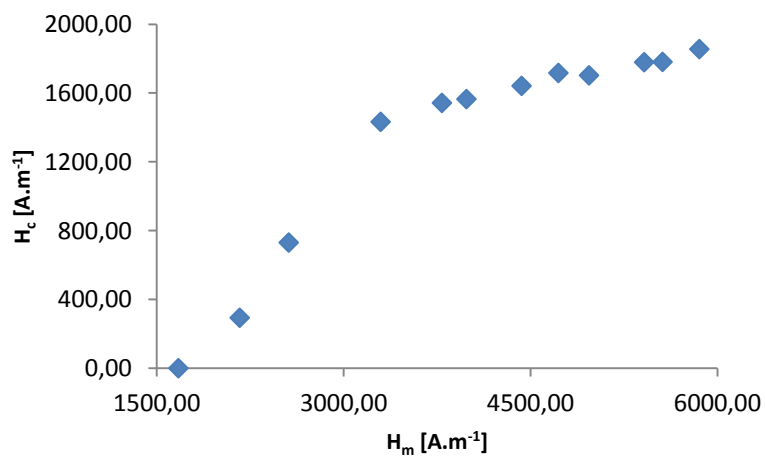
Graf 3: Závislosť $H_c(H_m)$ pre ferit II



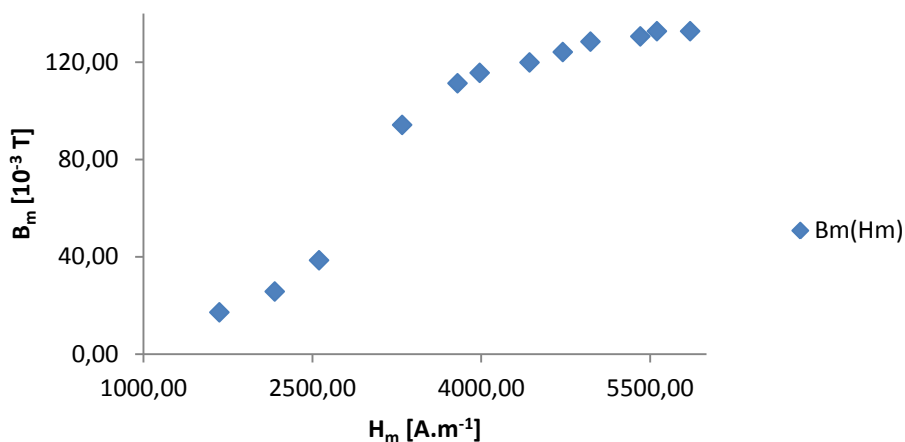
Graf 4: Závislosť $B_m(H_m)$ pre ferit II



Graf 5: Závislosť $H_c(H_m)$ pre ferit III



Graf 6: Závislosť $B_m(H_m)$ pre ferit III



III. Diskusia výsledkov

Pozorovala som všetky typy hysteréznych kriviek, avšak je obtiažne povedať, kedy presne došlo k zmene a tak sú hodnoty pre Rayleighov tvar sľučky brané iba ako približné. Prechody sú totižto plynulé. Pri ferite III som vyzozorovala i zaškrtený tvar sľučky.

Najnepresnejším faktorom v celom meraní bolo pravdepodobne odčítanie hodnôt z obrazovky osciloskopu, keďže obrazovka bola pomerne malá a najmenší dielik mal 2 mm a preto grafy závislosti môžeme brať skôr ako dohady, relatívna chyba je často veľmi vysoká. Nepresnosť do merania mohlo tak isto vnášať občasné kolísanie napätia.

IV. Záver

V tabuľkách T5-T7 sú dopočítané hodnoty koercívnej intenzity H_c , maximálnej intenzity magnetického poľa H_m a maximálneho magnetického poľa B_m . Výsledky sú znázornené v grafoch 1-6.

V. Zoznam použitej literatúry

[1] Webové stránky Fyzikálneho Praktika, študijný text:

http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_221.pdf