

Jméno: **Michal Červeňák** Kolega: Ondřej Glac
 Kruh: **Útorok** Číslo skup.: 1
 Měřeno: **7.3.2017** Zpracování: 4 h Klasifikace:

1 Pracovní úkol

1. DU: Zjistěte, jak určíte koerktivní sílu, remanenci a magnetizační ztráty. (např. [3] str. 53 - 57)
2. Změřte hysterezní smyčku toroidu z dané feromagnetické látky a graficky ji znázorněte.
3. Určete koerktivní sílu HK, remanenci BR a magnetizační ztráty.
4. Diskutujte, jak magnetické pole země ovlivňuje měření a zda-li je možné jej s danou aparaturou měřit.

2 Teória

Cievkou s n_1 závitami navinutej na toroide o polomere r , prechádza prúd I_M . Potom pre túto cievku môžeme intenzitu magnetického poľa H vyjadriť ako

$$H = \frac{n_1 I_M}{2\pi r}. \quad (1)$$

Pre zmenu magnetickej indukcie B v závislosti na výchylke balistického galvanometru s platí vzťah

$$\Delta B = \frac{BK_b \lambda s_1}{n_2 S}, \quad (2)$$

pričom K_b je balistická konštanta, R je odpor na odporovej dekáde, s_1 je výchylka galvanometra a n_2 počet meracích závitov.

pre balistickú konštantu platí

$$RK_b \lambda = \frac{2L_{12}I_i}{s_1},$$

kde L_{12} je normálová cievka so známou indukčnosťou, a s_1 je výchylka pri zmene prúdu o I_i

2.0.1 Spracovanie chýb merania

Označme $\langle t \rangle$ aritmetický priemer nameraných hodnôt t_i , a Δt hodnotu $\langle t \rangle - t$, pričom

$$\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (3)$$

a chybu aritmetického priemeru

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \langle t \rangle)^2}{n(n-1)}}, \quad (4)$$

pričom n je počet meraní.

3 Pomôcky

Balistický galvanometr, 2 odporové dekády, odporový normál (10Ω), toroidálna cívka, vypínač, rezistor, 2 prepínače, 1 komutátor, digitálny multimeter, stabilizovaný zdroj, normál vzájemnej indukčnosti.

4 Postup merania

4.1 Stojaté vlnenie na strune

1. Podľa Obr. 3 z [[1]] bol zostavený elektrický obvod.
2. Prúd bol nastavený na $I = 2\text{ A}$
3. pre tento prúd bola cievka komutovaná a pozorovala sa výchylka galvanometru v závislosti na odpore R_2 , a našiel sa taký najmenší odpor, pre ktorý ostala výchylka ešte na stupnici.
4. Cievka bola prekomutovaná rýchlo 5krát, vypnutím prepínača V1, bola zapojená do obvodu dekáda R2 a na nej navolený odpor, ktorý v obvode spôsobil pokles prúdu, následne bol vypínač zapnutý cievka opäť prekomutovaná, následne sa pripojil do obvodu pomocou prepínaču P galvanometer a vypínač V2 bol vypnutý. Výchylka galvanometru bol zaznamenaná.
5. Do obvodu bol pripojený namiesto toroidu indukčný normál a bola nameraná výchylka galvanometru pri komutovaní v závislosti na prúde.

5 Výsledky merania

Pre výpočty boli použité nasledujúce konštanty

$$\begin{aligned}r &= 17,1 \cdot 10^3 \text{ m}, \\n_1 &= 62, \\n_2 &= 400, \\S &= 24,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}, \\L_{12} &= 7,27 \text{ mH},\end{aligned}$$

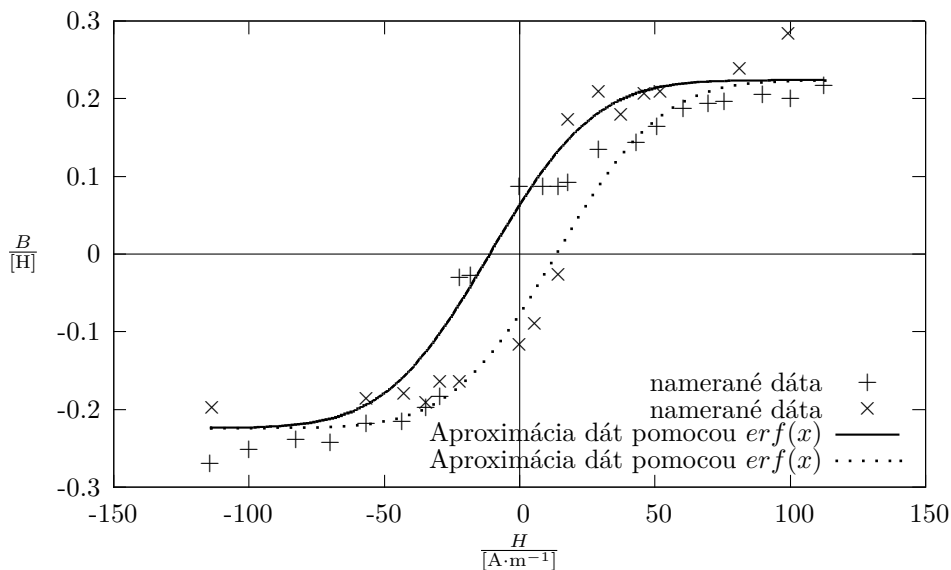
K výpočtu balistickej konštanty sme použili namerané dáta $R = 20 \text{ k}\Omega$, $s = 10,35 \text{ cm}$ a $I = 0,206 \text{ A}$.

V tabuľke 1 sú namerané hodnoty, pre oba smery slučky.

Hodnoty sú vynesené do grafu Obr. 1

I [mA]	s [cm]	I' [mA]	s' [cm]	H [A/m]	ΔB [T]	H' [A/m]	$\Delta B'$ [T]
0.08	2.70	0.08	14.4	43.2	0.081	46.2	0.43
0.09	2.00	0.09	14.5	50.7	0.060	51.9	0.43
0.11	1.20	0.01	4.5	60.5	0.036	5.8	0.13
0.12	1.00	-	-	69.8	0.030	-	-
0.131	0.9	0.141	15.5	75.5	0.027	81.4	0.46
0.156	0.6	-	-	90.0	0.018	-	-
0.174	0.8	0.172	17	100.4	0.024	99.3	0.51
0.195	0.2	0.065	13.5	112.5	0.006	37.5	0.40
0.051	3	0.051	14.5	29.4	0.090	29.4	0.43
0.031	4.4	0.031	13.3	17.9	0.13	17.9	0.40
0.025	4.6	0.025	6.6	14.4	0.14	14.4	0.20
0.015	4.6	-	-	8.7	0.14	-	-
0	4.6	0	3.6	0	0.14	0	0.10
-0.031	8.4	-	-	-17.9	0.25	-	-
-0.038	8.5	-0.038	2	-21.9	0.25	-21.9	0.06
-0.051	13.6	-0.051	2	-29.4	0.41	-29.4	0.06
-0.06	14.1	-0.06	1.1	-34.6	0.42	-34.6	0.03
-0.075	14.7	-0.074	1.5	-43.3	0.44	-42.7	0.04
-0.098	14.8	-0.098	1.3	-56.6	0.44	-56.6	0.04
-0.121	15.6	-	-	-69.8	0.47	-	-
-0.143	15.5	-	-	-82.5	0.46	-	-
-0.173	15.9	-	-	-99.8	0.48	-	-
-0.198	16.5	-0.197	0.9	-114.3	0.49	-113.7	0.03

Tab. 1: Namerané dáta prúdu I a amplitúdy kyvadla s a z nich vypočítané pomocou 1 a 2 hodnoty intenzity magnetického poľa H a magnetická indukcie B , pre kladné a záporné prúdy kde opačný sme je označený pomocou $'$.



Obr. 1: Hysterzná slučka z nameraných dát, preložená $\text{erf}(x)$, kde H je intenzita magnetického poľa a B je magnetická indukcia.

Z nameraných dát dostávame $B_r = 0,9 \pm 0,1 \text{ H}$ a z preloženia grafu funkciami

$$g(x) = (0,22 \pm 0,01) \cdot \text{erf}((0,023 \pm 0,002) \cdot (x + (10,8 \pm 2,0))) ,$$

$$f(x) = (0,22 \pm 0,01) \cdot \text{erf}((0,023 \pm 0,002) \cdot (x + (13,2 \pm 2,1))) ,$$

odkiaľ dostávame $H_k = 12,05 \pm 1,2 \text{ A/m}$.

Magnetické straty boli pomocou určené z grafu ako $x = 70,9 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{T}$.

6 Diskusia

Jedným zo zdrojov chýb merania je nepresnosť určovania polohy na balistickom galvanometri, ten sa pri zapojení do obvodu často vychýlil, a nezaujal nulovú polohu. Táto počiatočná výchylka je v ráde 1 cm. Hodnota remanencie bola určená z tabuľky teda je pomerne presná. Všetchno hodnotu koerčívnej sily sme určili z fitu dát. Tu bola použitá $\text{erf}(x)$, ktorá nejak nezapadá do modelu, ale tvarom krivky najlepšie popisovala dáta v nultom priblížení, polynómy vyšších rádov neboli moc dobre použiteľné keďže krivku neopisovali dobre v krajných bodoch.

Magnetické pole zeme podľa mňa nemohlo tento experiment ovplyvniť, pretože na podmienkach experimentu ho môžeme považovať za homogénne.

7 Záver

Hodnota remanencie bola určená ako $B_r = 0,9 \pm 0,1$ H. Koercitívna sila bola určená na $B_r = 0,9 \pm 0,1$ H.

A hystérezna krivka bola vykreslená do grafu Obr. 1

Reference

- [1] Měření hysterezní smyčky balistickým galvanometrem [cit. 13.03.2017]Dostupné po přihlášení z Kurz: Fyzikální praktikum II:https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/415/mod_resource/content/8/Hystereze_170220.pdf