

## **VII- Guia de execução do trabalho sobre a determinação da indução magnética em diferentes sistemas.**

### **Objectivos do trabalho**

Determinação da indução magnética gerada por correntes eléctricas percorrendo circuitos de diferentes geometrias utilizando uma sonda de efeito de Hall, campo de Indução gerado por uma espira circular, campo de indução gerado pelas bobines de Helmholtz, campo de indução gerado por um solenóide. Característica B(H) para um material ferromagnético.

### **Descrição do equipamento e métodos a utilizar**

Neste estudo iremos utilizar bobines de diferentes tipos percorridas por correntes contínuas que originam o aparecimento de campos de indução magnética. Iremos determinar a direcção e intensidade destes campos em diferentes pontos de modo a obter uma representação de campo vectorial gerado. O detector a utilizar é baseado numa sonda de efeito Hall e indica directamente a componente da indução paralela ao eixo da sonda no topo desta.

Na determinação da característica B(H) de um material ferromagnético será utilizado um transformador de alimentação obtendo-se a característica do material do seu núcleo. O primário do transformador é percorrido por uma corrente sinusoidal que dá origem ao campo magnético no material. A indução magnética é medida a partir da força electromotriz induzida no secundário do transformador.

### **Execução**

1- Monte o circuito da figura 1 que se destina a testar a calibração e linearidade do medidor de indução magnética utilizado. Coloque a zona activa da sonda no centro de uma das bobines de Helmholtz com o seu eixo alinhado com o eixo da bobine. Ligue a fonte de alimentação das bobines de Helmholtz de modo a que só a que tem a sonda de Hall no seu centro seja percorrida por corrente. Aplique uma corrente de 0.1 A à bobine e registe o valor da indução medida, varie a corrente por incrementos de 0.1 A até 1.5 A e registe os valores da indução respectivos. Faça uma representação gráfica dos valores da indução no centro da bobine em função da corrente que a percorre e realize uma regressão linear de modo a poder comparar o declive com a previsão teórica sabendo que o campo de indução no centro de uma espira de raio r é dado por  $B = \mu_0 n i / (2r)$ , ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ m kg C}^{-2}$ ), ( $n=320$ ).

2- Ajuste a fonte de alimentação da bobine de modo a esta ser percorrida por  $i=1 \text{ A}$ , meça o campo de indução ao longo do eixo da bobine (determinando a componente segundo o eixo e segundo a normal a este) a começar do centro da bobine até que a intensidade tenha caído a 1/20 do valor inicial em intervalos de 1 cm.

3- Repita as medidas anteriores mas agora faça-as segundo um eixo paralelo ao anterior mas 2.5cm afastado dele.

4- Determine agora a componente do campo de indução segundo o eixo da bobine no plano desta a começar do centro até à periferia em intervalos de 0.5 cm.

### **Bobines de Helmholtz**

5- Alimente agora as duas bobines de modo ao conjunto formar as bobines de Helmholtz com  $i=1$  A. Registe no eixo das bobines a começar do centro do conjunto as componentes segundo o eixo e perpendicular a este do campo de indução em intervalos de 1 cm até que a intensidade tenha caído a  $1/20$  do valor inicial da componente segundo o eixo.

6- Repita o ponto anterior mas deslocando-se segundo um eixo paralelo ao anterior e distanciando dele 2.5cm.

7- Determine agora a componente do campo de indução segundo o eixo das bobines no plano do centro do conjunto perpendicular ao eixo a começar de centro até à periferia em intervalos de 0.5cm.

### **Solenóide**

8- Alimente o solenóide com uma corrente de  $i=1$  A. Determine no eixo deste a componente do campo de indução segundo o eixo, desde o centro do solenóide até que a intensidade tenha caído abaixo de  $1/20$  do valor inicial em intervalos de 1 cm.

9- repita o ponto anterior mas deslocando-se segundo um eixo paralelo ao anterior e distanciando dele 1.5cm.

### **Característica B(H)**

10- Monte o circuito da figura 2 mantendo o auto-transformador desligado. Depois do circuito ter sido verificado pelo Docente, regule o auto-transformador até observar a curva de histerese, ajuste a tensão de modo a observar claramente a saturação do núcleo e efectue as medições que lhe permitirão determinar  $H_c$ ,  $B_r$  e  $B_s$ , respectivamente o campo coercivo, a indução remanescente e a indução de saturação. Determine também aproximadamente o declive da curva  $B(H)$  para  $B=0$  e estime a permeabilidade magnética incremental do material a indução nula.

### **Análise dos resultados**

Represente graficamente todos os resultados que obteve e represente conjuntamente as curvas teóricas para as medições efectuadas ao longo do eixo das bobines da componente do campo de indução segundo o eixo.

Para o caso da espira (320 espiras juntas), execute o cálculo numérico do integral que permite calcular ambas as componentes do campo de indução em todos os pontos e para este caso represente todos os valores medidos acompanhados das respectivas previsões teóricas.

Comente a uniformidade do campo de indução criado pelas diferentes distribuições de correntes.

Compare os valores que obteve para  $H_c$ ,  $B_r$  e  $B_s$  com os da tabela anexa e identifique o tipo de material do núcleo do transformador.

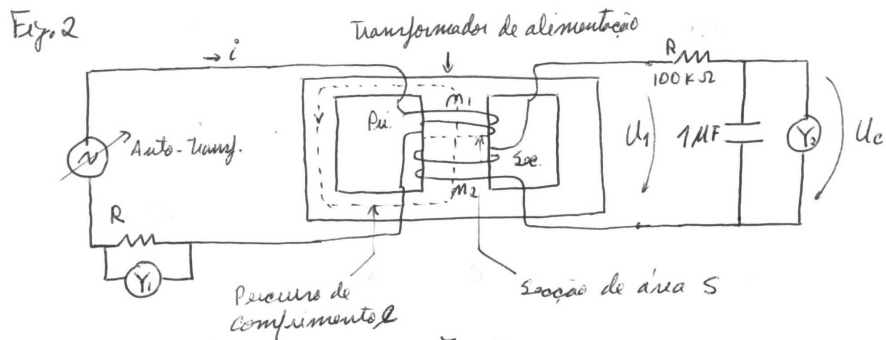
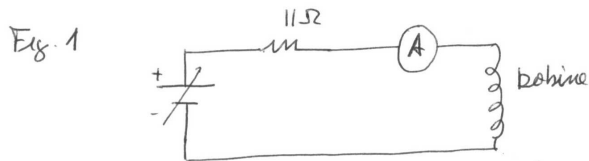


Fig. 2

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = m_1 i$$

$$m_1 i \approx H l \quad \boxed{H \approx \frac{m_1 i}{l}}$$

Tabela

Materiais (composição típica)	$\mu$ inicial	B saturação	B reman. $B_r$	H coerc. $H_c$
	$\times \mu_0$	T	T	$A \cdot m^{-1}$
<b>Fe - Si</b> (96% - 4%)	500	1,4 a 1,8	0,8	40
<b>Fe - Ni</b> (78% - 22%)	10 000	0,8 a 1	0,6	4
<b>Ferrite</b> (óxidos de Fe - Zn - Mn)	1 500	0,3 a 0,5	0,15	10

$$\varepsilon_i = - \frac{d\phi_i}{dt}$$

$$u_1 = \frac{d\phi_1}{dt} \approx m_2 S \frac{dB}{dt}$$

$$u_1 \approx u_c + R \frac{du_c}{dt}$$

$$u_1 \approx R \frac{du_c}{dt}$$

$$u_c \approx \frac{m_2 S}{R C} B + u_{co}$$

$$B \approx \frac{R C}{m_2 S} (u_c - u_{co})$$

$$\boxed{B \approx \frac{R C}{m_2 S} u_c}$$