



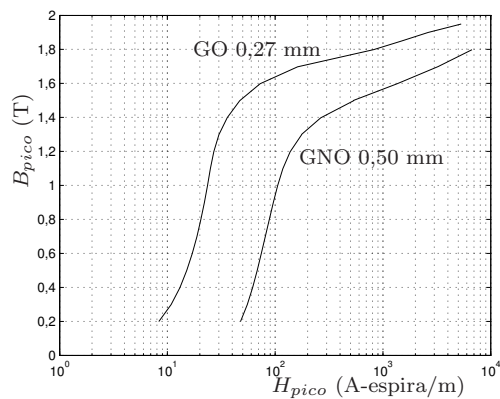
ET 520 - Princípios de Conversão Eletromecânica de Energia

1º Semestre de 2010 – 1ª Prova – Prof. Edson Bim

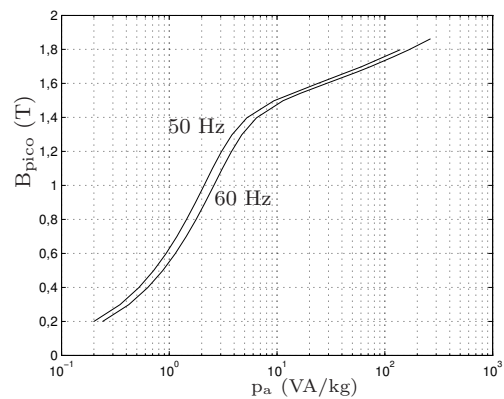
Questão 1 (30 PONTOS):

Um reator composto de um núcleo toroidal laminado de material não orientado e de uma bobina de excitação tem os seguintes dados: fator de empilhamento $k_c = 0,96$, comprimento médio da trajetória do fluxo no núcleo $l_c = 100$ cm, área da seção do núcleo perpendicular às linhas de fluxo $A_c = 50$ cm², $N = 100$ espiras e as curvas características de magnetização, de potência aparente e de perdas são mostradas na Figura 1. Uma fonte de tensão alternada é aplicada aos terminais da bobina que tem resistência e dispersão desprezíveis. Completar a tabela abaixo, considerando a tensão eficaz V_{ef} e a frequência f_1 da fonte de tensão, e o entreferro g indicados nas três primeiras colunas da tabela abaixo. A densidade do material utilizado no núcleo é $7,65$ g/cm³.

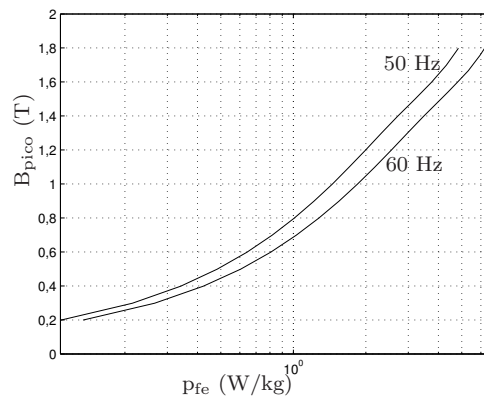
V_{ef} [V]	f_1 [Hz]	g [mm]	B_{pico} [T]	H_{ef} [A-espira/m]	$I_{\phi, eficaz}$ [A]	r_c [Ω]	L_m [H]
180	60	0					
180	60	1					



(a) Figura 1: Característica BH de aços siliciosos



(b) Potência aparente do GNO



(c) Perda em núcleos de GNO

Figuras- Exercício 1

Questão 2 (20 PONTOS):

No núcleo de ferro, mostrado na Figura 2, cada uma das bobinas colocadas nas colunas externas possuem 100 espiras, enquanto a bobina da coluna central tem 50 espiras. As correntes que circulam em cada uma das bobinas são 25A, 10A e 15A como indicadas na mesma Figura.

(a) Calcule $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l}$ para cada uma das trajetórias mostradas.

(b) Se a corrente da bobina central tiver o seu sentido invertido, refazer o item a.

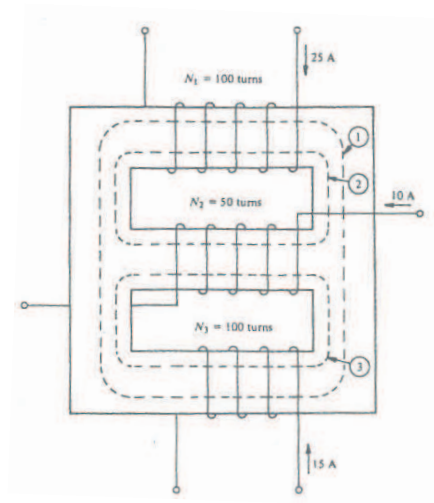


Figura- Exercício 2

Questão 3 (25 PONTOS):

O dispositivo mostrado na Figura 3 utiliza um ímã de material cerâmico, cuja característica BH é mostrada ao lado desse dispositivo. Determine o máximo entreferro para o qual não ocorre a desmagnetização do entreferro.

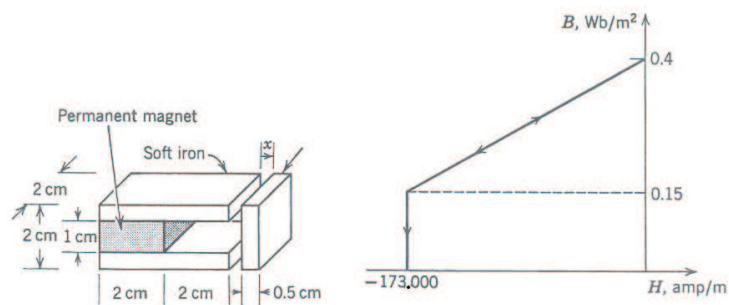


Figura- Exercício 3

Questão 4 (25 PONTOS):

O dispositivo mostrado na Figura 4 é usado em experimentos não-invasivos de ressonância magnética. O ímã utilizado é o ferrite com densidade de fluxo remanescente igual a 0,4 T e sua reta de recuo tem permeabilidade relativa igual a 1. Determine a densidade de fluxo de operação do dispositivo.

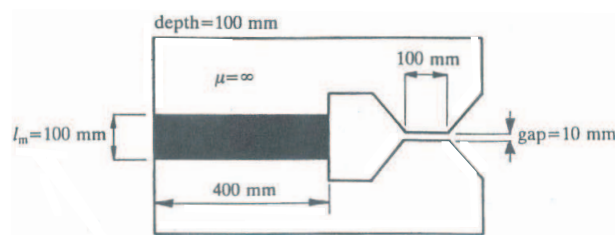


Figura- Exercício 4



ET 520 - Princípios de Conversão Eletromecânica de Energia 1º
Semestre de 2010 – Solução da Prova 1

Questão 1 (30 PONTOS):

(a) Sem entreferro

$$\phi_{pico} = \frac{180}{\sqrt{(2)\pi} \times 60 \times 100} = 6,8 \text{ mWb}$$
$$\Rightarrow B_{pico} = \frac{6,8 \text{ mWb}}{0,96 \times 50 \times 10^{-4}} = 1,42 \text{ T}$$

A esse valor de densidade de fluxo corresponde, na Figura 1,

$$\Rightarrow H_{pico} = 300 \text{ A espiras/m}$$

De acordo com a Figura 2, para a densidade de fluxo calculada tem-se

$$p_a = 7 \text{ VA/kg}$$

A massa do núcleo é

$$m = 7,65 \times 100 \times 0,96 \times 50 \times 10^{-3} = 36,72 \text{ kg}$$

Assim,

$$P_a = 7 \times 36,72 = 257,04 \text{ VA}$$
$$\Rightarrow I_{\phi,ef} = \frac{257,04}{180} = 1,43 \text{ A}$$

De acordo com a Figura 3, as perdas-ferro são aproximadamente 3,5 W/kg e, portanto,

$$\Rightarrow r_c = \frac{180^2}{3,5 \times 36,72} = 252,10 \Omega$$

A componente de perdas-ferro é

$$I_{fe} = 180/252,10 = 0,71 \text{ A}$$
$$I_m = \sqrt{1,43^2 - 0,71^2} = 1,24 \text{ A}$$
$$\Rightarrow L_m = \frac{180}{1,24 \times 377} = 385,0 \text{ mH}$$

(b) Com entreferro igual a 1 mm

$$l_c = 100 - 0,1 = 99,9 \text{ cm}$$
$$B_{c,pico} = 1,42 \text{ T} \quad \text{no núcleo}$$
$$B_{g,pico} = 1,42 \times 0,96 = 1,36 \text{ T} \quad \text{no entreferro}$$
$$H_{c,pico} = 300 \text{ A espiras/m}$$
$$H_{g,pico} = \frac{1,36}{4 \times \pi \times 10^{-7}} = 1.082,3 \text{ kA espiras/m}$$
$$I_{\phi,ef} = 1,43 + \frac{1.082,3 \text{ kA} \times 10^{-3}}{100} = 12,25 \text{ A}$$
$$r_c = 252,10 \Omega$$

$$I_m = \sqrt{12,25^2 - 0,71^2} = 12,23 \text{ A}$$

$$L_m = \frac{180}{12,23} = 39,0 \text{ mH}$$

$V_{\text{ef}} [\text{V}]$	$f_1 [\text{Hz}]$	$g[\text{mm}]$	$B_{\text{pico}} [\text{T}]$	$H_{\text{ef}} [\text{A/m}]$	$I_{\phi, \text{eficaz}} [\text{A}]$	$r_c [\Omega]$	$L_m [\text{H}]$
180	60	0	1,42	300	1,43	252,1	0,39
180	60	1	1,42/1,36	300/1,082,3 $\times 10^3$	12,25	252,1	0,039

Questão 2 (20 PONTOS):

(a)

$$\Rightarrow \oint_1 \vec{H} d\vec{l} = N_1 i_1 + N_3 i_3 = 4000$$

$$\Rightarrow \oint_2 \vec{H} d\vec{l} = N_1 i_1 - N_2 i_2 = 2000$$

$$\Rightarrow \oint_3 \vec{H} d\vec{l} = N_2 i_2 + N_3 i_3 = 2000$$

(b)

$$\Rightarrow \oint_1 \vec{H} d\vec{l} = N_1 i_1 + N_3 i_3 = 4000$$

$$\Rightarrow \oint_2 \vec{H} d\vec{l} = N_1 i_1 + N_2 i_2 = 3000$$

$$\Rightarrow \oint_3 \vec{H} d\vec{l} = -N_2 i_2 + N_3 i_3 = 1000$$

Questão 3 (25 PONTOS):

Inicialmente é determinada a equação da rede de carga para depois substituir as coordenadas $B_z = 0,15T$ e $H_z = -173 \text{ kA/m}$, que é a densidade de fluxo e o campo magnético no limite inferior da característica de desmagnetização sob a ação desmagnetizante do entreferro.

$$B_z = -4\pi 10^{-7} \left(\frac{l_M}{l_g} \right) \left(\frac{A_c}{A_M} \right) H_z$$

$$0,15 = -4\pi \times 10^{-7} \left(\frac{1}{2x} \right) \left(\frac{1}{4} \right) \times -173.000$$

$$\Rightarrow x = 0,1811 \text{ cm}$$

Questão 4 (25 PONTOS):

$$B_M = \mu_0 \left(\frac{l_M}{l_g} \right) \left(\frac{A_c}{A_M} \right) H_M = -3,14 \times 10^{-6} H_M \quad (\text{equação da reta de carga})$$

$$B_M = B_0 + \mu_r \mu_0 H_M = 0,4 + 4\pi \times 10^{-7} H_M \quad (\text{equação da reta da linha de recuo})$$

A combinação entre essas duas equações resulta em

$$\Rightarrow B_M = 0,285 \text{ T}$$