

SEL0404 – Eletricidade II

Lista 3

1 – Em um atuador de movimento de translação, a relação λ - i é dada por

$$i = \lambda^{3/2} + 2.5\lambda(x - 1)^2$$

Para $0 < x < 1$ m, onde ' i ' é a corrente na bobina do atuador. Determine a força na parte móvel para $x = 0.6$ m. R: λ^2

2 – A relação λ - i para um sistema eletromagnético é dada por

$$\lambda = \frac{1.2i^{1/2}}{g}$$

onde g é o comprimento do entreferro. Para uma corrente $i = 2$ A e $g = 10$ cm, determine a força mecânica na parte móvel:

- a) usando a energia do sistema. R: -226,25 Nm
- b) usando a co-energia do sistema. R: -226,25 Nm

3 – Um atuador é apresentado na figura 1. Todas as dimensões estão em centímetros. O material magnético é aço fundido, cujas características de magnetização são apresentadas na figura 2. O núcleo magnético e o entreferro têm seção transversal quadrada. A bobina tem 500 voltas e 4 ohms de resistência.

- a) O entreferro é $d = 1$ mm. R: $H_c=350$ A/m; $B=0,5$ T
 - i) Determine a corrente na bobina e a tensão de alimentação (dc) necessária para se obter uma densidade de fluxo de 0.5 T no entreferro. R: 1,22 A; 4,88 V
 - ii) Determine a energia armazenada no atuador. R: 0,38 J
 - iii) Determine a força de atração no braço do atuador. R: 248,7 N
 - iv) Determine a indutância da bobina. R: 0,51 H
- b) O braço do atuador pode ser mover e finalmente o entreferro se fecha
 - i) Para um entreferro igual a zero, determine a densidade de fluxo no núcleo, a força no braço do atuador, a energia armazenada no atuador. R: 1,2 T; 1432,4 N; 0,9 J
 - ii) Determine a transferência de energia (excluindo a energia dissipada na bobina devido a resistência) entre a fonte DC e o atuador. Assuma que o braço se move

lentamente. Qual é a direção do fluxo de energia? Quanto de energia mecânica é produzida?. R: 1,0675 J; sentido fonte-atuador; 0,5475 J

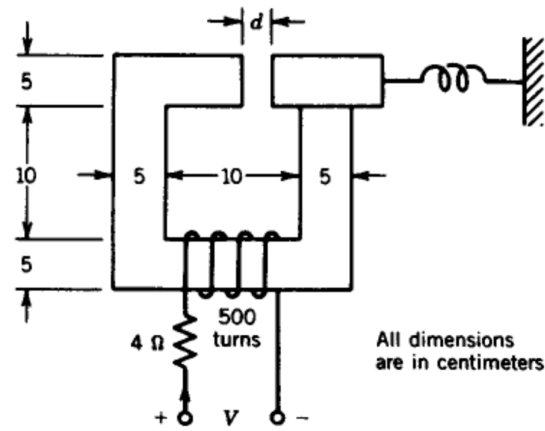


Figura 1

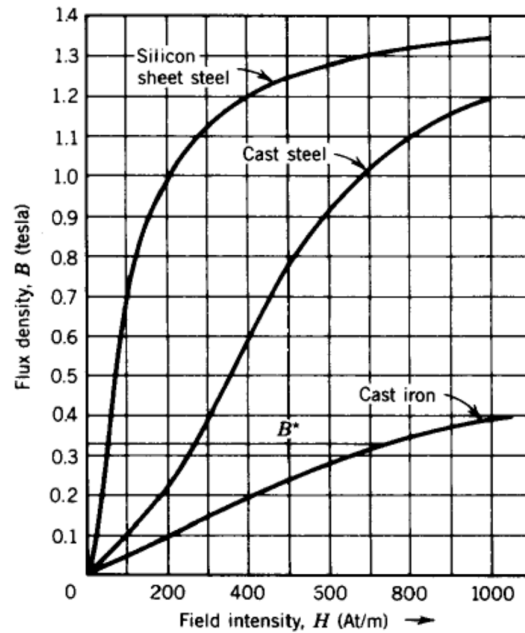


Figura 2

4 – A figura 3 mostra um sistema eletromagnético para levitação de um pedaço de aço. A bobina tem 600 voltas. A relutância do material magnético pode ser desprezada até uma densidade de fluxo de 1,4 T.

a) Para uma corrente de 15 A (dc) determine o maior comprimento de entreferro 'g' no qual a densidade de fluxo seja 1.4 T. R: 4,04 mm

b) Para o valor de entreferro encontrado no item anterior, determine a força na peça de aço. R: 199,64 kN

c) A peça de aço tem massa igual a 1000 kg. Para uma corrente de 15 A, determine o maior comprimento de entreferro tal que a peça de aço possa ser levitada pelo sistema. (Adote, gravidade 9.81 m/s^2). **R: 18,225 mm**

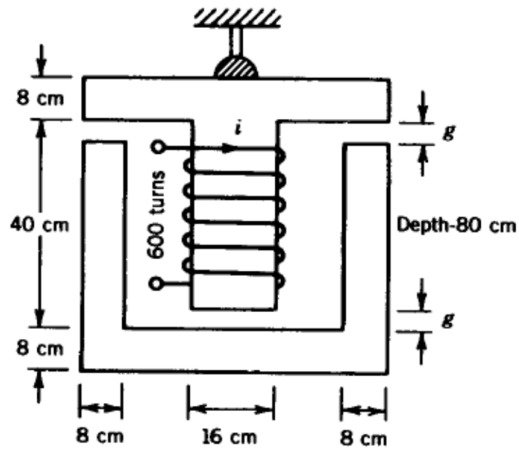


Figura 3

5 – A figura 4 mostra um sistema eletromagnético para levitação de uma peça de aço. A bobina tem 2500 voltas. A densidade de fluxo no entreferro é de 1.25 T. Assuma que o núcleo seja um material ideal (não satura).

a) Para um entreferro $d = 10 \text{ mm}$.

i) Determine a corrente na bobina. **R: 7,96 A**

ii) Determine a energia armazenada no sistema. **R: 19,8 J**

iii) Determine a força na peça de aço. **R: 1980 N**

iv) Determine a massa da peça de aço (Adote, gravidade 9.81 m/s^2). **R: 201,64 kg**

b) Para um entreferro $d = 5 \text{ mm}$, determine a corrente na bobina necessária para levitar a peça de aço. **R: 3,98 A**

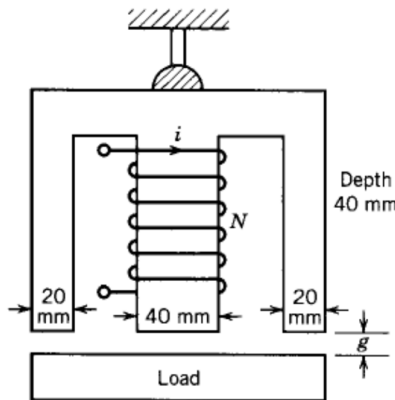


Figura 4.

6 – A figura 5 mostra a secção em corte de um atuador eletromagnético cilíndrico. O êmbolo móvel tem área de seção transversal de 0.0016 m^2 . A bobina tem 2500 voltas e resistência de 10 ohms. Uma tensão de 15 V (dc) é aplicada nos terminais da bobina. Assuma que o núcleo seja um material ideal (não satura).

a) Determine o valor do entreferro 'g' em mm para que a densidade de fluxo no entreferro seja de 1.5 T. Determine a energia armazenada para esta condição. **R: 3,14 mm; 4,5 J**

b) Obtenha a expressão para a força no embolo como função do comprimento do entreferro.

$$\text{R: } f = \frac{0,0141372}{g^2} N$$

c) Determine a força no embolo para as condições do exercício (a). **R: 1432,4 N**

d) Suponha que o embolo se mova rapidamente da posição inicial $g = 5 \text{ mm}$ para $g = 0 \text{ mm}$. O embolo move tão rapidamente que o fluxo concatenado pela bobina (e também a densidade de fluxo no entreferro) dificilmente muda durante o movimento.

i) Determine a força durante a movimentação do embolo. **R: 565,5 N**

ii) Determine a quantidade de energia mecânica produzida durante a movimentação.

R: 2,83 J

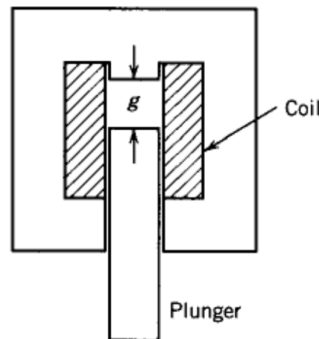


Figura 5

7 – A figura 6 mostra um sistema de levitação eletromagnética. A bobina tem 400 voltas e resistência de 5 ohms. A relutância do material magnético pode ser desprezada. O núcleo magnético tem uma seção transversal quadrada de 5 cm por 5 cm. Uma peça de aço é introduzida ao sistema com valor de entreferro de $g = 1 \text{ mm}$, entre a peça e o núcleo. Uma força de 550 newtons é necessária para levantar tal peça.

a) Para uma alimentação DC,

i) Determine o valor da tensão DC aplicada. **R: 10,45 V**

ii) Determine a energia armazenada no campo magnético. **R: 0,55 J**

b) Para uma alimentação AC a 60 Hz, determine o valor da tensão aplicada. **R: 198,3 V**

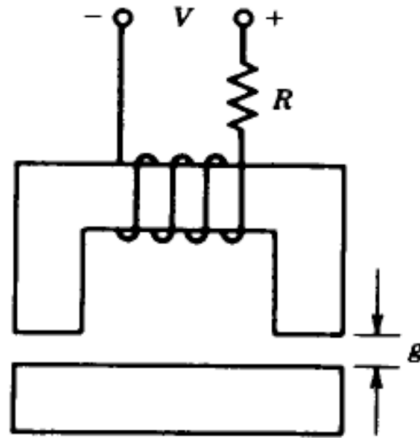


Figura 6

8 – Quando flui corrente através da bobina do solenoide curvo, Figura 7, uma peça ferromagnética curva adentra o solenoide, realizando um movimento contrário a força da mola. A indutância da bobina é $L = 4.5 + 18 \cdot \theta \mu\text{H}$, onde θ é o ângulo de deflexão em radianos. A constante da mola é $0.65 \times 10^{-3} \text{ Nm/rad}$.

- a) Mostre que o aparato mede o valor RMS da corrente. **R: O ângulo de deflexão é proporcional ao quadrado do valor RMS da corrente**
- b) Determine a deflexão em graus para uma corrente de $10 \text{ A}_{\text{RMS}}$. **R: $79,35^\circ$**
- c) Determine a queda de tensão para uma corrente de $10 \text{ A}_{\text{RMS}}$ a 60 Hz passando através da bobina. A resistência da bobina é 0.015 ohms . **R: $0,186 \text{ V}$**

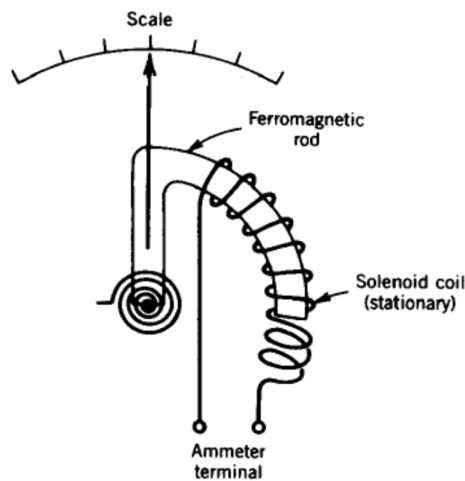


Figura 7

9 – Uma máquina de relutância na forma apresentada na figura 8 não tem enrolamento no rotor. A indutância da bobina do estator é

$$L_{SS} = 0.1 - 0.3 \cos 2\theta - 0.2 \cos 4\theta \text{ H}$$

Uma corrente de 10 A_{RMS} a 60 Hz passa através da bobina do estator.

a) Determine os valores de velocidade (ω_m) do rotor em que a máquina desenvolve o torque médio. R: ± 377 rad/s; $\pm 188,5$ rad/s

b) Determine o torque máximo e a potência (mecânica) que pode ser desenvolvida pela máquina para cada velocidade. R: $[\pm 377]$: 15 Nm; 5655 W; $[\pm 188,5]$: 20 Nm; 3770 W

c) Determine o torque máximo à velocidade zero. R: 63,45 Nm

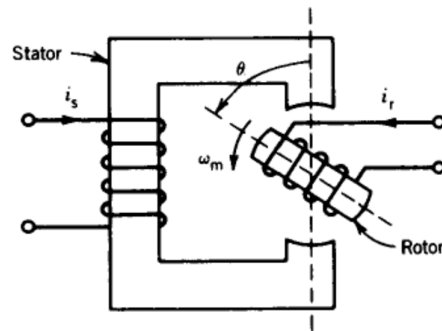


Figura 8

10 – Um motor de relutância com rotor de quatro polos é apresentado na figura 9. A relutância do sistema magnético pode ser assumida como uma função que varia senoidalmente em função de θ e é dada por

$$\mathfrak{R}(\theta) = 2 \cdot 10^5 - 10^5 \cos 4\theta$$

A bobina tem 200 voltas e resistência desprezível, sendo conectada a 120 V, 60 Hz, monofásico.

a) Obtenha uma expressão para o fluxo (ϕ) em função do tempo (dica, $v = N d\phi/dt$).

R: $\phi = \phi_M \cos \omega t$

b) Mostre que o torque é

$$T = \frac{1}{2} \phi^2 \frac{d\mathfrak{R}}{d\theta}$$

c) Determine os valores de velocidade (ω_m) do rotor em que a máquina desenvolve o torque médio. R: 0; $\pm \omega_m/2$

d) Determine o torque máximo e a potência (mecânica) que pode ser desenvolvida pela máquina para cada velocidade. R: $[0]$: 0,5 Nm; 0 W; $[\pm 188,5]$: 0,253 Nm; 47,7 W

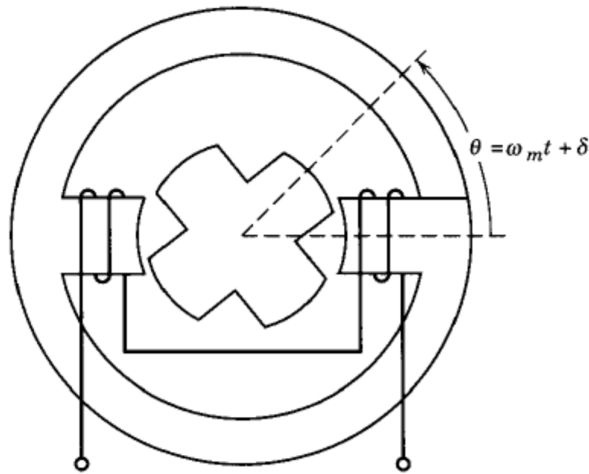


Figura 9

11 – A máquina rotativa da figura 10 tem os seguintes parâmetros

$$L_{SS} = 0.15 \text{ H}$$

$$L_{RR} = 0.06 \text{ H}$$

$$L_{SR} = 0.08 \cos \theta \text{ H}$$

a) O rotor gira a 3600 RPM. Se pelo enrolamento de estator passa uma corrente de 5 A_{RMS} a 60 Hz, determine a tensão instantânea e RMS induzida na bobina do rotor. Determine a frequência da tensão induzida no rotor. R: $150,8\sqrt{2} \cos(240\pi t + \delta) \text{ V}$; $150,8 \text{ V}_{\text{rms}}$; 120 Hz

b) Suponha que as bobinas de estator e rotor sejam conectadas em série e que uma corrente de 5 A_{RMS} e 60 Hz passa através delas. Determine as velocidades em que a máquina produzirá o torque médio. Também, determine o valor máximo de torque que a máquina produzirá em cada velocidade. R: [0]; 2 Nm; $[\pm 2\omega]$: 1 Nm

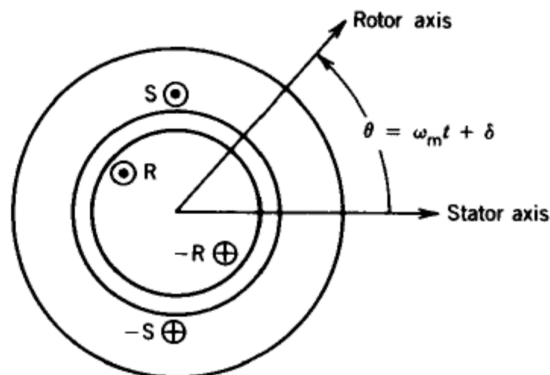


Figura 10