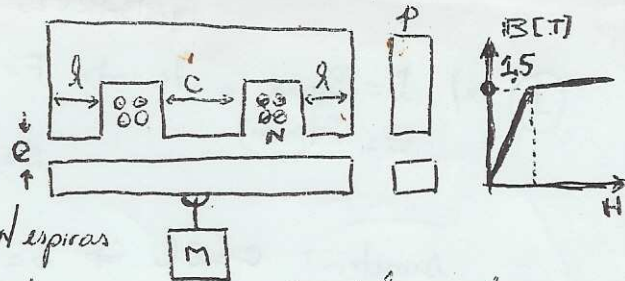


GABARITO

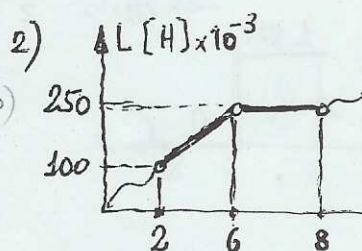
VERSÃO

1) O eletroímã da figura tem seção transversal



(3.0) retangular. A armadura tem peso próprio desprezível e sustenta uma massa de $M[\text{kg}]$. O enrolamento de N espiras tem resistência $R[\Omega]$. O material ferromagnético utilizado na montagem do núcleo e da armadura satura com $1.5[\text{T}]$. Abaixo da saturação, sua permeabilidade pode ser considerada uma constante de valor $\mu = 2000\mu_0$. Na saturação, $\mu = \mu_0$. Considere $N = 500$ espiras; $g = 10[\text{m/s}^2]$.

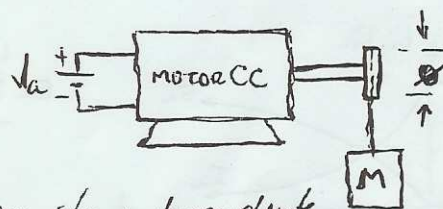
- a) dimensione as superfícies de atração para que $200[\text{kg}]$ sejam equilibrados com entreferro de $24[\text{mm}]$ e a indução magnética não ultrapasse $1.2[\text{T}]$.
- b) calcule os valores eficazes de tensão que se deve aplicar ao enrolamento na condição do item at. Considere dois casos: 1) tensão contínua; 2) tensão senoidal em $60[\text{Hz}]$
- c) justifique a aproximação que considere a relutância total do circuito magnético como sendo apenas a associação das relutâncias dos trechos do entreferro, com $B < 1.5[\text{T}]$.



Um equipamento eletromecânico tem apenas uma bobina de excitação de indutância variável com a posição da armadura conforme o gráfico. Nas posições entre 2 e 8 [cm], a variação da indutância é aproximada por segmentos de reta.

Desenhe, em corte transversal, um equipamento que seja representado por este gráfico. Calcule a força desenvolvida no intervalo $(2; 8)$ por unidade de corrente (N/A)

3) Um motor de corrente contínua é utilizado para elevar uma massa M por intermédio de uma polia de diâmetro $\phi = 25$ [cm]. Considere a tensão de armadura $V_a = 200$ [V] e a excitação do motor com circuito independente.



a) Calcule a constante de torque e a resistência do circuito de armadura, tais que $M[\text{kg}]$ sejam mantidos suspensos. Considere $M = 100[\text{kg}]$ e corrente de armadura $50[\text{A}]$.

b) Rompido o fio de sustentação, a corrente absorvida pelo motor diminui exponencialmente e o eixo acelera até estabilizar em velocidade constante. Explique esse comportamento e calcule os valores limites da velocidade angular e da corrente de armadura. Considere como parâmetros mecânicos do motor: coeficiente de atrito D [axm/rad/s] e J [kgm²], momento de inércia.

c) Para elevar a massa com velocidade constante, o motor consome 300 [W] com a tensão elevada para 200 [V]. Calcule a velocidade e o rendimento

d) Equacione o processo de partida do motor com a massa acoplada e tensão aplicada em degrau

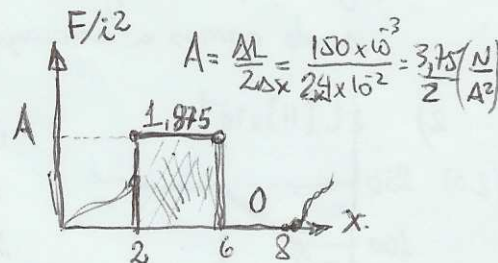
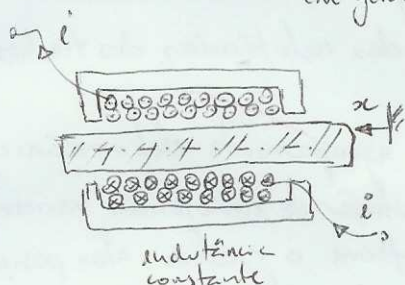
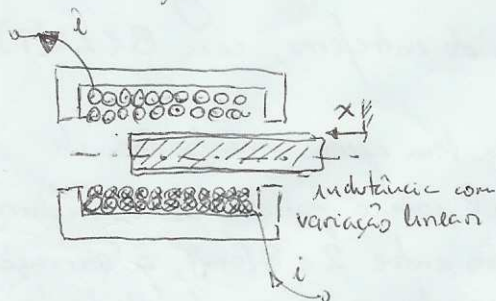
① a) $B = B_{\max} = 24 \text{ (mm)}$
 $C = 24 \text{ (mm)}$
 $F = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} \cdot S = mg = 200 \times 10 \text{ (N)} \therefore S = \frac{2000 \times 2 \times 4\pi \times 10^{-7}}{B^2}$
 $S = \frac{16\pi \text{ (cm}^2\text{)}}{B^2} \xrightarrow{B=1.2} S = 34,906 \text{ (cm}^2\text{)}$

numeros enteros: $\begin{matrix} c=4 \\ l=2 \\ p=5 \end{matrix} \} S=50 \text{ cm}^2 \Rightarrow \underline{\underline{B=1(T)}}$

b) relutâncias: $\mathcal{L}_c = \frac{\mathcal{L}_e}{2} \Rightarrow \mathcal{L}_r = 2\mathcal{L}_c = \frac{e}{\mu_0 \mu_r} = \frac{24 \times 10^{-3} \times 2}{4\pi \times 10^{-7} \times 4 \times 4,4 \times 10^4} = 0,2170 \times 10^{-8} \Rightarrow L = \frac{500^2}{\mathcal{L}_r} = \frac{250000}{0,2170 \times 10^{-8}} = 11,52 \times 10^{-3} \text{ (H)}$
(desprezando a relutância do ferro) $V_{bc} = 90,9 \text{ R (V)}$

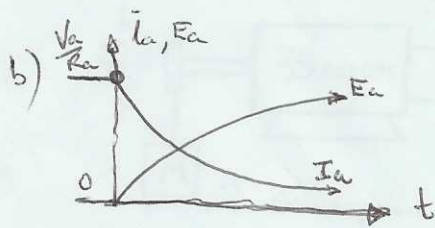
$$B = 1,19(T) \Rightarrow H = \frac{1,19}{\mu_0} \Rightarrow i = \left(\frac{1,19}{\mu_0} \times 2 \times 2,4 \times 10^{-3} \right) \frac{1}{500} = 90,9(A) \rightarrow V_{AC} = 90,9 / \sqrt{R_T^2 + (\omega L)^2} \quad (v)$$

c) $R_{Fe} = \frac{I_{Fe}}{I_0 S \times 2000}$; $R_{Ar} = \frac{e}{I_0 S}$ $\Rightarrow \frac{R_{Fe}}{R_{Ar}} = \frac{I_{Fe}}{2000 e}$ $\therefore R_{Fe}$ se igualaria a R_{Ar} se $I_{Fe} = 2000 e$,
em geral $I_{Fe} = 2 \cdot e \Rightarrow R_{Fe} = R_{Ar}/100$.

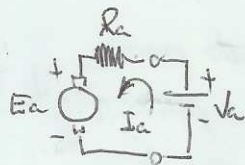


③ a) rotor brzdico $\Rightarrow \dot{I}_a = \frac{V_a}{R_{er}} = \frac{20}{R_a} \quad (A)$
 $G = K\phi I_a = K'\dot{I}_a =$

$$\begin{aligned} & \frac{100 \times 10 \times 0,25}{2} = K'.50 \Rightarrow K' = \overline{2,5} \text{ [Nxm/A]} \\ & 20 = R_x \times 50 \Rightarrow \underline{R_x = 0,4 \text{ (}\Omega\text{)}} \end{aligned}$$



$$G_z = \frac{J_x R_a}{D R_a + (K)^2} = \frac{J}{D + 15,625} \quad (1)$$



sendo $E_a = K' \Omega$, tensão induzida pelo movimento,
o motor acelera até o ponto de equilíbrio dinâmico, no qual $K' I_a = C_{tH} + C_{tRito} (\omega \times \omega)$

$$\begin{aligned} C_{\text{cyl}} &= Mg \frac{d}{2} = 125 \text{ (Nxm)} \\ C_{\text{carril}} &= 2 \Omega_{\infty} \text{ (Nxm)} \\ E_a &= K' \Omega_{\infty} = V_a \rightarrow R_a I_a \rightarrow I_{a\infty} = \frac{-2,5 \Omega_{\infty} + 20}{94} \text{ (A)} \end{aligned} \quad \begin{aligned} I_{a\infty} &= \frac{125 + D \Omega_{\infty}}{2,5} \text{ (A)} \\ \Omega_{\infty} &= \frac{49,5}{94 D + 6,25} \text{ (rad/s)} \\ I_{a\infty} &= \frac{D \Omega_{\infty} + 125}{2,5} \text{ (A)} \end{aligned}$$

com o free compressor, $C_{uhl} = 0 \Rightarrow \Omega_{\infty} = \frac{125 \cdot 50}{940 + 6,25} \text{ (rad/s)} ; \tau_{\infty} = \frac{1}{2,5} \Omega_{\infty} \text{ (A)}$

c) $\sqrt{a} I_a = 7500 \text{ (W)} \Rightarrow I_a = 75 \text{ (A)} \Rightarrow K' R_{\infty} = 100 - 0,4 \times 75 = 70 \text{ (V)} \Rightarrow \omega_{\infty} = 42 \text{ (rd/s)} \Rightarrow n = \frac{2674}{114,6} \text{ (rpm)} \Rightarrow u = \frac{3,5 \text{ (m/s)}}{1,5 \text{ (s)}}$

$$I_a = \frac{D R + 125}{2,5} = 75 \Rightarrow D = 2,232 \text{ (Nxm/rad/s)} \Rightarrow \begin{matrix} P_{mec} = D R^2 = 1750 \text{ (W)} \\ P_{Ra} = R_a I_a^2 = 2250 \text{ (W)} \end{matrix} \Rightarrow \eta = \frac{4000}{7500} = 1 - 0,533 \quad \eta = 47\%$$

$$P_{\text{utcl}} = m g u = 100 \times 10 \times 3,5 = 3500 (\text{W}) \approx 1.7500$$

d) $\left\{ \begin{array}{l} \frac{V_a}{s} = R_a \bar{I}_a(s) + K' \Omega(s) \\ K' \bar{I}_a(s) = \left[\cancel{J} \cancel{s} + \cancel{J} \cancel{s} + \cancel{J} \cancel{s} \right] \Omega(s) \end{array} \right. \rightarrow \left. \begin{array}{l} \text{atrito: } D \Omega(s) \\ \text{Inércia motor: } J \Omega(s) \\ \text{inércia massa: } \Delta M \phi \Omega(s) \\ \text{conjugado: } \Delta \tau = 125 \text{ (Nm)} = \text{cte} \end{array} \right\} J_{eq} = (J + 12,5) [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$