



## PEA 2306 Conversão Eletromecânica de Energia

### Lista de Exercícios de Motores de Corrente Contínua

1. Um motor de corrente contínua (ligação independente) gira a 1500 rpm em vazio, quando a tensão de armadura é igual a 220 V. Este motor absorve corrente de armadura igual a 15 A, quando alimentado com tensão de armadura igual a 220 V. Sabendo-se que valor da resistência do circuito de armadura é igual a  $0.8\Omega$ , qual a velocidade do motor nesta condição, qual o torque desenvolvido e qual seu rendimento? [1418 rpm, 21 N.m, 94.5%]
2. Um motor de corrente contínua (ligação independente) gira a 1800 rpm em vazio quando alimentado em 500V. Em carga, desenvolve conjugado igual a 300Nm na velocidade de 1700 rpm, ainda conectado a uma fonte de 500V. Qual a constante de torque deste motor ( $k\phi$ )? Qual a corrente absorvida em carga? Qual a resistência de armadura deste motor? Qual o rendimento do motor na condição de carga descrita? Qual deve ser o valor da resistência a ser inserida em série com a armadura, para que este motor tenha conjugado igual a 350N.m na partida. Admita em todos os itens que o atrito é nulo e que o circuito magnético do motor seja linear. [2,65 V.s; 113,2A ; 0,249 $\Omega$ ; 94%; 3,536  $\Omega$ ]
3. Um motor de corrente contínua (ligação independente) gira a 1000rpm e absorve uma corrente de armadura igual a 50 A de uma fonte de tensão contínua de 250 V. A resistência de armadura desta máquina é igual a  $0.2\Omega$ . Nesta velocidade, a potência dissipada nos mancais do motor é igual a 700 W. Calcule o torque eletromagnético (desenvolvido pela máquina), o torque útil (disponível para a carga mecânica) e o rendimento deste motor.[114.6 N.m, 107.9 N.m, 83.7% ]
4. Um motor de corrente contínua (ligação série) possui resistências internas desprezíveis e opera na região linear da curva de magnetização. Este motor absorve uma corrente igual a 55 A, quando alimentado em 420 V. Admita que o torque da carga mecânica varie com o cubo da velocidade e que não exista perdas por atrito. Qual é o valor da resistência a ser inserida em série com este motor para que ele gire na metade da velocidade inicial? Determine também o novo valor da corrente absorvida. Esboce em um mesmo gráfico a característica conjugado-rotação do motor (com e sem resistor) e também a curva da carga mecânica. [17.8 $\Omega$  ; 19.44 A]
5. Há duas formas simples para frear pequenos motores de corrente contínua na ligação independente: a frenagem dinâmica e a inversão de polaridade. Na primeira a fonte de armadura é desligada e a armadura é curto-circuitada. Na segunda, inverte-se a fonte de armadura até que a velocidade seja igual a zero. Obtenha expressões analíticas para a velocidade e para a corrente em função do tempo nos dois casos. Admita que o motor não possua atrito, tenha resistência de armadura igual a R, inércia J. Admita que o motor é freado a partir de uma condição inicial em que ele esteja sem carga mecânica, numa velocidade  $\Omega_0$  e que o valor da tensão de armadura seja igual a  $V_0$ . Despreze qualquer efeito da indutância de armadura. Calcule também a energia dissipada nos dois métodos.

$$i_a(t) = \frac{V}{R} \frac{\Omega}{\Omega_0} \quad ; \Omega(t) = \Omega_0 e^{-\frac{kV}{JR\Omega_0}t} \quad ; E = \frac{1}{2} J\Omega_0^2 \quad \text{Frenagem Dinâmica}$$

$$i_a(t) = \frac{V}{R} \left(1 + \frac{\Omega}{\Omega_0}\right) \quad ; \Omega(t) = \Omega_0 \left(-1 + 2e^{-\frac{kV}{JR\Omega_0}t}\right) \quad ; E = \frac{3}{2} J\Omega_0^2 \quad \text{Frenagem por Inversão}$$



6. No sistema da figura, duas máquinas de corrente contínua idênticas têm seus eixos acoplados. Ambas as máquinas foram ligadas com excitação independente. As máquinas possuem coeficiente de atrito  $D/2$ , inércia  $J/2$ , resistência de armadura  $R$ , e indutância de armadura igual a  $L$ .

a) Determine a transformada de Laplace da corrente de armadura e da velocidade do motor, quando ocorre o transitório de partida em vazio, ou seja, a chave  $K_m$  se fecha no instante  $t = 0$  com  $K_g$  aberta.

$$\Omega(s) = \frac{V k\phi}{s[s^2 LJ + (JR + DL) + (k\phi)^2 + RD]} \quad I(s) = \frac{V(D + sJ)}{s[s^2 LJ + (JR + DL) + (k\phi)^2 + RD]}$$

b) Determine, numericamente, as funções  $\Omega(t)$  e  $I(t)$  e para isto despreze o valor da indutância de armadura das máquinas;

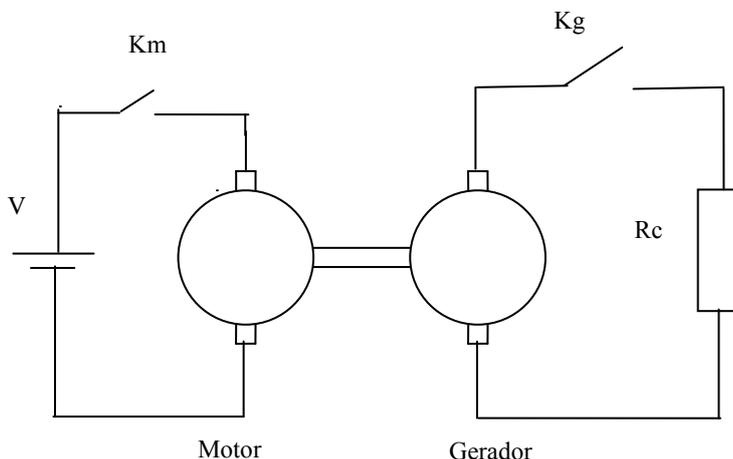
$$\Omega(t) = 125.59 \times (1 - e^{-t/0.395}) \quad i(t) = 15.8 + 9984.2 \times (e^{-t/0.395})$$

c) A partir da situação de regime estacionário do item anterior, a chave  $K_g$  se fecha ( $K_m$  mantida fechada). Determine os valores de regime de  $\Omega$ ,  $I_m$  e  $I_g$  e o rendimento global do sistema. Identifique todas as perdas do sistema.

$$\Omega = 120.94 \text{ rad/s}, I_m = 385,02 \text{ A}, I_g = 369,81 \text{ A}, \text{Perdas mec\~{a}nicas} = 8625 \text{ W},$$

$$\text{Perdas elet. (Motor)} = 2965 \text{ W}, \text{Perdas elet. (Gerador)} = 2735 \text{ W}, \eta_{\text{global}} = 88.8\%.$$

d) A partir das condições do item anterior, a chave  $K_m$  se abre, enquanto  $K_g$  se mantém fechada. Prove que toda a energia cinética armazenada irá se dissipar na resistência de armadura e na resistência de carga  $R_c$ , para que o sistema seja freado e alcance velocidade angular nula. Despreze o efeito da indutância de armadura neste item.



Dados Numéricos:  $V = 200 \text{ V}$ ,  $K\phi = 1.59 \text{ Nm/A}$ ,  $R = 0.02 \text{ } \Omega$ ,  $D = 0.2 \text{ Nm/rad/s}$ ,  $R_c = 0.5 \text{ } \Omega$ ,  $L = 2 \text{ mH}$ ,  $J = 50 \text{ kgm}^2$



7. Um motor de corrente contínua ligação independente, cuja potência nominal vale 30kW, gira em vazio a 3210 rpm, quando a tensão de armadura vale 220 V. Sua resistência de armadura vale  $0.1 \Omega$  e o conjugado de atrito pode ser modelado na forma  $C_{at} = 0,016 \Omega$ , sendo que a velocidade angular ( $\Omega$ ) é dada em rad/s. Em carga o motor é acoplado a uma bomba hidráulica cujo conjugado resistente pode ser descrito pela seguinte equação:  $C = 9.685 \times 10^{-4} \Omega^2$ . Determine:
- O conjugado desenvolvido pelo motor em vazio (5.35 Nm)
  - A constante de torque ( $k\phi$ ) deste motor. (0.652 V/rad/s)
  - A corrente absorvida em vazio (8,20 A)
  - A velocidade do conjunto motor-carga (2997rpm)
  - O conjugado desenvolvido pelo motor quando acoplado à carga (99.85 N.m)
8. Um motor de corrente contínua ligação independente possui os seguintes dados nominais: potência 150 kW, rotação 1500 rpm, tensão de armadura 500 V e resistência de armadura igual a  $0.075 \Omega$ . Em vazio, a máquina atinge rotação nominal sob tensão de armadura nominal. O conjugado de atrito pode ser desprezado e o motor aciona uma carga mecânica que oferece conjugado resistente constante igual a 900 Nm.
- Determine a rotação do motor; (1436 rpm)
  - Manteve-se o valor da corrente de excitação do motor e, alteração no valor do torque oferecido pela carga, qual deve ser a tensão de armadura para que o conjunto passe a girar na velocidade de 1650 rpm? (571 V)
  - Admita que o circuito magnético é linear e que a carga mecânica continua fixa. Qual deve ser a variação porcentual na corrente de campo, para que o motor passe a girar na velocidade de 1650 rpm com tensão de armadura nominal? (-13.5%)
  - Calcule a potência mecânica fornecida para a carga em cada um dos itens anteriores. Em alguns dos casos esta potência é superior à nominal. No entanto, sabe-se que os motores elétricos podem trabalhar nestas condições, desde que não seja em regime contínuo de operação. Qual(is) o(s) motivo(s)?
-