UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

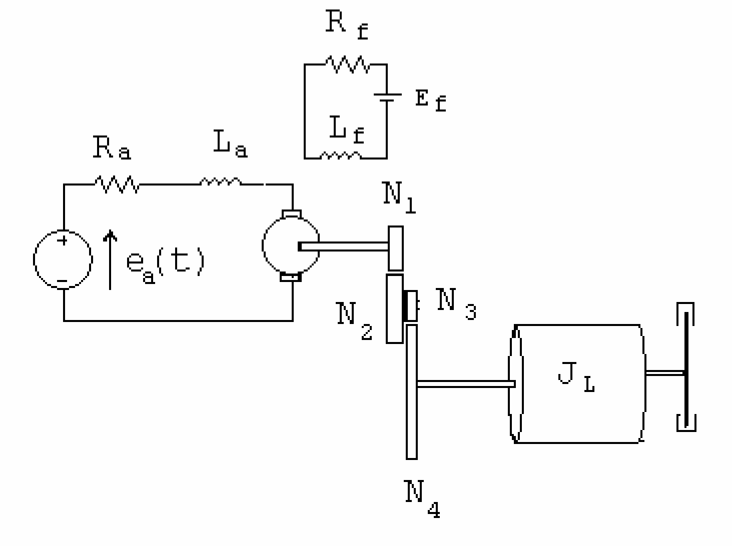
DISCIPLINA: LABORATÓRIO DE SISTEMA DE CONTROLE

ENSAIO 03: COMPORTAMENTO DE SISTEMAS DE 3ª ORDEM

OBJETIVOS:

1. Compreender o funcionamento eletromagnético de um servomotor DC com campo constante.
2. Identificar o comportamento transitório e permanente de um sistema de 3ª ordem
3. Predizer a influência de polos no comportamento transitório de um sistema de 2ª ordem.
4. Realizar função de transferência e diagramas de simulação analógica
5. Observar o comportamento de um sistema de 3ª ordem.
6. Compreender o conceito de pólo dominante e utilizaá-lo para predizer o comportamento dinâmico de sistemas com ordem igual ou superior a 3.

Formulação do Problema: O desenho abaixo representa um servomotor acoplado a uma antena parabólica através de caixa de redução de engrenagem.



O modelo de estado do sistema é dado por

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} -\dfrac{R_a}{L_a} & -\dfrac{K_b}{L_a} & 0 \\ \dfrac{K_t}{J_{eq}} & -\dfrac{B_{eq}}{J_{eq}} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} \dfrac{1}{L_a} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u(t)$$

R_a – Resistência de armadura = 5 Ω
L_a - Indutância de armadura = 200 mH
K_b – Constante de fecm do motor = 0,08 V.s/rad
K_t – Constante de torque do motor 10 oz.in/A

$$y(t) = \begin{bmatrix} 0 & \dfrac{N_1 \cdot N_3}{N_2 \cdot N_4} & 0 \\ 0 & 0 & \dfrac{N_1 \cdot N_3}{N_2 \cdot N_4} \end{bmatrix} x(t)$$

J_m – Inércia conjunto motor + engrenagem 1 = 0,05 Kg.m^2
J_2 - Inércia engrenagem 2 + engrenagem 3 = 0,0075 Kg.m^2
J_4 – Inércia do conjunto engrenagem 4 + antena 0,80 Kg.m^2
B_1 - Coeficiente de atrito eixo motor = 10 N/m/s
B_2 - 4,0 N/m/s
B_4= 15 N/m/s
N_1 – Número de dentes da engrenagem 1
N_2 – Número de dentes da engrenagem 2
N_3 – Número de dentes da engrenagem 3
N_4 – Número de dentes da engrenagem 4
u – Tensão de armadura
x_1 – Corrente de armadura
x_2 – Velocidade angular do conjunto de engrenagens 2 e 3
x_3 – Posição angular do eixo do motor
y - velocidade angular e posição da antena

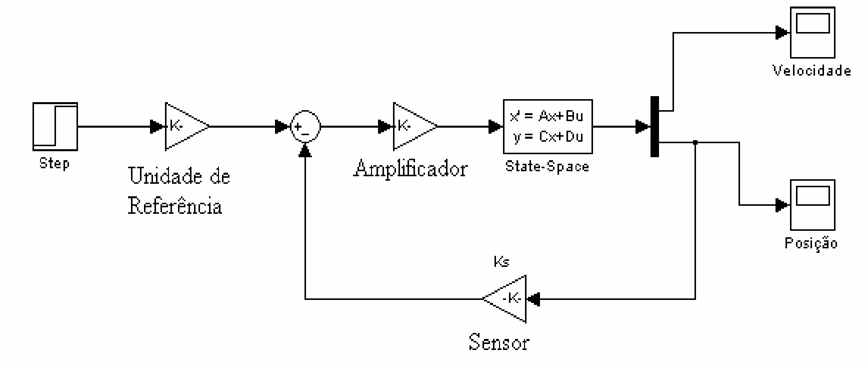
$$J_{eq} = J_m + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 J_2 + \left(\frac{N_1 N_3}{N_2 N_4}\right)^2 J_4$$

$$B_{eq} = B_1 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 B_2 + \left(\frac{N_1 N_3}{N_2 N_4}\right)^2 B_4$$

1ª) Simule o sistema para o trem de engrenagens 1 com N_1=10, N_2=50 , N_3=10 e N_4=20 e uma entrada degrau unitário.
a) No matlab declare a planta como uma estrutura sys no modelo de estados. Use o comando função P1=ss(A, B,C,D).
b) Determine a função de transferência da planta. Use o comando G1=tf(P1)
c) Determine os pólos e zeros da planta. Use o comando ZP1=zpk(P1)

2ª) Simule o sistema para o trem de engrenagens 2 com N_1=10, N_2=80 , N_3=40 e N_4=50 e uma entrada degrau unitário.
a) No matlab declare a planta como uma estrutura sys no modelo de estados. Use o comando função P2=ss(A, B,C,D).
b) Determine a função de transferência da planta. Use o comando G2=tf(P1)
c) Determine os pólos e zeros da planta. Use o comando ZP2=zpk(P1)

3ª) Simule a planta 2 em malha fechada usando um potenciômetro rotativo como sensor de posição K_s= 0,5 V/rad um potenciômetro deslizante para ajuste de setpoint com o mesmo ganho K_s e um amplificador de tensão com ganho ajustado livremente.. Veja figura.



a) Simule para um setpoint de 60º (π/3 rad.). Ajuste K de modo a obter comportamento subamortecido.
b) Quais os pólos do sistema em malha fechada para o valor de K obtido em a.? Justifique porque ocorreu a oscilação.

Formulação do Problema: Um sistema dinâmico de 3ª ordem é modelado por

$$G(s) = \frac{4\omega_n^2}{(s+p)\left(s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2\right)}$$

tem como resposta ao degrau unitário uma saída da forma

$$y(t) = K_1 + K_2 e^{-pt} + K_3 e^{-\zeta\omega_n t} sen\left(\omega_d t - \varphi\right)$$

onde $\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$ e K_1 , K_2 e K_3 são constantes

4ª) Faça uma realização de G(s) com 02 funções de transferências em paralelo no Simulink. Assuma que $\omega_n = 3\, rad/s \quad \zeta = 0{,}5$ e mostre as saídas dos subsistemas e do sistema - Utilize a função residue no matlab para decompor em frações parciais

a) Simule para p = $5\zeta\omega_n$. Que termos prevalecem no comportamento? Que tipo de comportamento o sistema apresenta
b) Simule para $p = \frac{\zeta\omega_n}{5}$ Que termos prevalecem no comportamento? Qual o tipo de comportamento do sistema.
c) Simule para p = $\zeta\omega_n$. Que termos prevalecem no comportamento?
d) Comente sobre que pólos determinam o comportamento dinâmico de um sistema, consolidando o conceito de pólos dominantes.