3ª Questão

a)

Levando os valores dos momentos de inércia, ~~coe~~ficientes de atrito e coeficiente de restituição para o eixo ~~de~~ (1) temos:

$$J_e = J_1 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 J_2 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \left(\frac{N_3}{N_4}\right)^2 J_3$$

$$b_e = b_1 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 b_2 + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \left(\frac{N_3}{N_4}\right)^2 b_3$$

$$k_e = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \left(\frac{N_3}{N_4}\right)^2 k,$$ escrevemos:

$$J_e \ddot{\theta}_1 + b_e \dot{\theta}_1 + k_e \theta_1 = M_1 \qquad (a)$$

(b) Logo: $$\frac{\theta_1(s)}{M_1(s)} = \frac{1}{J_e s^2 + b_e s + k_e}$$

(c) Raízes do polinômio caracteris...

$$s_{1,2} = \frac{-b_e \pm \sqrt{b_e^2 - 4J_e k_e}}{2}$$

Logo: $b_e^2 > 4J_e k_e$ .... amortecimento super-crítico

$b_e^2 = 4J_e k_e$ —— amortecimento crítico

$b_e^2 < 4J_e k_e$ —— amortecimento sub-crítico.

4ª Questão

a) $$\frac{C(s)}{E(s)} = \left(5 + \frac{K_I}{s}\right) \cdot \frac{1}{(s+1)(s+3)} = \frac{5s + K_I}{s(s+1)(s+3)}$$

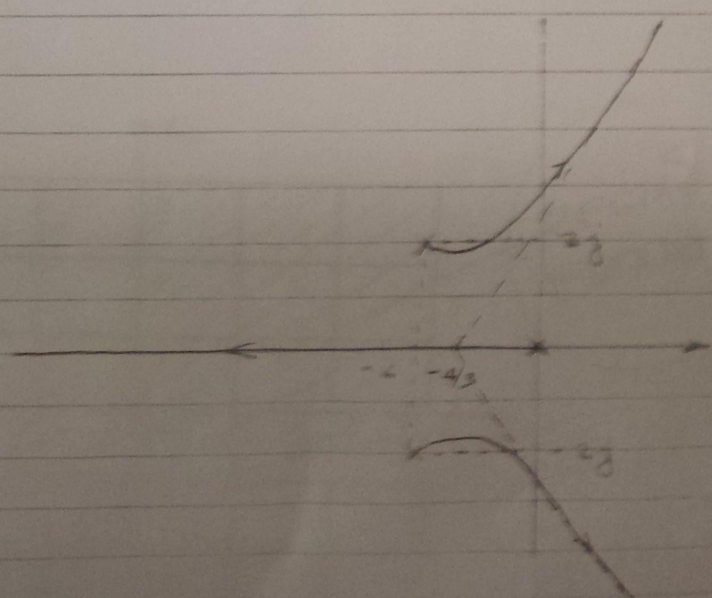
$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\dfrac{5s+K_I}{s(s+1)(s+3)}}{1 + \dfrac{5s+K_I}{s(s+1)(s+3)}} = \frac{5s+K_I}{s(s+1)(s+3) + 5s + K_I} =$$

$$= \frac{5s+K_I}{s\left[(s+1)(s+3)+5\right] + K_I} = \frac{5s+K_I}{s\left[s^2+4s+8\right]+K_I} \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\dfrac{5s+K_I}{s(s^2+4s+8)}}{1 + K_I \dfrac{1}{s(s^2+4s+8)}}}$$

b) Pólos de malha fechada: $1 + K_I \cdot \dfrac{1}{s(s^2+4s+8)} = 0$

$s^2 + 4s + 8 = 0 \Rightarrow s_{1,2} = \dfrac{-4 \pm \sqrt{16-32}}{2} = \dfrac{-4 \pm j4}{2} = -2 \pm j2$



$\left.\begin{matrix} n = 3 \\ m = 0 \end{matrix}\right\} \Rightarrow 3$ assíntotas

$\pm 60°, 180°$

$s_a = \dfrac{-2+\cancel{j2}-2-\cancel{j2}+0}{3}$

$s_a = -\dfrac{4}{3}$

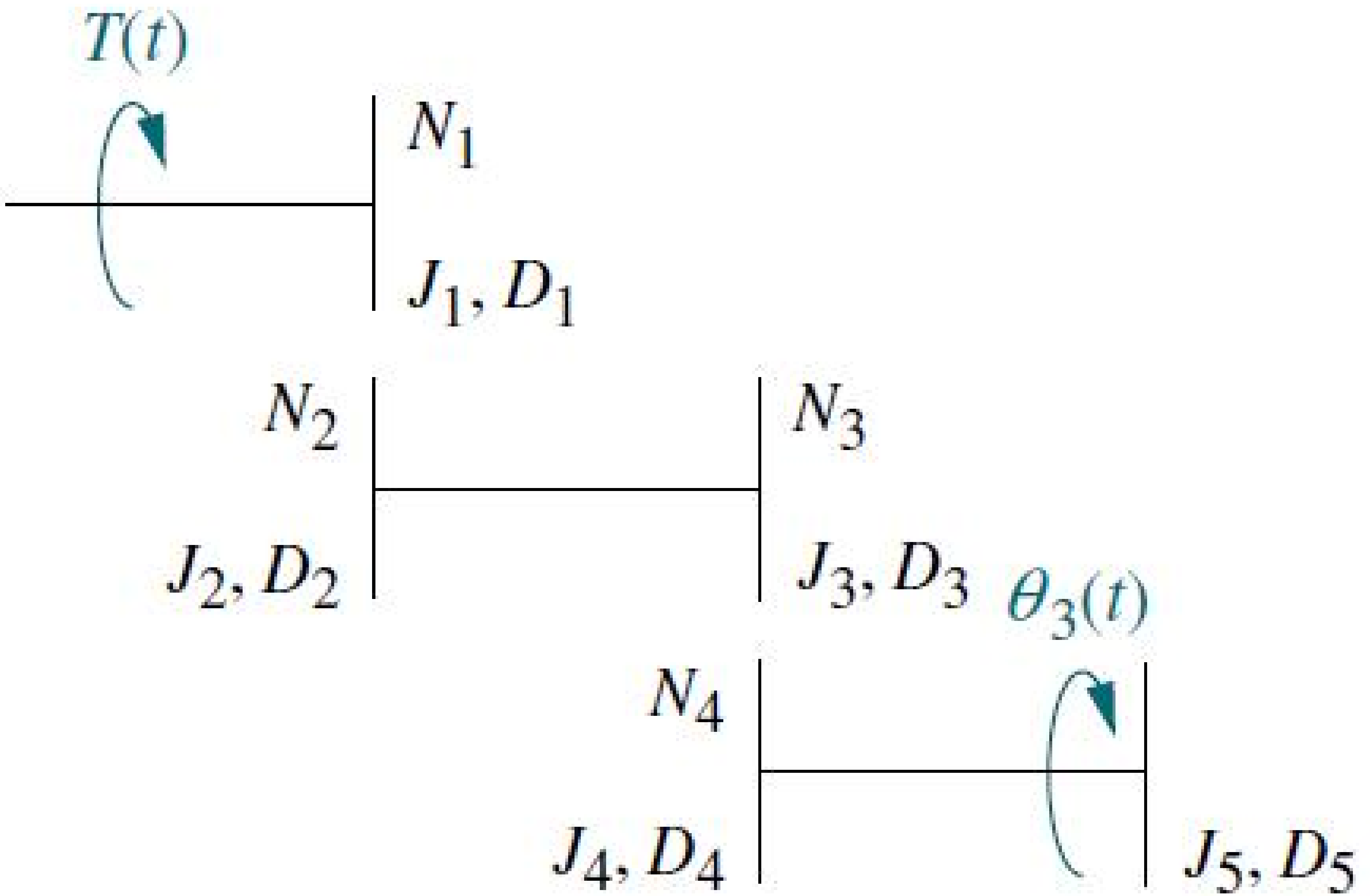


FIGURE P2.18