Nome: Weritson Frederito de O. Alves

Matrícula: 96708 Data: 11/5/21 Matéria: Elt 330

① $s^3 + 5s^2 + 2s^2 + 10s = \boxed{s^3 + 7s^2 + 10s}$

a) $g(s) = \dfrac{K}{s^3 + 7s^2 + 10s} = \dfrac{K}{s(s^2 + 7s + 10)} = \boxed{\dfrac{K}{s(s+2)(s+5)}}$ Tipo $N = 1$

b) $K_v = \lim_{s \to 0} \left[ \cancel{s} \cdot \dfrac{K}{\cancel{s}(s+5)(s+2)} \cdot \dfrac{1}{1} \right] = \dfrac{K}{5 \cdot 2} = \boxed{\dfrac{K}{10}} \Rightarrow K_v = \dfrac{10}{10} = 1$

c) $K_p = \lim_{s \to 0} \left[ \dfrac{K}{s(s+2)(s+5)} \cdot \dfrac{1}{1} \right] = \dfrac{K}{0} = \boxed{\infty} \Rightarrow e_{ss} = \dfrac{1}{1 + K_p} = 0$

$e_{ss} = \lim_{s \to 0} \left\{ s \left[ \dfrac{1}{1 + gH} \cdot \dfrac{0.1}{s^2} \right] \right\}$

$= \lim \left\{ \dfrac{0.1}{s + s\,gH} \right\}$

$= \dfrac{0.1}{K_v}$ *

d) $K_v = \lim_{s \to 0} \left[ \cancel{s} \cdot \dfrac{K}{\cancel{s}(s+2)(s+5)} \cdot \dfrac{1}{1} \right] = \boxed{\dfrac{K}{10}} \Rightarrow K_v = \dfrac{20}{10} = \boxed{2} \stackrel{*}{\Rightarrow} e_{ss} = \dfrac{0.1}{2} = 0.05 \ \dfrac{°C}{min}$

e) Para obter o menor valor de $e_{ss}$, o valor de $K_v$ deve ser o maior possível dentro da estabilidade. Logo, para o maior valor de $K_v$, deve-se encontrar o maior valor de $K$, no qual o sistema continua estável.

FTMF: $F = \dfrac{g}{1 + gH} = \dfrac{K}{s^3 + 7s^2 + 10s + K}$.

$$\begin{array}{c|cc} s^3 & 1 & 10 \\ s^2 & 7 & K \\ s^1 & \frac{70-K}{7} & 0 \\ s^0 & K & 0 \end{array}$$

$\dfrac{70-K}{7}$

- $K > 0$
- $\dfrac{70-K}{7} > 0 \Rightarrow 70 - K > 0 \Rightarrow K < 70$

$\boxed{0 < K < 70}$

O maior valor de $K$ é 70, para estabilidade.

$K_v = \lim_{s \to 0} \left[ \cancel{s} \dfrac{K}{\cancel{s}(s+2)(s+5)} \cdot \dfrac{1}{1} \right] = \dfrac{K}{10} \Rightarrow K_v = \dfrac{70}{10} = \boxed{7}$

$e_{ss} \stackrel{*}{=} \dfrac{0.1}{7} = \dfrac{1}{70} \approx 0.014 \ \dfrac{°C}{min}$

② $G = \dfrac{3}{s(0.5s+\sqrt{2})} \Rightarrow \begin{matrix} K=3 \\ a=\sqrt{2} \end{matrix} \Rightarrow$ FTMF : $F_0 = \dfrac{6}{s^2+2\sqrt{2}s+6}$ $\begin{cases} w_n = \sqrt{6} \\ \xi = \dfrac{2\sqrt{2}}{2\sqrt{6}} = \dfrac{\sqrt{3}}{3} \end{cases}$

a)

$$M_p = e^{-\left(\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}\right)} = 0.10845 \Rightarrow \boxed{M_p = 10,85\%}$$

$$t_p = \frac{\pi}{w_n\sqrt{1-\xi^2}} = \frac{\pi}{\sqrt{6}\sqrt{1-\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2}} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \boxed{t_p \cong 1,57\,s}$$

OBS.: O gráfico encontra-se na próxima página.

b) $G_1 = \dfrac{3K_p}{s(0.5s+\sqrt{2})} = \dfrac{6K_p}{s(s+2\sqrt{2})} \Rightarrow K_p' = 6K_p \Big\}\; F_1 = \dfrac{K_p'}{s^2+2\sqrt{2}s+K_p'} =$

$$K_p' = \frac{(2\sqrt{2})^2\left\{\pi^2 + \ln\left(\frac{M_p}{2}\right)^2\right\}}{4\ln\left(\frac{M_p}{2}\right)^2} = 4,32 \Rightarrow K_p = \frac{K_p'}{6} = \boxed{0,72}$$

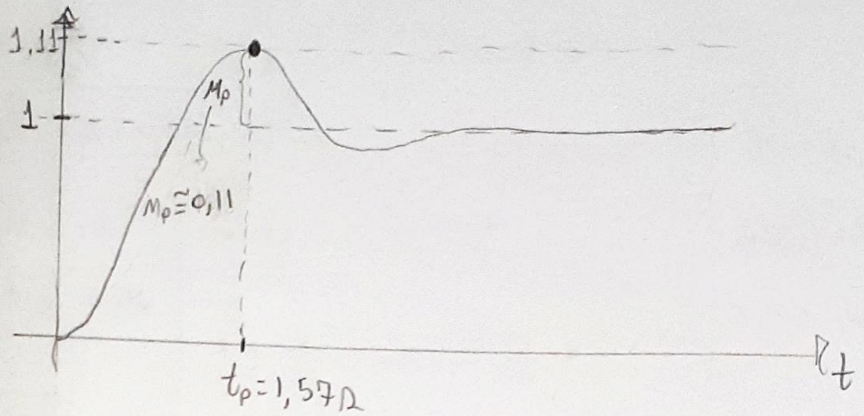
c) O gráfico encontra-se na próxima página.

d) $F_2 = \dfrac{K_p'}{s^2+2\sqrt{2}s+K_p'}$ , $K_p' = 6K_p \Rightarrow K_p' = \dfrac{\pi^2}{\left(\frac{t_p}{2}\right)^2} + \dfrac{(2\sqrt{2})^2}{4} = 18 \Rightarrow K_p = \dfrac{18}{6} = \boxed{3}$

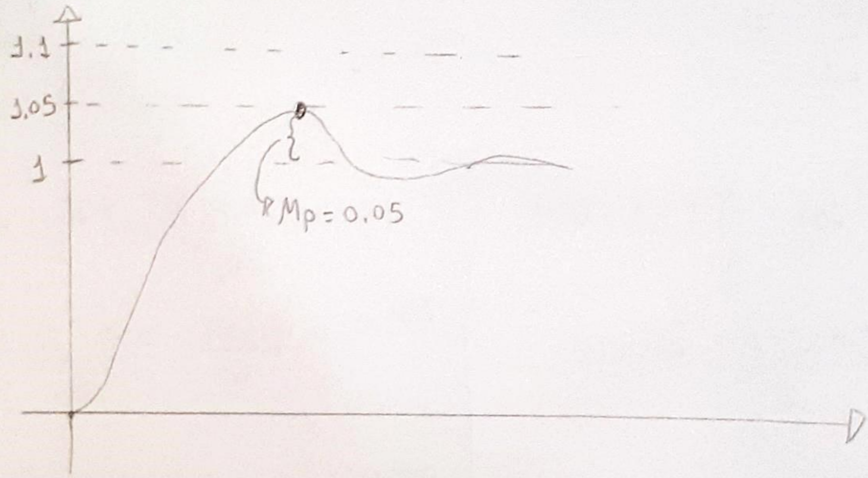
e) O gráfico se encontra na próxima página.

② Continuação

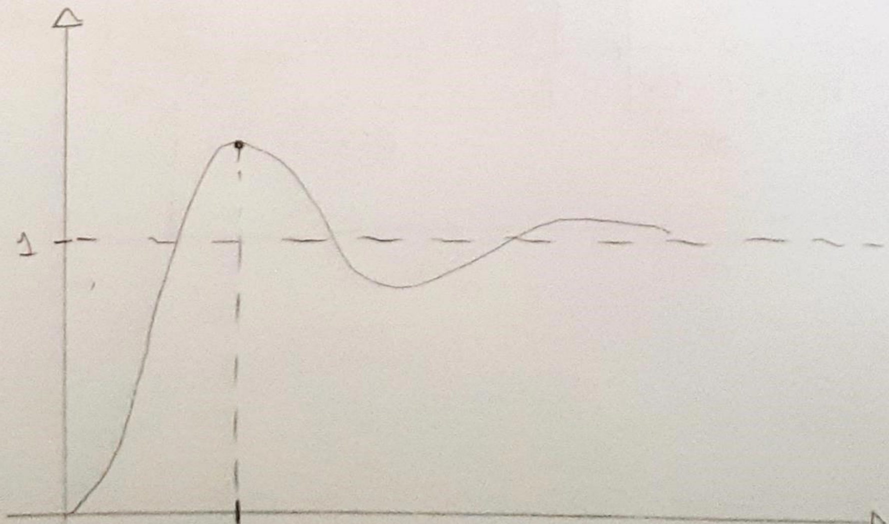
a)




c)




e)



3 $\quad G = \dfrac{0.5}{s(s^2+2.5s+1)}$ ; $K_D = 0 \quad K_I = 0 \Rightarrow G_P = \dfrac{0,5\,K_p}{s(s^2+2,5s+1)}$

$$\boxed{F = \frac{0.5K_p}{s^3+2.5s^2+s+0.5K_p}} \qquad \frac{2.5-0.5K_p}{2.5} = 1-\frac{K_p}{5}$$

$$\begin{array}{c|cc} s^3 & 1 & 1 \\ s^2 & 2.5 & 0.5K_p \\ s^1 & 1-\frac{K_p}{5} & 0 \\ s^0 & \frac{K_p}{2} & 0 \end{array}$$

- $\frac{K_p}{2} > 0 \Rightarrow K_p > 0$
- $1-\frac{K_p}{5} > 0 \Rightarrow 1 > \frac{K_p}{5} \Rightarrow 5 > K_p$

$\Rightarrow \boxed{0 < K_p < 5}$

$K_p = K_{cr} = 5$ e $s = j\omega_{cr}$

$$(j\omega_{cr})^3 + 2.5(j\omega_{cr})^2 + (j\omega_{cr}) + 0.5 \times 5 = 0$$

$$2.5(1-\omega_{cr}^2) + (\omega_{cr}-\omega_{cr}^3)j = 0$$

$\boxed{\omega_{cr} = 1}$ e $\cancel{\omega_{cr} = -1}$

$\omega = \dfrac{2\pi}{P_{cr}} \Rightarrow P_{cr} = \dfrac{2\pi}{1} = \boxed{2\pi} = 6,28$

$K_p = 0,6\,K_{cr} = 3$

$K_i = \dfrac{1,2\,K_{cr}}{P_{cr}} = \dfrac{1.2 \times 5}{2\pi} = 0.95$

$K_D = 0.075 \cdot P_{cr}\,K_{cr} = \dfrac{3\pi}{4} = 2,36$

$PID = K_p + \dfrac{K_i}{s} + K_D s$

$= \left(\dfrac{2,36s^2 + 3s + 0.95}{s}\right)$