Matlab e Controle

V.C.Parro

Março - 2020

INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

Representação em blocos

O caso SISO

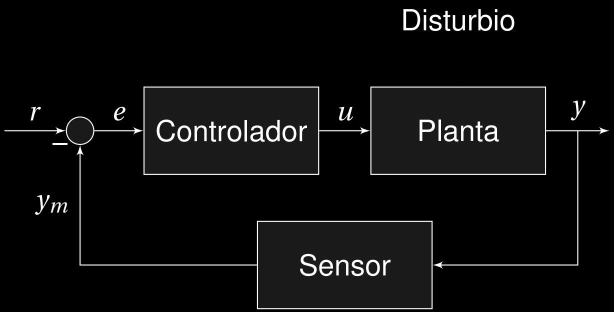

Figura 1: Sistema de controle SISO - *single input single output.*

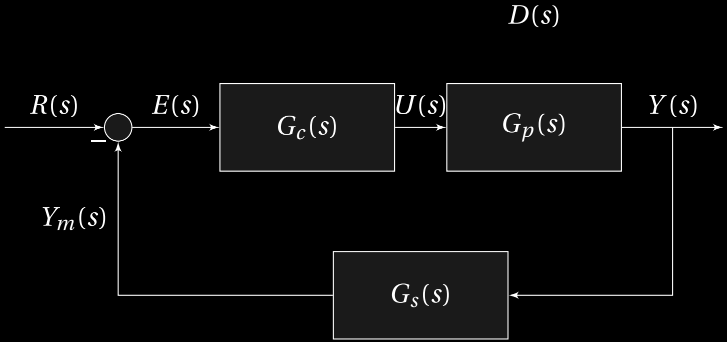

Figura 2: Sistema de controle SISO no domínio da frequência.

O caso SISO

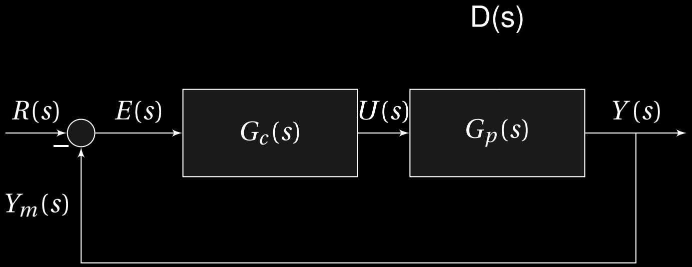

Figura 3: Sistema de controle SISO - *single input single output.*

Modelagem

Motor de corrente contínua

Com condições inicias nulas, podemos analisar os sistemas pela sua respectiva função de transferência, no domínio da frequência 7.

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = G_p(s) = \frac{(s+z_1)(s+z_2)\dots(s+z_M)}{s^N(s+p_1)(s+p_2)\dots(s+p_N)} \tag{1}$$

Ordem de $G_p(s)$

Analisando a resposta ao degrau do sistema podemos aproximá-lo a um sistema de primeira ordem com dois parâmetros de sintonia: K_m e p_m.

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = G_p(s) = \frac{K_m}{s + p_m} \tag{2}$$

Ajuste de parâmetros de $G_p(s)$ - malha de velocidade

O sistema foi ensaiado com uma onda quadrada, simulando vários sinais do tipo degrau aplicados ao motor. Foram gravados os sinais de velocidade - $\omega(t)$ (rotação) e posição do motor - $\theta(t)$. Para gravar utilizamos um computador que garantia uma amostragem $T = 10^{-3}$ segundos. Desta forma não temos os sinais contínuos e sim, N pontos em um intervalo de tempo. Logo temos os vetores $\omega(kT)$ (rotação) e posição do motor - $\theta(kT)$.

Ajuste de parâmetros de $G_p(s)$ - malha de velocidade

Para ajustar os parâmetros K_m e p_m desejamos que a saída do modelo y_{modelo} seja a mais próxima possível dos valores medidos y. Podemos aplicar a entrada $u(t)$ real no modelo, obtermos a saída y_{modelo} utilizando o comando $lsim$ e compararmos com a saída medida y, visando minimizar a Equação 3a.

$$\min_{K_m, p_m} \quad \sum_{0}^{NT} [y(kT) - y_{modelo}(kT)]^2 \tag{3a}$$

$$\text{sujeito a} \quad K_m \geq 0, \tag{3b}$$

$$p_m \geq 0. \tag{3c}$$

Ajuste de parâmetros de $G_p(s)$ - malha de velocidade

O função de transferência que minimizou o erro quadrático é dada pela Equação 4

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = G_p(s) = \frac{22.47}{s + 28.09} \tag{4}$$

Controle e malha fechada

Como ajustar $G_c(s)$?

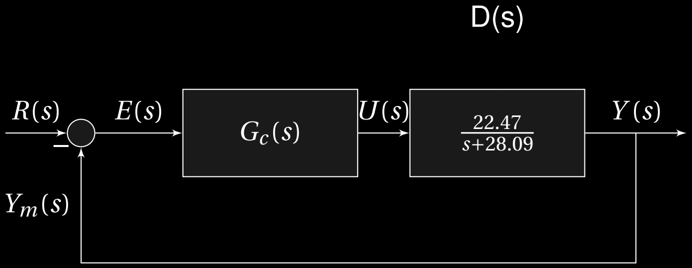

Figura 4: Sistema de controle SISO - *single input single output.*

Função de transferência em malha fechada

Pode-se calcular a função de transferência em malha fechada pela Equação 5

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = G_{MF}(s) = \frac{G_c(s)G_p(s)}{1 + G_c(s)G_p(s)} \tag{5}$$

Ajuste de aspectos dinâmicos

Pode-se analisar os pólos de malha fechada pela condição 6.

$$G_c(s)G_p(s) = G_c(s)\underbrace{\frac{22.47}{s+28.09}}_{G_p(s)} = -1 = 1\angle 180^\circ = e^{-j\pi} \qquad (6)$$

Desempenho: reduzindo o tempo de acomodação

1. O tempo de acomodação do atual sistema **em malha aberta** é $T_s \approx \frac{4}{28.09} \approx 0.162$ segundos.
2. deseja-se reduzir este tempo em malha fechada para $T_s = 0.1$ segundo que resulta em um polo mais a esquerda - $p_{MF} = -40$.
3. É possível obter esta condição com $G_c(s) = K_p$?

Sintonia do controlador: determinando K_p

$$\begin{aligned}
\overbrace{K_p}^{G_c(s)} \underbrace{\frac{22.47}{s+28.09}}_{G_p(s)} &= -1|_{s=-40} \\
\frac{22.47\,K_p}{-40+28.09} &= -1 \\
K_p &= 0.53
\end{aligned}$$

Erro estacionário

Matlab - *feedback* - resposta do controlador

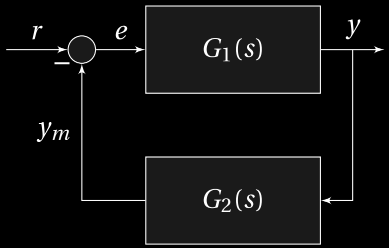

Figura 5: **Matlab:** *feedback*(G1,G2)

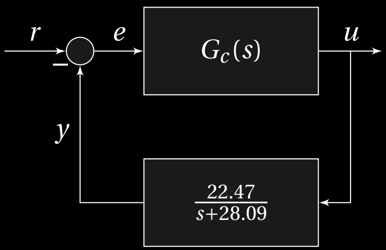

Figura 6: Usando feedback para analisar erro atuante - $u(t)$

Erro estacionário

Para o ganho de malha aberta em um formato conveniente:

$$G_c(s)G_p(s) = \frac{K(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)\ldots(\tau_M s + 1)}{s^N(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)\ldots(T_P s + 1)} \tag{7}$$

$$\begin{aligned} e(\infty) &= \lim_{s\to 0} sE(s) \\ &= s\frac{1}{1 + G_c(s)G_p(s)}R(s) \end{aligned}$$

Tabela 1: Erro estacionário

N	Degrau	Rampa
0	$\frac{A}{1+K}$	∞
1	0	$\frac{A}{K}$
2	0	0

Aplicando ao problema

$$\begin{aligned}
K_p \underbrace{\frac{22.47}{s+28.09}}_{G_p(s)} &= \frac{0.8\,K_p}{0.0356s+1} \\
K &= 0.8\,0.53 \\
K &= 0.4240
\end{aligned}$$

Lugar das raízes

Sintonizando um controlador Integral

Pode-se modificar o ganho K_i para posicionar os pólos de malha fechada em pontos específicos que respeitem a Equação 8.

$$G_c(s)G_p(s) = \overbrace{\frac{K_i}{s}}^{G_c(s)} \underbrace{\frac{22.47}{s+28.09}}_{G_p(s)} = -1 = 1\angle 180^\circ = e^{-j\pi} \tag{8}$$