Segundo Trabalho de Controle Multivariável

Considere o sistema mecânico da figura 1:

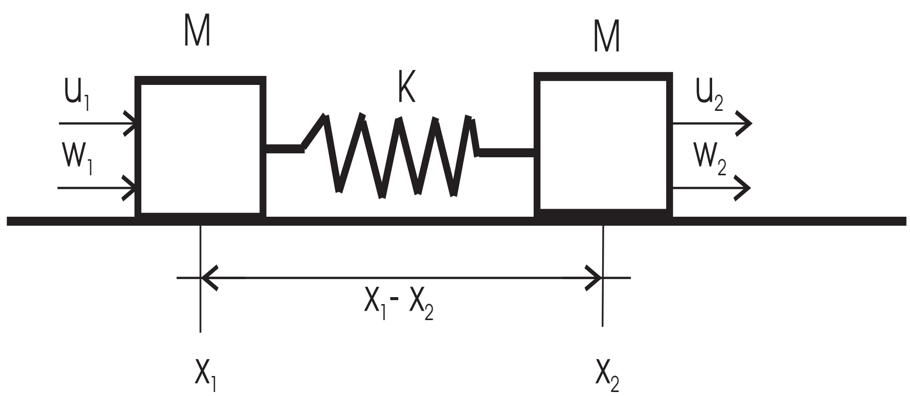

Figura 1: *Sistema mecânico considerado nos Trabalhos 1 e 2.*

Consideraremos que $w_1(t)$ e $w_2(t)$ são perturbações (forças) e $u_1(t)$, $u_2(t)$ são entradas. As massas são idênticas com posições dadas respectivamente por $x_1(t)$ e $x_2(t)$. A saída do sistema será $y(t) = (y_1(t), y_2(t))$ onde $y_1 = x_1$ e $y_2 = x_2$. A constante da mola que liga as duas massas é K. Assim é fácil mostrar que a dinâmica do sistema é regida pelas equações diferenciais:

$$M\ddot{x}_1 + K(x_1 - x_2) = u_1 + w_1 \tag{1a}$$
$$M\ddot{x}_2 + K(x_2 - x_1) = u_2 + w_2 \tag{1b}$$
$$\tag{1c}$$

Convertendo as equações para forma de estado teremos:

$$\dot{x} = Ax + Bu \tag{2a}$$
$$y = Cx + Du \tag{2b}$$

onde

$$
A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -K/M & 0 & K/M & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ K/M & 0 & -K/M & 0 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1/M & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1/M \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ \dot{x}_1 \\ x_2 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} \tag{2c}
$$
$$
C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad D = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}
$$

Adote os mesmos valores de K e M que voce adotou no primeiro trabalho.

1 Primeiro Desafio do Trabalho 2 (Caps 5, 6, e 8)

Projete um controlador na topologia observador-controlador baeado na matéria dos Caps. 5 e 6. Pede-se:

a) Escolha pólos de A+BF e A-KC que voce achar conveniente. Pede-se colocar um sinal de referência $r(t)$ de modo a garantir uma topologia de realimentação negativa unitária. Simule o sistema para condição inicial nula e um sinal $r(t) \in \mathbb{R}^2$ constante (escolhido por você). Mostre os gráficos das componentes de $y(t)$ e $u(t)$. O erro de regime é não nulo? O tempo final deve ser escolhido de modo a observar a convergência com boa precisão. Simule o efeito de um (pequeno) ruído aditivo $\eta(t)$ em $y(t)$. Mostre os gráficos de $y(t)$, $y(t) + \eta(t)$ e $u(t)$.
b) Faça a imposição de pólos de A+BF e A-KC usando contrle ótimo LQR. Repita as simulações do item a).
c) Reprojete o ganho K do observador, multiplicando os pólos escolhidos por 500. Mantenha o projeto de F. Repita o teste do (pequeno) ruído no sensor. Mostre os gráficos de $y(t)$, $y(t) + \eta(t)$ e $u(t)$.
d) Teça comentários e conclusões sobre suas simulações.

2 Segundo Desafio do Trabalho 2 (Caps. 7 e 8)

Considere que o sistema (2a)–(2c) é submetido a uma perturbação da forma $w_1(t) = \alpha_1 r(t) + \beta_1 \cos(2t + \phi_1)$ e $w_2(t) = \alpha_2 r(t) + \beta_2 \cos(2t + \phi_2)$, onde as amplitudes α_i, β_i, $i = 1, 2$ são desconhecidas e $r(t)$ é um degrau unitário. Pede-se projetar um compensador de regulação usando a teoria do capítulo 7 aplicada para o sistema aumentado.
a) Imponha pólos de $\widetilde{A} + \widetilde{B}\widetilde{F}$ e de $\widetilde{A} - \widetilde{K}\widetilde{C}$ escolhidos por voce. Simule o sistema completo em malha fechada na presença de uma perturbação admissível escolhida por você, e mostre os gráficos das componentes de $w(t)$, $u(t)$ $y(t)$ e $y_\Omega(t)$. O tempo de simulação deve ser suficiente para observar as convergências adequadas.
b) Repita as simulações de a) para $\widetilde{F}$ e $\widetilde{K}$ projetados por controle ótimo LQR. O tempo de simulação deve ser suficiente para observar as convergências adequadas.
c) Compare os resultados de a) e b) tecendo conlusões. O ideal é que o esforço de

controle $u(t)$ seja da mesma ordem para que a comparação seja honesta. Voce pode tentar mudar as matrizes de ponderação Q, R para que os esforços de controle sejam comparáveis, e poder comparar os tempos de convergência dos transitórios.