PMR-2360 - Controle e Automação I

1a. Lista de Exercícios - Versão 2014

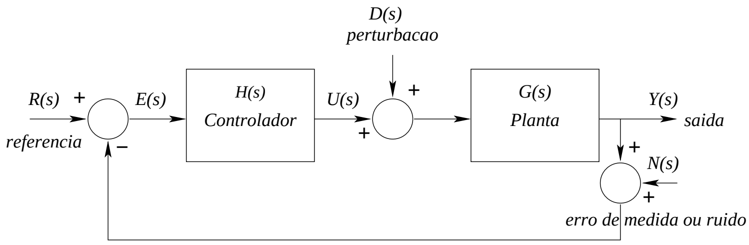
[Ex. 1] O projeto de um sistema de controle como o ilustrado na Figura abaixo, depende fundamentalmente da grandeza dada por $G(s)H(s)$. Dentro deste contexto, demonstre qual devem ser as características de $G(s)H(s)$ para que:

(a) O sistema faça o acompanhamento do sinal de referência $R(s)$.

(b) O sistema seja insensível às variações da planta $\Delta G(s)$.

(c) O sistema seja insensível aos distúrbios de torque $D(s)$.

(d) O sistema seja insensível aos rúidos $N(s)$.



[Ex. 2] Considere um sistema linear invariante no tempo descrito por:

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} + 2\frac{dy(t)}{dt} - 3y(t) = \frac{du(t)}{dt} - u(t). \tag{1}$$

(a) Encontre a resposta a Entrada-Zero devido a $y(0_-) = 2$. Quais so os modos do sistema ?

(b) Encontre a resposta a Estado-Zero para $u(t) = 1$ para $t \geq 0$.

(c) possvel detectar todos os modos do sistema a partir da resposta a Estado-Zero ?

(d) Este sistema pode ser completamente caracterizado pela sua funo de transferencia ?

[Ex. 3] Repita o problema anterior para o sistema:

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} + 2\frac{dy(t)}{dt} - 3y(t) = \frac{du(t)}{dt} + 3u(t). \tag{2}$$

[Ex. 4] Determine a resposta a degrau para os seguintes sistemas e construa o grfico aproximado.

(a)

$$G_1(s) = \frac{2}{(s+1)(s+2)}, \tag{3}$$

(b)

$$G_2(s) = \frac{20(s+0.1)}{(s+1)(s+2)}, \tag{4}$$

(c)

$$G_3(s) = \frac{0.2(s+10)}{(s+1)(s+2)}, \tag{5}$$

(d)

$$G_4(s) = \frac{-20(s-0.1)}{(s+1)(s+2)}, \tag{6}$$

(e)

$$G_5(s) = \frac{-0.2(s-10)}{(s+1)(s+2)}. \tag{7}$$

[Ex. 5] Baseado no item anterior, quais os tipos de zeros possuem maior influencia sobre a resposta do sistema. Justifique.

[Ex. 6] (a) Mostre que um sistema em malha fechada com a seguinte equação característica:

$$F(s) = a_2 s^2 + a_1 s + a_0, \tag{8}$$

é estável se e somente se todos os coeficientes são do mesmo sinal.

(b) Mostre que um sistema em malha fechada com a seguinte equação característica:

$$F(s) = s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0, \tag{9}$$

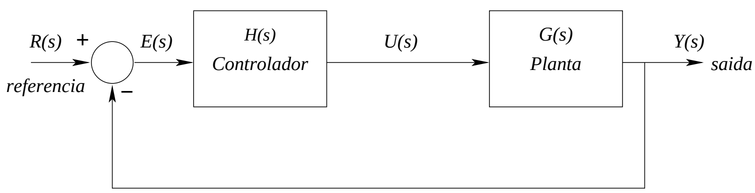
é estável se e somente se $a_2 > 0$, $a_0 > 0$ e $a_1 - \frac{a_0}{a_2} > 0$.

[Ex. 7] Considere um sistema em malha fechada com a seguinte equação característica:

$$F(s) = s^3 + 3Ks^2 + (K+2)s + 4 = 0. \tag{10}$$

Deseja-se descobrir o intervalo para o valor de K de tal forma que o sistema em malha fechada seja estável.

[Ex. 8] Atualmente, existe uma grande utilização de robôs industriais em tarefas de soldagem em plantas automotivas. A ferramenta de soldagem deve se movimentar em diversas direções e uma resposta rápida e precisa é requerida. O diagrama de blocos do sistema de controle da ferramenta de soldagem é indicada na figura abaixo:



onde:

$$H(s) = \frac{K(s+a)}{(s+1)}, \tag{11}$$

e

$$G(s) = \frac{1}{s(s+2)(s+3)}. \tag{12}$$

Deseja-se determinar a relação entre K e a que faz com que o sistema seja estável em malha fechada.

[Ex. 9] Calcule o valor da saída estacionária $y_{ss}(t)$ para os seguintes sistemas:

(a)
$$\frac{Y(s)}{R(s)} = G(s) = \frac{1}{1 - s^2} \tag{13}$$
e $r(t) = a$.

(b)
$$\frac{Y(s)}{R(s)} = G(s) = \frac{2}{s + 1} \tag{14}$$
e $r(t) = 3t$.

[Ex. 10] A resposta a degrau de um sistema com condições iniciais nulas é dado por:

$$y(t) = 3 - 2\exp(-2t) - \exp(-3t), \forall t \geq 0. \tag{15}$$

(a) Calcule a funo de transferência,

(b) Calcule a resposta do sistema para um impulso unitário.

[Ex. 11] Uma função de transferência é dada por:

$$H(s) = \frac{s + 1 + \epsilon}{(s + 1)(s + 2)}. \tag{16}$$

(a) Calcule a resposta a degrau unitário.

(b) Analize o resultado para $\epsilon \in [-1, 1]$.

[Ex. 12] A função de transferência de um sistema linear estável é dado por:

$$H(s) = \frac{-s + 4}{s^2 + 5s + 6}. \tag{17}$$

Se a entrada do sistema for dado por $U(t) = 2\cos(0.5t)$, calcule a resposta estática do sistema.

[Ex. 13] Considere um sistema de controle em malha fechada onde a função de transferência da planta é dada por:
$$G(s) = \frac{1}{s(Js + b)}. \tag{18}$$
Qual seria um possível tipo de controlador de tal forma que fosse possível garantir um erro estacionário a degrau $e_{ss} = 0$ mesmo com um sinal de distúrbio de torque $D(s) = T_d/s$ na entrada da planta ?.

[Ex. 14] Suponha o seguinte sistema de primeira-ordem:

$$G(s) = \frac{K_p}{(s + a)} \quad a > 0. \tag{19}$$

Mostre que um sistema de controle em malha fechada onde $H(s) = 1$ não consegue fazer com que o erro estacionário a degrau seja nulo. Proponha uma estrutura de controlador $H(s)$ onde seja possível tornar o erro estacionário nulo.

[Ex. 15] Um sistema de controle em malha fechada onde é utilizado um Motor C.C. é dado por:

$$H(s) = K, \tag{20}$$

e

$$G(s) = \frac{1}{s(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}. \tag{21}$$

Onde $\tau_1 = 0.1s$ é a constante elétrica do motor CC e $\tau_2 = 0.2s$ é a constante mecânica do motor CC. Calcule os valores possíveis para o ganho K do controlador de tal forma que o erro estático para uma entrada do tipo rampa $r(t) = At$ (onde $A = 1mm/s$) seja menor que $0.1mm$ enquanto a estabilidade é mantida.

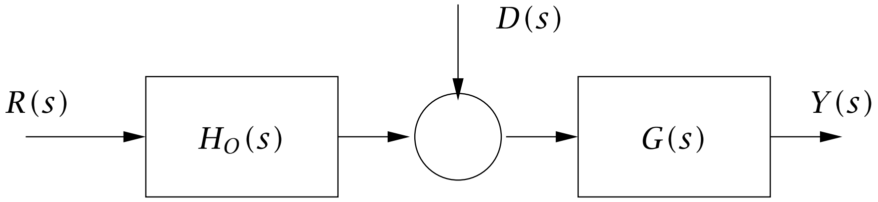
[Ex. 16] Deseja-se projetar um controlador para o sistema dado por:

$$G(s) = \frac{20}{5s + 1}. \tag{22}$$

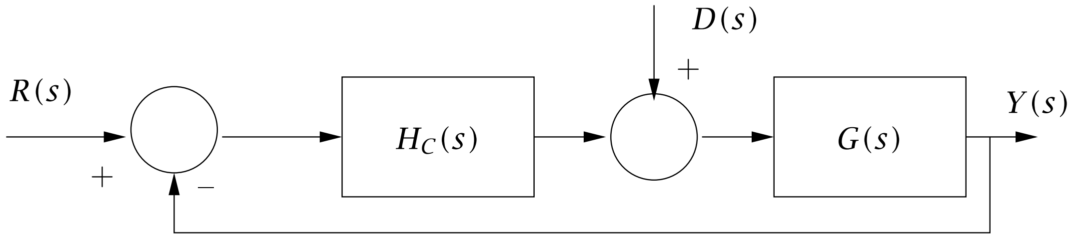
Idealmente, deseja-se que o sistema compensado possua a forma:

$$G_D(s) = \frac{1}{s + 1}. \tag{23}$$

(a) Projete um controlador $H_O(s)$ em malha aberta que atenda as especificações.



(b) Projete um controlador $H_C(s)$ em malha fechada que atenda as especificações.



(c) Calcule o erro estático a degrau para ambos os casos.

(d) Prove que a estrutura em malha fechada consegue garantir erro estático nulo $e_{ss} = 0$ mesmo com um distúrbio do tipo $d(t) = C, C = cte$ enquanto a estrutura em malha aberta não consegue.

(e) A planta $G(s)$ está sujeita a uma variação que pode ser representada por uma incerteza aditiva $\Delta G(s) = 2/(5s + 1)$. Prove que mesmo que a planta varie segundo $G(s) + \Delta G(s)$ a estrutura em malha fechada consegue garantir o erro estático nulo enquanto a estrutura em malha aberta não consegue.