UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Disciplina: EL472 – Laboratório de Engenharia de Controle **Período:** 2023.2
Professor: Rafael Cavalcanti Neto

Descrição da Atividade

Utilizando a plataforma MATLAB, os estudantes deverão implementar as soluções requeridas pelos problemas listados abaixo. Contudo, os estudantes deverão se atentar aos seguintes aspectos:

- Esta lista de simulações é individual e terá uma nota de avaliação associada a ela;
- O estudante deverá simular cada exercício de simulação usando a plataforma MATLAB R2010a ou versão superior (até R2018b) para simulações em linha de comandos e MATLAB/Simulink R2010a ou versão superior (até R2018b) para simulações de diagrama de blocos, a depender de cada caso.

Atividade Prática 1

1. Obtenha os zeros (z), polos (p) e ganho (K) da função transferência dada por:

$$G(s) = \frac{5s^3 + 30s^2 + 55s + 30}{s^3 + 9s^2 + 33s + 65}.$$

2. Obtenha as frações parciais de F(s).

$$F(s) = \frac{s^5 + 8s^4 + 23s^3 + 35s^2 + 28s + 3}{s^3 + 6s^2 + 8s}.$$

3. Escreva um **arquivo de comandos** que calcule o tempo de pico, a ultrapassagem percentual, o valor máximo e o valor em regime permanente da resposta ao degrau do sistema cuja função de transferência é dada por:

$$G(s) = \frac{0.6618}{s^2 + 1.0069s + 0.6618}.$$

   Considere que o intervalo de simulação seja de 0 a 20 segundos.

4. Obtenha a função transferência do sistema em série, em paralelo e malha fechada como mostrado na Fig 1. Assuma que $G_1(s)$ e $G_2(s)$ são:

$$G_1(s) = \frac{10}{s^2 + 2s + 10} \quad G_2(s) = \frac{5}{s + 5}.$$

5. Suponha que sejam dadas as funções de transferências da planta e do controlador

$$G(s) = \frac{N_G(s)}{D_G(s)}$$

e

$$K(s) = \frac{N_C(s)}{D_C(s)}$$

Escreva **arquivos de funções** que permitam calcular as seguintes funções de transferências para o sistema cujo diagrama de blocos está representado na Figura 1: $T_{RY}(s) = Y(s)/R(s)$; $T_{RE}(s) = E(s)/R(s)$ e $T_{RU}(s) = U(s)/R(s)$.

<u>*Nota*</u>: Os argumentos das funções serão os vetores formados pelos coeficientes dos polinômios $N_G(s)$, $D_G(s)$, $N_C(s)$ e $D_C(s)$ e as saídas serão vetores formados pelos coeficientes dos polinômios do numerador e do denominador da função de transferência considerada. Por exemplo, a função de MATLAB que calcula o numerador e o denominador da função de transferência $T_{RY}(s)$, poderia ser definida como **[ntry,dtry]** $=$ **try(ng,dg,nk,dk)**.

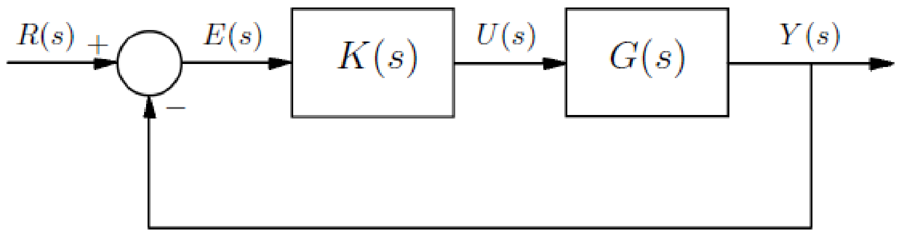

Figura 1: Diagrama de blocos para a Questão 2.

6. Considere o sistema em malha fechada definido por:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{s^2 + 2\zeta s + 1}$$

onde $\zeta = [0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1]$. Escreva um script no MATLAB que use um ***for*** para obter os resultados em uma unica imagem quando aplicado um degrau unitário, classifique a resposta do sistema em termos amortecimento.

7. Escreva um **arquivo de funções** que permita calcular: ***(i)*** os tempos de subida (t_r) e de acomodação (t_s) para um sistema superamortecido ou criticamente amortecido e ***(ii)*** os tempos de subida (t_r), de pico (t_p) e de acomodação (t_s) e o percentual de ultrapassagem (PO) para um sistema subamortecido.

<u>*Nota:*</u> Assuma que sejam conhecidos t e $y(t)$, e que essas dados estão armazenados nos vetores $t = [t1\ t2\ \cdots\ tn]$ e $y = [y(t1)\ y(t2)\ \ldots\ y(tn)]$, respectivamente.

<u>*Sugestão:*</u> Use o comando ***find***.

8. Usando o comando **lsim**, obtenha a resposta à rampa unitária do sistema de controle em malha fechada, cuja função de transferência em malha fechada é:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{s+10}{s^3+6s^2+9s+10}$$

Além disso, obtenha a resposta desse sistema quando a entrada é dada por:

$$r_1 = e^{(-0.5t)}$$

9. Construa um arquivo no MATLAB/Simulink para fazer a simulação do sistema da Figura 2, onde $K = 127.9$, $K_t = 0.0056$, $\tau = 0.026$ e $\overline{K} = 451.8$, para as seguintes situações:

   (a) $r(t) = 12 \cdot u_0(t)$, $d(t) = 0$ e $K(s) = 5.4/s$, onde $u_0(t)$ representa um degrau unitário aplicado no instante $t = 0$;

   (b) $r(t) = 12 \cdot u_0(t)$, $d(t) = 0$ e $K(s) = (s+30)/s$;

   (c) Repita os itens (a) e (b) para $d(t) = 0.2 \cdot u_0(t-1)$.

   <u>*Nota:*</u> Em todos os casos acima, o intervalo de simulação deve ser de -0.5 a $2s$.

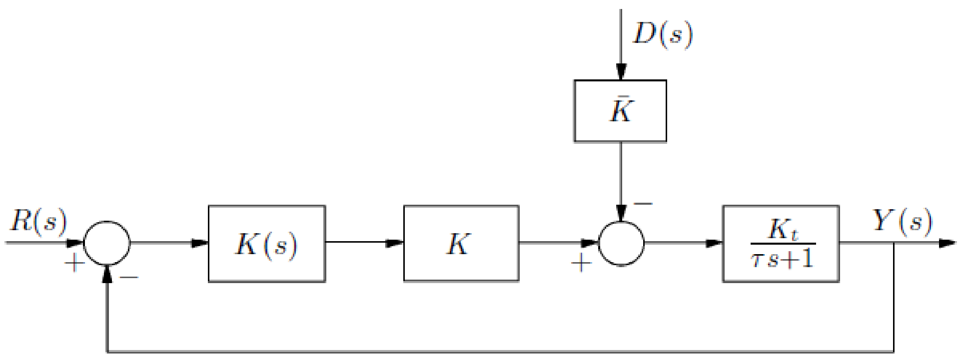

Figura 2: Diagrama de blocos para o sistema da Questão 9.

10. O sistema de controle de um dos eixos de atitude de um satélite pode ser representado pelo diagrama de blocos na Figura 3. As grandezas k, a e b são parâmetros do controlador e J é o momento de inércia do veículo espacial. Supor que o valor nominal do momento de inércia seja $J = 10.8 \times 10^8$ $(g \cdot cm^2)$ e que os valores dos parâmetros do controlador $k = 10.8 \times 10^8$, $a = 1$ e $b = 8$.

    (a) Desenvolver um programa em MATLAB para calcular a função de transferência a malha fechada $T(s) = \theta(s)/\theta_d(s)$;

    (b) Calcular e plotar a resposta a uma entrada em degrau de $10°$;

    (c) O valor exato do momento de inércia é geralmente desconhecido e muda lentamente com o tempo. Portanto, o aluno deve comparar o desempenho da resposta ao degrau quando o momento de inércia do satélite, J, for reduzido em 20% e 50%. O aluno deverá usar os parâmetros $k = 10.8 \times 10^8$, $a = 1$, $b = 8$ e um degrau de entrada de $10°$. O aluno deverá discutir os resultados obtidos.

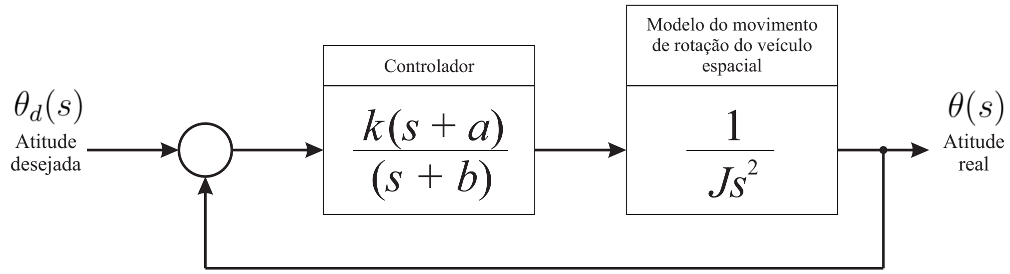

Figura 3: Diagrama de blocos do controle de um eixo de atitude de um veículo espacial (Questão 10).

11. Implemente o diagrama de blocos no MATLAB por meio de um script e também no Simulink do sistema de controle de retroalimentação de um tacômetro, conforme mostrado na Figura 4. Obtenha as curvas de resposta ao degrau unitário para cinco valores diferentes da variável de retroalimentação do tacômetro, a saber: k = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 e 0.5.

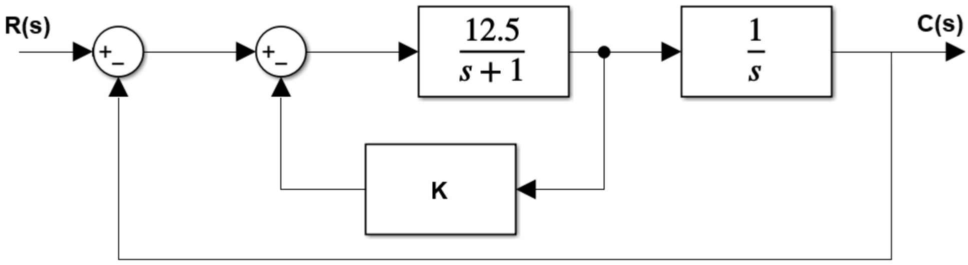

Figura 4: Sistema de controle com retroalimentação de tacômetro. (Questão 11).

12. Considere o diagrama de blocos apresentado na Figura 5.

   (a) Use o MATLAB para reduzir o diagrama de blocos da Figura 5 e calcular sua função de transferência em malha fechada;

   (b) Implemente esse diagrama de blocos no MATLAB/Simulink e compare a resposta ao degrau unitário com a resposta da função de transferência obtida no item (a);

   (c) Gerar um diagrama de polos e zeros da função de transferência em malha fechada sob forma gráfica usando a função **pzmap**;

   (d) Determinar explicitamente os polos e zeros da função de transferência usando a função **roots** e correlacionar os resultados com o diagrama de polos e zeros do item (c).

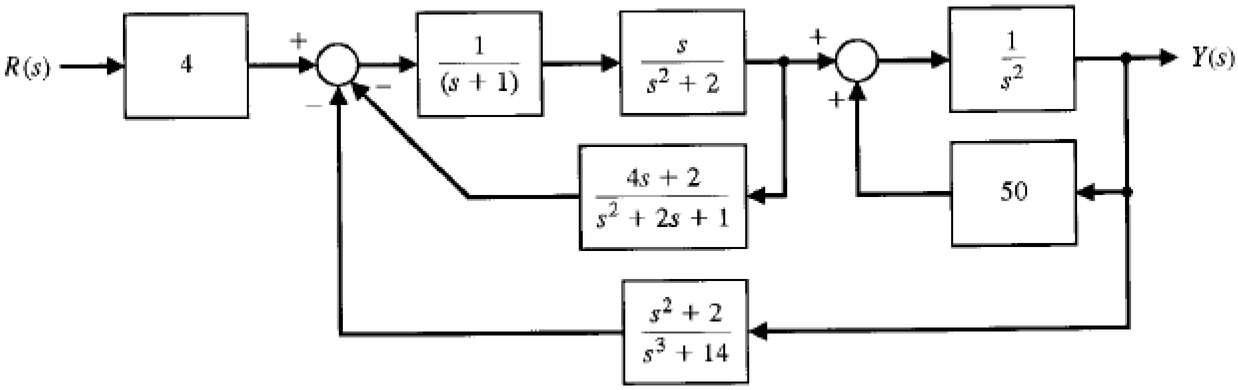

Figura 5: Diagrama de blocos de um sistema de controle com múltiplas malhas de retroação (Questão 12).