DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Lista de Exercícios 01

Disciplina: EES-10/EES-22 – Controle Clássico I

Professora: Gabriela Gabriel

1. A resposta de um sistema a tempo contínuo, sob condições iniciais nulas, para uma entrada do tipo rampa unitária é dada por

$$y(t) = 20t - 30 + 40e^{-t} - 10e^{-2t}, \forall t \geq 0$$

   a. Qual a sua função de transferência?
   b. Qual a sua resposta ao impulso unitário?
   c. Para uma entrada do tipo $u(t) = 30\sin(20t)$ qual a sua resposta em regime permanente?

2. Esboço (gráfico aproximado) a resposta ao degrau de um sistema com função de transferência

$$G(s) = \frac{s/2 + 1}{\left(\frac{s}{40} + 1\right)[(s/4)^2 + (s/4) + 1]}$$

   Justifique sua resposta em função da localização dos polos e zeros (sem realizar a transformada inversa de Laplace). Utilize o MATLAB®, obtenha a reposta ao degrau deste sistema e compare com o esboçado.

3. Um sistema de servomecanismo tem uma dinâmica dominada por um par de polos complexos e não possui zeros finitos. As especificações no domínio do tempo de tempo de subida (t_r), sobressinal (M_p) e tempo de acomodação (t_s) são dadas por

$$t_r \leq 0{,}6\ [s]$$
$$M_p \leq 17\ \%$$
$$t_s \leq 9{,}2\ [s]$$

   a. Esboce a região do plano-s na qual os polos podem ser alocados de modo que o sistema irá atender a todas as especificações de desempenho anteriores.

b. Indica em seu esboço os locais específicos, indicando-os com ×, que resultarão no menor tempo de subida e que atendam exatamente o tempo de acomodação sugerido acima.

4. Resolva a equação diferencial a seguir utilizando o método dos coeficientes a determinar e da transformada de Laplace. Considere $u(t)$ o degrau unitário.

   a. $\ddot{y} + 2\dot{y} + y = \delta t + 2u(t), y(0) = 0, \dot{y}(0) = 0$
   b. $\ddot{y} + 8\dot{y} + 15y - 5 = 2e^{-3t}, y(0) = 0, \dot{y}(0) = 1$
   c. $\ddot{y} + 3\dot{y} + 2y = 8e^{-t}\sin(t)\,, y(0) = 1, \dot{y}(0) = 1$

5. Considere as seguintes funções de transferência

$$G(s) = \frac{240}{(s+40)(s^2+4s+5)}$$

$$G(s) = \frac{600(s+2)}{(s^2+3s+2)(s+3)}$$

   Para cada uma das FT, esboce o gráfico aproximado, calculando para isso, os parâmetros referentes a resposta do sistema.

6. Torneiras com desligamento automático são especialmente úteis para economia de água e, portanto, são opções ecologicamente corretas. Estas torneiras são basicamente um sistema massa-mola-amortecedor em que o projetista deve configurar o tempo de acomodação do sistema. Um modelo simples para este sistema está apresentado na Figura 1 abaixo. Considerando os modelos de mola e amortecedor das Tabelas 1 e 2, projete uma torneira com retorno automático considerando $l = 1{,}5\ [cm]$ e $m = 200\ [g]$. Indique suas escolhas de projeto.

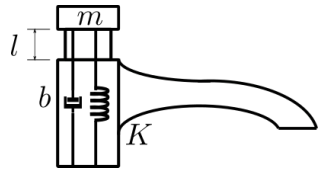

Figura 1 – Modelo de uma torneira com retorno automático.

Tabela 1 – Modelo de molas fabricante Polimold

K [N/mm]	Modelo	Comprimento [mm]
1.1	V10-305	305
4.3	V 10 - 64	64
5.0	V 10 - 51	51
10	V 10 - 25	25

Tabela 2 – Especificação da constante do amortecedor.

Modelo	b [Nm/s]
A-2	0.2
A-5	0.5
A-30	3
A-100	10

7. Aplicando-se uma tensão constante no circuito da Figura 2. Especifique os valores (comerciais) de R, L e C de forma ao máximo sobressinal sobre o capacitor ser de no máximo 20%. Considere ainda que o tempo de carga do capacitor deve ser menor que 10μs.

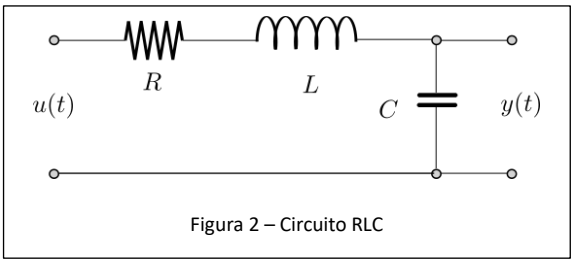

Figura 2 – Circuito RLC

8. Considere um sistema $G(s)$ com realimentação unitária negativa, para entradas de referência degrau e rampa unitários, determine o erro em regime, considerando os dois casos, para os sistemas
   a. $G_1(s) = \frac{3}{(s+1)(0{,}2s+1)(0{,}1s+1)}$
   b. $G_2(s) = \frac{3}{s(s+1)(0{,}2s+1)(0{,}1s+1)}$

9. Para o sistema com realimentação unitária negativa da Figura 3 , especifique o ganho e a localização dos polos do compensador de tal forma que a resposta ao degrau unitário do sistema em malha fechada tenha um sobressinal não superior a 25% e um tempo de acomodação ($\epsilon = 2\%$) não superior a $0{,}1$ [s]. Confira o resultado utilizando o MATLAB.

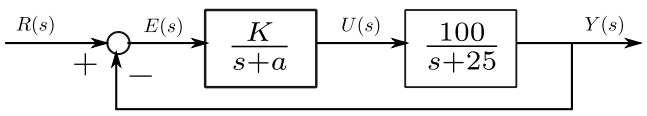

Figura 3 – Diagrama de malha fechada com compensador.

10. Considere o circuito elétrico mostrado na Figura 4. Para este sistema, encontre:
    a. A equação dinâmica, no domínio do tempo, que relacione os sinais $i(t)$ e $v_1(t)$.
    b. A equação dinâmica, no domínio do tempo, que relacione os sinais $i(t)$ e $v_2(t)$.
    c. A função de transferência $v_2(t)/v_1(t)$, o coeficiente de amortecimento ξ e a frequência natural ω_n, assumindo condições iniciais nulas.
    d. O valor de R que resultará em um sinal $v_2(t)$ com sobressinal não superior a 25%, dado que $v_1(t)$ corresponde a um degrau unitário, $L = 10$ [mH] e $C = 4$ [μF].

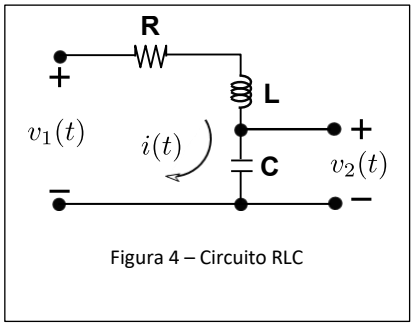

Figura 4 – Circuito RLC

11. Considerando que a equação algébrica

$$s(s+1)(s+2)+\left(\alpha+\frac{1}{\alpha}\right)=0$$

represente a equação característica de um sistema dinâmico, determine todos os valores de $\alpha > 0$ tais que as suas raízes sejam assintoticamente estáveis.

12. Para as equações características dadas a seguir, determine no plano K × λ seus respectivos domínios de estabilidade
    a. $s^2(s+1)(s+0{,}5)+K(s+\lambda)=0$
    b. $s^4+2s^3+Ks^2+\lambda s+K=0$

13. Determine o número de raízes de $s^4+6s^3+10s^2-2s-15=0$ situados no semiplano definido por $Re(s)<-1$.

14. Considere o sistema de controle representado pela Figura 5. Para cada uma das funções $G(s)$ avalie a estabilidade do sistema em função do ganho K.
    a. $G(s)=\frac{(s+5)(s+7)}{(s+1)(s+3)};\ H(s)=1;$
    b. $G(s)=\frac{s^2+6s+25}{s(s^2+2s+5)};\ H(s)=1;$
    c. $G(s)=\frac{s+3}{s(s^2+4s+5)};\ H(s)=\frac{1}{s+1}$
    d. $G(s)=\frac{1}{s^2+2s+10};\ \ H(s)=\frac{s+2}{s+8}$