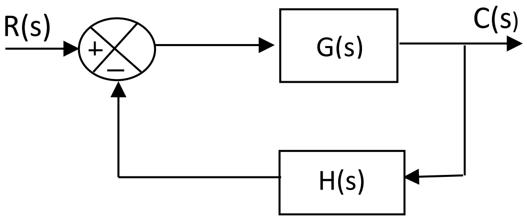
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEL
ELT331 – Sistemas de Controle II

Prof. Tarcísio Pizziolo

1ª Lista de Exercícios - Lugar das Raízes

1) Trace o gráfico do lugar das raízes do sistema de controle de malha fechada, sendo:



$$G(s) = \frac{K(s+1)}{s^2}$$

H(s) =1

2) Seja um sistema de controle de malha fechada com realimentação unitária negativa sendo a FT de malha aberta:

$$G(s) = \frac{K(s+4)}{(s+1)^2}$$

a) Trace o gráfico do lugar das raízes desse sistema de controle.
b) Determine o valor de K > 0 que faz com que o sistema em malha fechada se comporte de forma criticamente amortecida.
c) Determine a faixa de valores de K que faz com que o sistema em malha fechada se comporte de forma sobre-amortecida.
d) Determine a faixa de valores de K que faz com que o sistema em malha fechada se comporte de forma sub-amortecida.
e) Determine o valor de K que faz com que a Frequência Natural Amortecida (w_n) da resposta ao degrau do sistema em malha fechada seja igual a 2 rad/seg.
f) Para o item d), qual será o valor do Coeficiente de Amortecimento Ksi (ξ)?

3) Um sistema de controle possui realimentação unitária negativa e FT de malha aberta G(s) dada a seguir.

$$G(s) = \frac{K(s^2+4s+8)}{s^2(s+4)}$$

a) Construa o Lugar das Raízes para este sistema de controle utilizando o MatLab
b) Determine o valor do ganho K e as raízes dominantes para um Coeficiente de Amortecimento $\xi = 0{,}5$.

4) Considere um sistema com realimentação unitária e negativa e FT de malha aberta G(s) dada a seguir:

$$G(s) = \frac{K(s+1)}{s^2+4s+5}$$

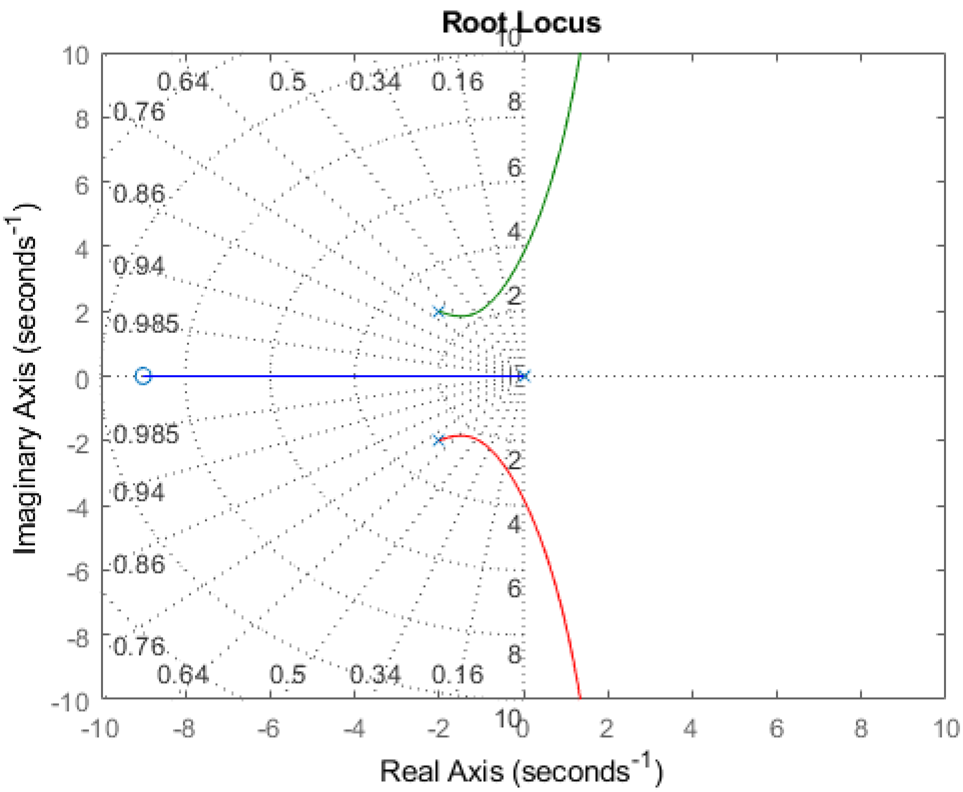
Determine o ponto em que o lugar das raízes chega no eixo real (ponto de chegada).

5) Considere o sistema com realimentação unitária negativa com FT de malha aberta G(s) dada por:

$$G(s) = \frac{K}{(s+1)(s+3)(s+6)}$$

a) Determinar o ponto de partida (saída) dos ramos do eixo real.
b) Determinar o valor de K no ponto de partida;
c) Se o sistema pode tornar-se instável, calcule o valor de K a partir do qual o sistema se instabiliza;
d) Determine, se for o caso, os polos de malha fechada que faz com que a resposta do sistema em malha fechada oscile sem amortecimento.

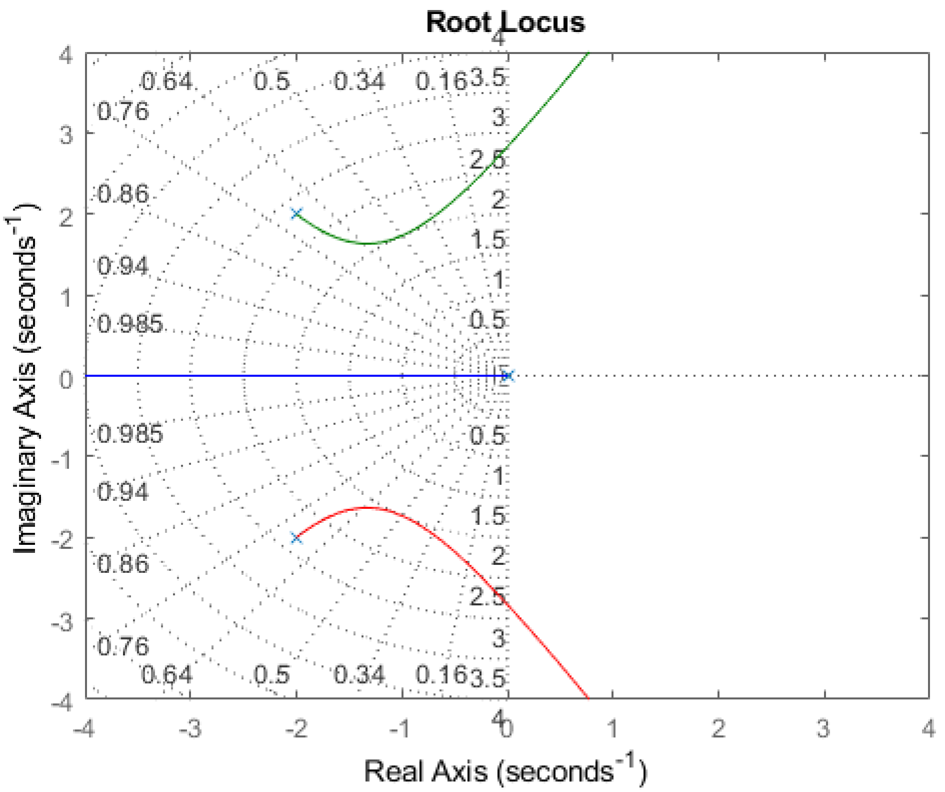
6) Dado o Lugar das raízes:



a) determine os polos de malha fechada cujos polos dominantes tenham coeficientes de amortecimento $\xi = 0,5$.

b) Determine o valor correspondente do ganho K para o item a).

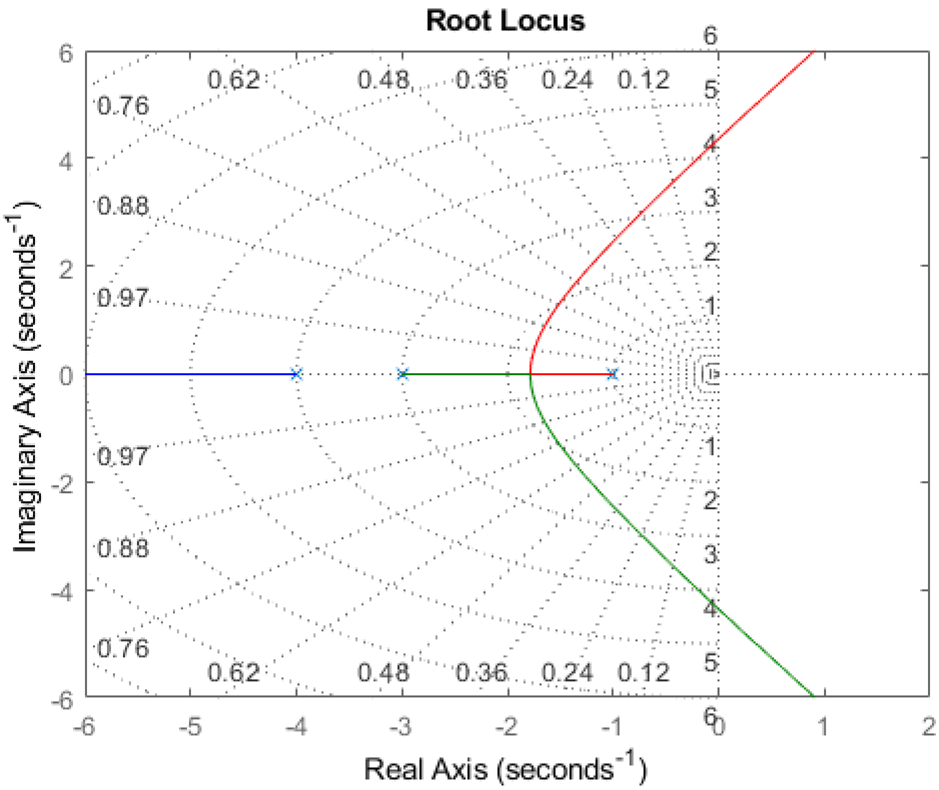
7) Seja o lugar das raízes dado a seguir:



a) Quais são os polos dominantes de malha fechada para os ganhos K = 8, K = 32 e K = 64?

b) Para as três situações anteriores, analisar o efeito dos polos quanto as oscilações nas respostas do sistema em malha fechada.

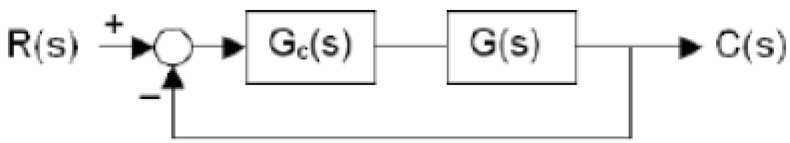
8) Um sistema de controle com realimentação unitária negativa apresenta o lugar das raízes mostrado abaixo.



a) Determine o maior ganho possível $K_{máx}$ desse sistema para obter-se o sobressinal M_P = 9,5% e o tempo de acomodação $t_{s5\%} \leq 2,27$ segundos.
- Determine as posições dos polos para este ganho.
- Para $K_{máx}$, obtenha o erro(%) em regime permanente para a resposta deste sistema de controle em malha fechada quando a entrada for um degrau unitário.
b) Considerando o mesmo sobressinal máximo M_P = 9,5%, projete um controlador em avanço de fase que diminua o tempo de acomodação $t_{s5\%}$ para 1,5 segundos.
c) Preojete um controlador em atraso de fase que reduza o erro de regime permanente à entrada degrau unitário a menos de 10%, mantendo o sobressinal em 9,5% e o tempo de estabilização para 5% de erro em aproximadamente 2,27 segundos.

9) Um processo é modelado por $G(s) = \frac{400}{s(s^2+30s+200)}$ e é controlado em malha fechada com realimentação unitária negativa. Projete um controlador para se obter um coeficiente de amortecimento $\xi = 0,5$ e uma frequência não amortecida w_n = 13,5 rd/s.

10) Seja o sistema de controle realimentado descrito pelo diagrama de blocos abaixo.



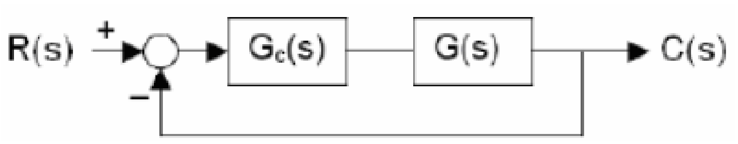
$$G(s) = \frac{6}{s(s^2+5s+6)}$$

Considerando $G_c(s) = K_p$ ($K_p > 0$) como um controlador inicialmente:
a) esboce o seu lugar das raízes e determine se é possível, com o controlador proporcional, garantir erro estacionário à rampa menor do que 10%.
b) projete um controlador que satisfaça as seguintes especificações:
i) máximo sobressinal igual a 15%.
ii) frequência natural não amortecida w_n = 2 rd/s.
iii) erro de regime permanente à entrada rampa unitária igual a 10%.

11) Projete um controlador para o sistema com realimentação unitária negativa cuja FTMA é dada abaixo tal que o erro de regime permanente á entrada degrau unitário seja nulo e que M_p = 10% com w_n = 5 rd/s.

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

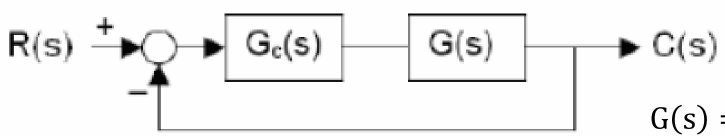
12) Seja o sistema de controle a seguir.



$$G(s) = \frac{1}{s(s+2)(s+20)}$$

Projete um controlador $G_c(s)$ em avanço de fase para M_p = 17% e $t_{s(2\%)}$ = 2 s.

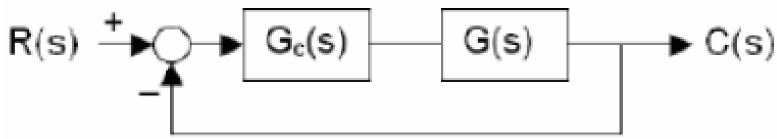
13) Seja o sistema de controle a seguir.



$$G(s) = \frac{1}{s(s+6)(s+8)(s+32)}$$

Projete um controlador $G_c(s)$ em atraso de fase para $K_v = 15\ s^{-1}$ e M_p = 17%.

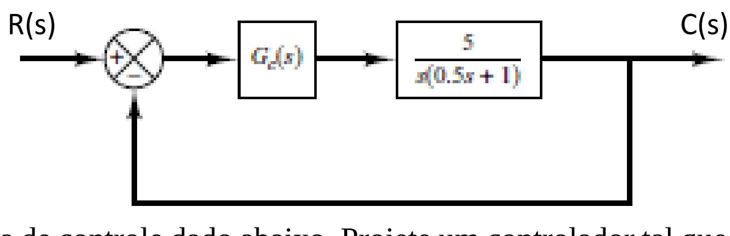
14) Seja o sistema de controle a seguir.



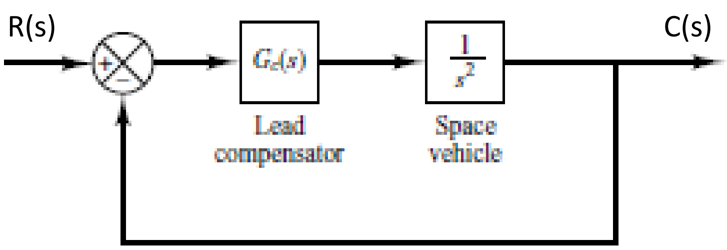
$$G(s) = \frac{1}{s(s+2)(s+10)}$$

Projete um controlador $G_c(s)$ em atraso e avanço de fase para $K_v = 60\ s^{-1}$ e M_p = 17% e $t_{s(2\%)}$ = 2 s..

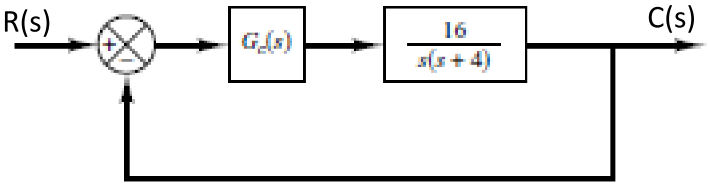
15) Considere o sistema de controle dado abaixo. Projete um controlador tal que os polos dominantes de malha fechada sejam $s = -2 \pm j\sqrt{3}$. Plote a resposta a uma entrada degrau unitário sem e com o controlador $G_c(s)$.



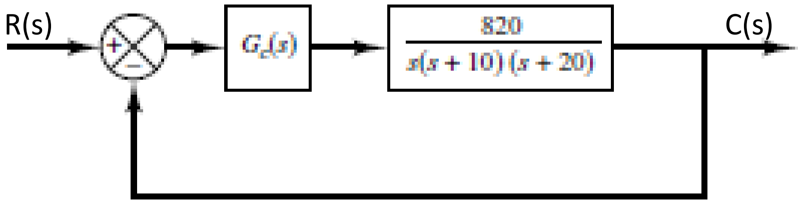
16) Considere o sistema de controle dado abaixo. Projete um controlador tal que os polos dominantes de malha fechada sejam s = -1 ± j1. Plote a resposta a uma entrada degrau unitário sem e com o controlador $G_c(s)$.



17) Considere o sistema de controle dado abaixo. Projete um controlador tal que $K_v = 20\ s^{-1}$ sem alterar significativamente a posição dos polos dominantes de malha fechada $s = -2 \pm j2\sqrt{3}$.



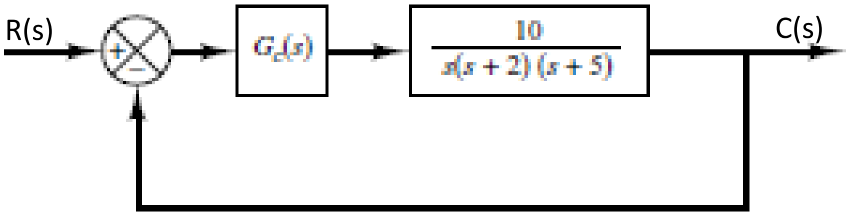
18) Considerar um sistema de posicionamento angular mostrado a seguir.



Os polos dominantes de malha fechada são $s = -3{,}60 \pm j4{,}80$, o coeficiente de amortecimento é $\xi = 0{,}6$, a constante de erro de velocidade estático $K_v = 4{,}1\ s^{-1}$. Para uma entrada rampa de 360º/s o erro em estado permanente é dado por: $e_v = \frac{\theta_i}{K_v} = \frac{360^o/s}{4{,}1\ s^{-1}} = 87{,}8^o$.

Projetar um controlador para diminuir o erro e_v para 10% do valor atual, ou seja, incrementar K_v para $41\ s^{-1}$, mantendo $\xi = 0{,}6$ com uma pequena alteração na frequência não amortecida w_n.

19) Considere o sistema de controle dado abaixo. Projete um controlador tal que os polos dominantes de malha fechada sejam $s = -2 \pm j2\sqrt{3}$ e $K_v = 50\ s^{-1}$.



20) Considere o sistema de controle dado abaixo. Projete um controlador tal que a resposta a uma entrada degrau unitário tenha M_p =25% e $t_{s(2\%)} = 5$ s.