

Lista de exercícios 1 – Projeto de Sistemas de Controle

Instruções:

- Atividade **individual**
- Usar software apropriado, como MATLAB, Scilab, ou outros similares. Os comandos listados nesta lista de exercícios são do MATLAB, mas é permitido o uso de funções similares em outros softwares
- Relatório não precisa ter introdução teórica ou similares, favor apresentar apenas resolução das questões
- **Anexar código desenvolvido** ao entregar a tarefa

1) Considere o sistema em malha aberta com função de transferência abaixo e o valor de amortecimento que se deseja obter nos polos dominantes em malha fechada.

$$G(s) = \frac{1}{s(s+2)(s+3)(s+5)}, \quad \zeta = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

a) Obtenha o LGR utilizando o comando *rlocus*. Qual o ganho do sistema que, ao ser realimentado, gerará um sistema com fator de amortecimento ζ desejado? Qual é o valor do polo de malha fechada que gera esse amortecimento? E qual o máximo sobressinal (*overshoot*) esperado? Qual o tempo de pico esperado?

Dicas:

a) Usar comando

```
rlocus(G, 0:0.05:200);
```

para gerar LGR contendo pontos suficientes para encontrar polo desejado com precisão.

b) Buscar ponto com ferramenta *data cursor*

c) Sugere-se dar zoom no gráfico do LGR, o que pode facilitar escolher um ponto com maior precisão.

d) O valor do polo, seu amortecimento e sobressinal são informados no gráfico. Já o tempo de pico não, e deve ser calculado com equações aprendidas em sala de aula.

Atenção: o LGR deve ser desenhado inserindo a função de malha aberta. Não feche a malha antes de usar o comando LGR.

b) Utilizando o comando *feedback*, gere o sistema de malha fechada (realimentação unitária) com o ganho escolhido. Então, obtenha a resposta ao degrau do sistema realimentado. Após, obtenha os valores aproximados do máximo sobressinal e tempo de pico (pode ser via *data cursor*). Verifique se os valores obtidos estão de acordo com a teoria (ou seja, comparar com o que foi informado no item anterior). Caso difiram, qual o motivo?

Obs:

Confira se os polos de malha fechada estão na posição correta utilizando o comando *damp*. Um par de polos deve ser o mesmo que foi obtido no LGR. Se nenhum dos polos obtidos for igual ao par de polos projetado, a resolução da lista estará **ERRADA**. Em caso de dúvidas, converse com o professor. **Obs:** o nome do comando é *damp*, da palavra *damping* (amortecimento), não *dump* (como em *dump* de memória).

c) Utilizando os comandos:

```
t = 0:0.01:12;  
u = t;  
lsim(G_fb,u,t);  
y = lsim(G_fb,u,t);  
figure;  
plot(t, u - (y'))
```

Em que G_{fb} é a função de transferência de malha fechada, obtenha a resposta à rampa unitária do sistema realimentado. Analise a resposta em regime permanente. Plote também a função do erro obtido pelo tempo. Calcule o erro em regime permanente com a fórmula apresentada em aula, e verifique que o mesmo erro em regime permanente é obtido na simulação.

2) Considere agora o mesmo sistema em malha aberta $G(s)$, mas agora deseja-se que os polos dominantes de malha fechada possuam as seguintes características:

$$\zeta = \frac{\sqrt{2}}{2}, \quad \omega_n = \sqrt{2}$$

a) Que diferença, em teoria, haveria entre um sistema com os polos de malha fechada acima em relação ao sistema obtido no item 1? Considere, para exemplificar, o que se esperaria da resposta ao degrau. Ignore o efeito de polos não dominantes para simplificar a comparação.

b) Projete um compensador de avanço capaz de posicionar os polos dominantes do sistema de malha fechada com as características apresentadas no item 2. Não usar funções prontas no MATLAB que calculem diretamente o compensador, resolver manualmente (pode usar funções do MATLAB para cálculos intermediários). Se quiser, pode resolver à mão, e adicionar uma foto anexada ao relatório com a resolução. Outra possibilidade é fazer um programa em MATLAB resolvendo passo a passo, com código comentado explicando por que cada contribui para a resolução do problema. Ao projetar controlador, escolher um zero que cancele um polo. Qual é o melhor polo a ser cancelado? **Obs:** projetar apenas polo e zero (condição angular), pois o ganho (condição modular) será projetado no próximo item.

c) Obtenha o LGR do sistema planta + controlador utilizando o comando *rlocus*. Qual o ganho do controlador que, ao ser realimentado, gerará um sistema com ζ e ω_n desejados? Qual o máximo sobressinal (*overshoot*) esperado? Qual o tempo de pico esperado?

d) Efetuar mesma análise que item 1.b), comparando ambos os resultados.

e) Efetuar mesma análise que item 1.c), comparando ambos os resultados.

f) Projete um compensador por atraso de fase que reduza o erro em regime permanente na resposta à rampa em 10x (erro novo = erro antigo / 10). Assuma que as aproximações (chamadas de “resoluções grosseiras” no slide) podem ser utilizadas sem maiores problemas. Discuta como você escolheu o valor do zero do compensador, e porque uma escolha muito diferente disso poderia ser ruim. Plote a resposta ao degrau e à rampa, e compare com o que foi obtido nos itens 2.d e 2.e

g) Explique por que seria difícil projetar um compensador por avanço (ou atraso-avanço) de fase em que os polos dominantes de malha fechada do sistema compensador + planta possuam as seguintes características:

$$\zeta = \frac{\sqrt{2}}{2}, \quad \omega_n = 10$$

Atenção: Não é para projetar o compensador, nem é para gerar gráficos. Deve-se apenas efetuar uma discussão teórica.