

Laboratório 3: TURMA 460
Projeto de Compensadores de Atraso de Fase no Matlab

Nesta aula será projetado um compensadores de atraso de fase através do método gráfico. As etapas do projeto estão descritas na tarefa. A tarefa será avaliada através da apresentação do grupo (60%), do código do matlab e um de relatório onde cada passo é descrito (40%). Instruções para o relatório se encontram no Moodle.

1 Apresentação do Sistema

Considere a seguinte função de transferência

$$G(s) = \frac{1}{20} \frac{(s + 12)(s + 50)}{s(s + 0.8)(s + 7)(s + 8)} \quad (1)$$

Um compensador de atraso deve ser projetado onde os seguintes requisitos são desejados:

- máximo sobressinal de 5%
- erro em regime permanente a rampa $\leq 1.0 \times 10^{-2}$

2 Tarefa

Projete o Compensador de Atraso de Fase

1. Modele o sistemas $G(s)$ no Matlab, utilizando a função $G = \text{tf}([\text{num}], [\text{den}])$
2. Gere o diagrama de Bode de $G(s)$ através da função `bode(G); grid on;`
3. Utilizando o diagrama de bode: obtenha a frequência ω_{0dB} , ω_{180} , margem de fase, a margem de ganho do sistema
4. Utilizando o diagrama de bode: qual o K_v atual do sistema?
5. Calcule o ganho K_{kv} necessário para satisfazer a constante de velocidade desejada K_v^*

6. Gere o diagrama de Bode para o K_{kv} desejado `bode(Kkv*G)` no mesmo diagrama de `bode(G)`. (utilize: `bode(G); hold; bode(Kkv*G); grid on; legend('G', 'Kkv*G')`)
7. Utilizando o diagrama de bode: obtenha a nova margem de fase e a nova margem de ganho do sistema com K_{kv} ;
8. O sistema é estável ou instável? Explique utilizando o diagrama de bode gerado
9. Utilizando o gráfico apresentado na última página desta tarefa (Figura 1) e o máximo sobre sinal desejado M_P^* , encontre o coeficiente de amortecimento desejado ξ^* e a margem de fase desejada Φ_M^*

PROJETO DO COMPENSADOR DE ATRASO

10. Adicione 5° graus na margem de fase desejada
11. Utilizando o diagrama de bode com $K_{kv} \cdot G(s)$: qual dever ser a nova frequência de cruzamento ω_c para garantir a margem de fase desejada? (Lembre que ω_c deve ser posicionado na frequência onde a fase é igual a $-180 + \Phi_M^* + 5$)
12. Qual o ganho (K_{mp}) necessário para atenuar a magnitude em ω_c e tornar esta frequência a nova frequência de ω_{0dB} , assim garantindo o máximo sobressinal desejado?
13. Gere o diagrama de bode com o ganho K_{mp} : `bode(Kmp*Kkv*G)` juntamente com `bode(Kkv*G)` e `bode(G)`.
14. Utilizando o diagrama de bode: Qual o $K_{v,atual}$ para o sistema $K_{mp} \cdot K_{kv} \cdot G(s)$?
15. Utilizando o $K_{v,atual}$ e o desejado calcule $\alpha = K_v^* / K_{v,atual}$
16. Posicione o $zero_{atraso}$ uma década abaixo da nova frequência de cruzamento (ω_c)
17. Calcule o polo do compensador de atraso: $polo_{atraso} = zero_{atraso} / \alpha$
18. Determine o ganho do compensador K_{atraso} para que o ganho DC do compensador $C(s)$ seja 1.
19. Defina o compensador

$$C(s)_{atraso} = K_{atraso} \frac{s + zero_{atraso}}{s + polo_{atraso}} \quad (2)$$

20. Gere somente um Diagrama de Bode com $G(s)$, $Kkv \cdot G(s)$, $Kmp \cdot Kkv \cdot G(s)$ e $C(s)_{atraso} \cdot Kkv \cdot G(s)$.

Resposta a Rampa

- Gere a resposta a rampa utilizando o seguinte código:

```
figure
s=tf([1 0],[0 1]);
%Fecha a malha com realimentação igual a 1
T = feedback(G,1)
% Testa o sistema com um sinal a Rampa do sistema original
step(T/s,100)
hold
Tc = feedback(Catraso*Kkv*G,1);
step(Tc/s,100)
plot([0 100],[0 100], '--k')
legend('G(s)', 'C(s)*G(s)')
```

Resposta ao Degrau Unitário

- Gere a Resposta ao Degrau unitário o seguinte código:

```
figure
%Fecha a malha com realimentação igual a 1
T = feedback(G,1);
step(T,100)
hold
Tc = feedback(Catraso*Kkv*G,1);
step(Tc,100)
legend('G(s)', 'C(s)*G(s)')
```

Perguntas

- Utilizando os gráficos de Resposta ao Degrau unitário e Resposta a Rampa, analise se os requisitos foram atendidos? Se não, explique a possível causa.

- Qual a resolução mais fácil? Através do método gráfico aqui apresentado ou analiticamente como apresentado na aula teórica?

IMPORTANTE: O trabalho deve ser apresentado até **aula de Laboratório do dia 12/05/2017**. O **relatório**, onde constam os gráficos e as equações que descrevem cada etapa do projeto do compensador, deve ser entregue via MOODLE. O modelo para o relatório já está disponível no MOODLE.

IMPORTANTE 2: Apresente o trabalho para o professor até a data estipulada em sala de aula. Trabalhos com até uma semana de atraso terão peso 7/10 e duas semanas 5/10. Trabalhos com mais de duas semanas de atraso **não serão avaliados**.

Referências

- [1] NISE, N.S. “Engenharia de sistemas de controle,” LTC, disponível na biblioteca central da PUCRS.
- [2] DORF, R.C. “Sistemas de controle modernos” LTC, disponível na biblioteca central da PUCRS.
- [3] OGATA, K. “Engenharia de controle moderno,” Prentice Hall, disponível na biblioteca central da PUCRS.

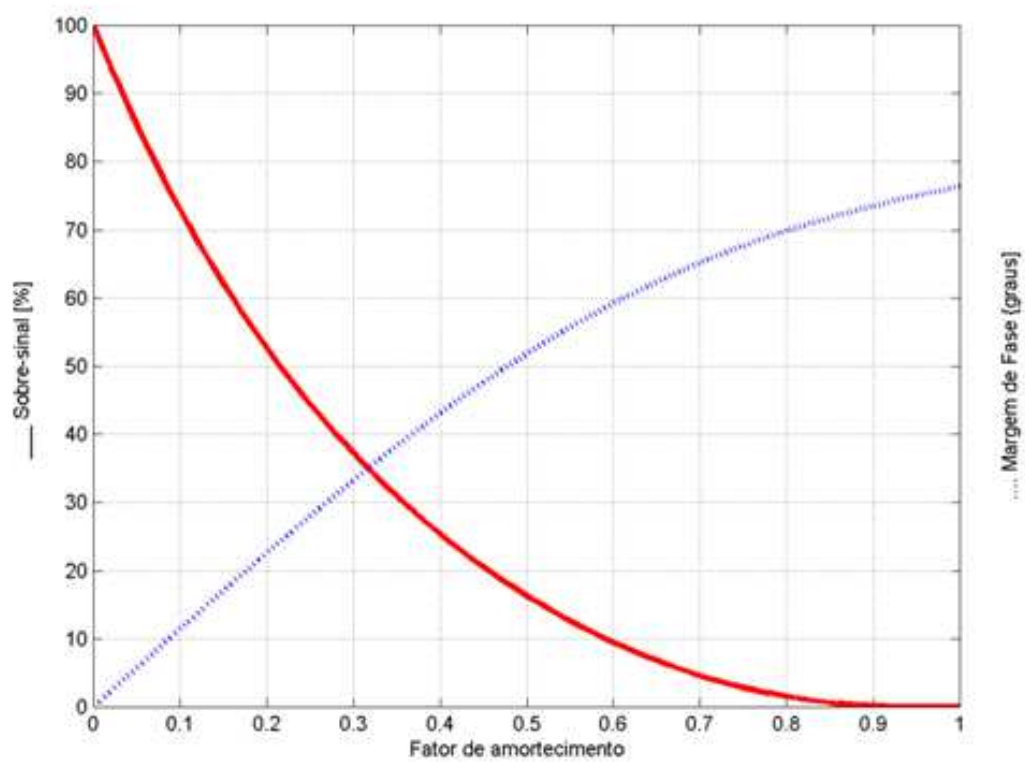


Figura 1: Relação entre coeficiente de amortecimento ξ , margem de fase Φ_M e sobressinal M_P