Aula 4 - Laboratório de Controle - 2021/1

Avaliação gráfica do efeito de parâmetros na resposta ao degrau

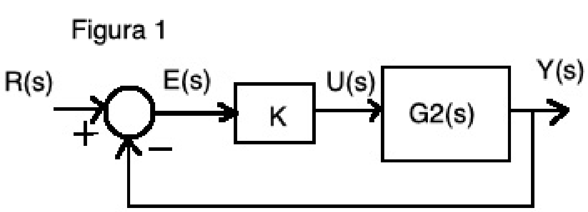
Nome: Yuri Rissi Negri

```
g2=init(3,5) % Professor, somente na hora de submeter o arquivo percebi que troquei o
             % meu valor de I, não sei que confusão arrumei, era pra ser 8 e como teve
             % a parte que tive que mostrar pro senhor, achei melhor manter com o valor
             % que fizemos em sala. Espero que não haja problema, qualquer coisa o senhor
             % pode me enviar um e-mail. yuri_rissi@hotmail.com
```

```
g2 =
 
         28.8
  -------------------
  s^2 + 14.4 s + 28.8
 
Continuous-time transfer function.
```

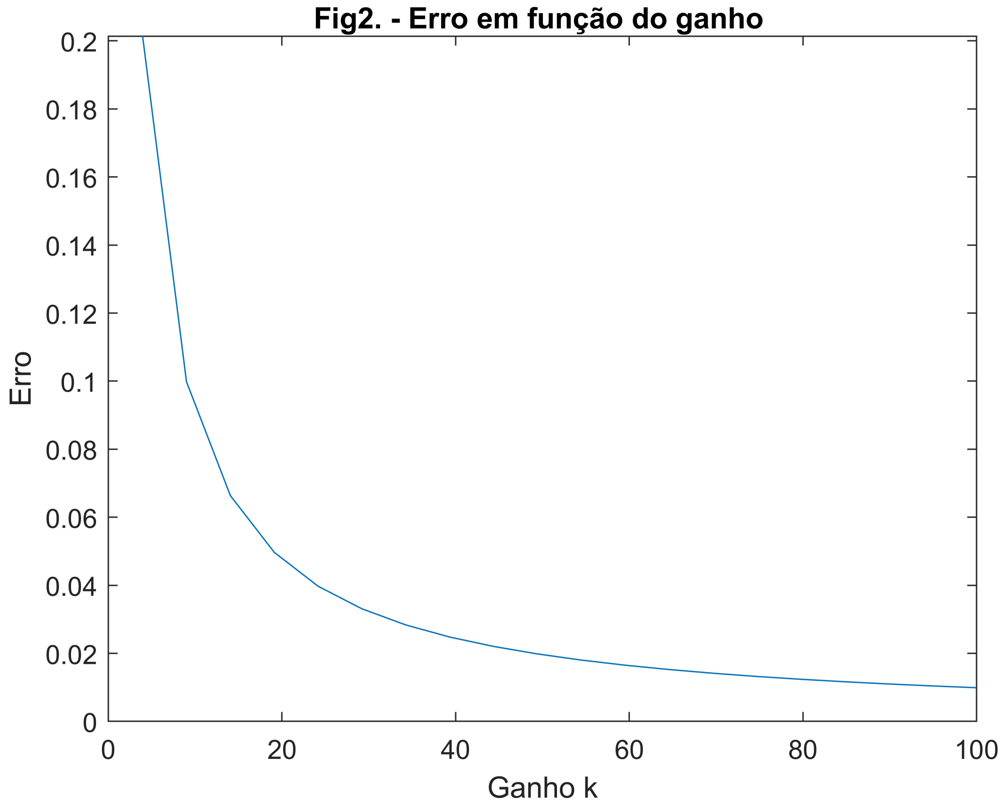
```
b0=g2.Numerator{1}(3);p0=g2.Denominator{1}(3);
```

Atividade 1 - Análise do erro em regime



Abaixo são usados 20 valores de ganho K para fechar a malha e calcular o erro em regime $E(s) = \frac{R(s)}{1 + KG_2(s)}$ para uma entrada degrau unitário $R(s)$, conforme a Figura 1.

```
k=linspace(p0/(0.25*b0)-1/b0,p0/(0.01*b0)-1/b0,20);
for i=1:length(k)
    m=feedback(1,k(i)*g2);
    erro(i)=freqresp(m,0);
end
plot(k,erro);title('Fig2. - Erro em função do ganho ');xlabel('Ganho k');ylabel('Erro');
```



1.1 Qual o efeito do ganho no erro em regime?

Para um maior valor de ganho, vamos ter um menor erro estacionário, podemos observar pela figura 2. Porém em muitos casos, o aumento do ganho pode gerar resultados não desejados no sobresinal.

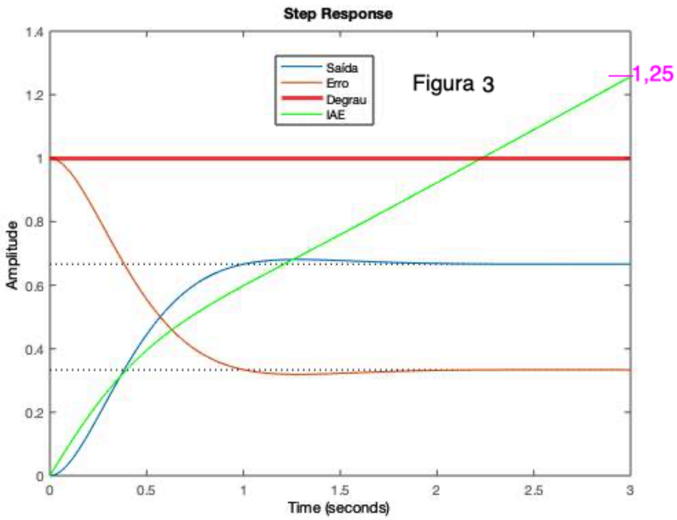
1.2 Para que valores de ganho K o erro é menor que 5%?

Tomando um ponto no gráfico, podemos perceber que para valores de K maior que 19, para o nosso sistema vamos ter um erro menor que 5%.

1.3 Qual o erro em regime para sistemas com tipo igual ao de g2?

Analisando nossa FT g2 sabemos que é um sistema de tipo 0. Assim, sabemos que para uma entrada em degrau a resposta do nosso sistema será dado por ess(t) = 1/(1 + Kp), onde Kp é definido como a constante de erro estático de posição, que é a constante de erro para uma entrada em degrau, como é o nosso caso. Então para o nosso gráfico da figura 2, os valores de K = Kp, assim podemos por exemplo tomar um ponto no gráfico onde Kp = 49 por exemplo e ver graficamente que o erro será de 2%, o que faz sentido com o resultado esperado 1/(1+ 49) = 0,02.

Na figura 3 é mostrada a resposta Y(s) ao degrau unitário R(s) bem como o erro E(s) e a integral absoluta do erro (IAE), calculada por $iae = \int_0^3 |e(t)|dt$. Observe que o iae é integrado para cada tempo t. O valor utilizado para comparações é aquele obtido na janela de tempo total, ou seja, em t=3, neste caso igual a 1.25.

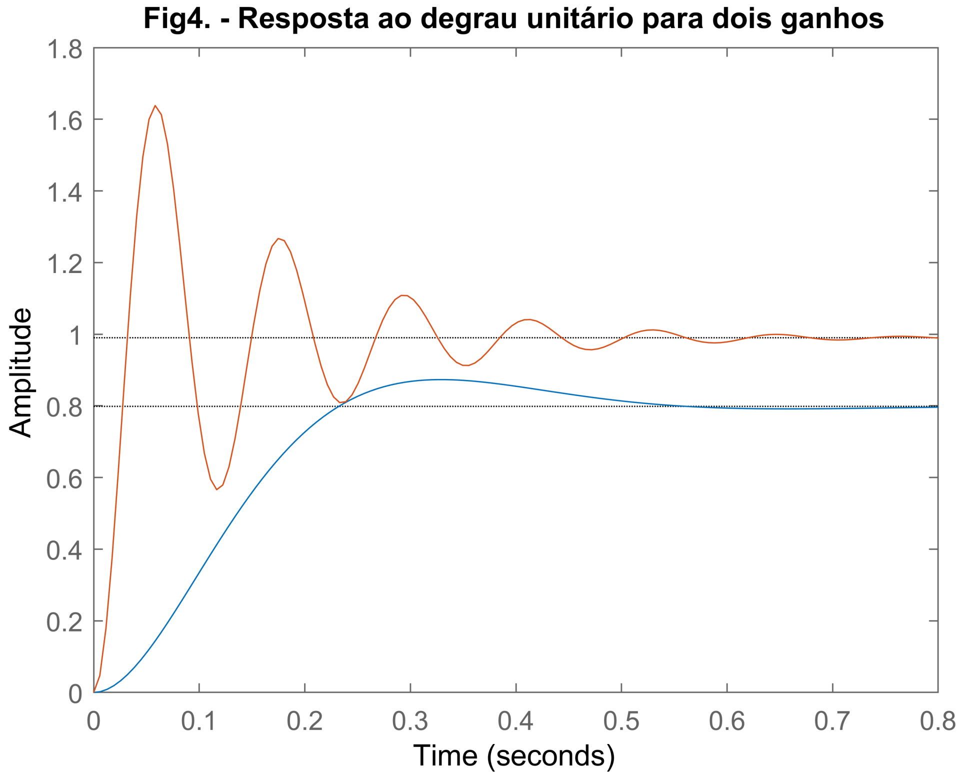


1.4 Observando as figuras 2 e 3, explique o que leva um sistema a ter maiores valores de iae.

O aumento do IAE se dá quanto mais a entrada (linha vermelha) se afasta da saída (linha azul), tanto para o transitório quanto em regime permanente. Assim quando temos um erro na saída em regime permanente, ele irá gerar uma curva de crescimento em IAE, e quanto maior o erro, maior será a inclinação dessa curva (linha verde).

Atividade 2 - Erro em regime e resposta transitória

```
m1=feedback(k(1)*g2,1);
m2=feedback(k(end)*g2,1);
step(m1,m2);
title('Fig4. - Resposta ao degrau unitário para dois ganhos');
```



2.1 Na figura 4 é mostrada a resposta ao degrau unitário para o menor e maior ganhos usados na figura 2. Compare o efeito do ganho K na resposta ao degrau unitário em regime e no período transitório, informando os ganhos usados.

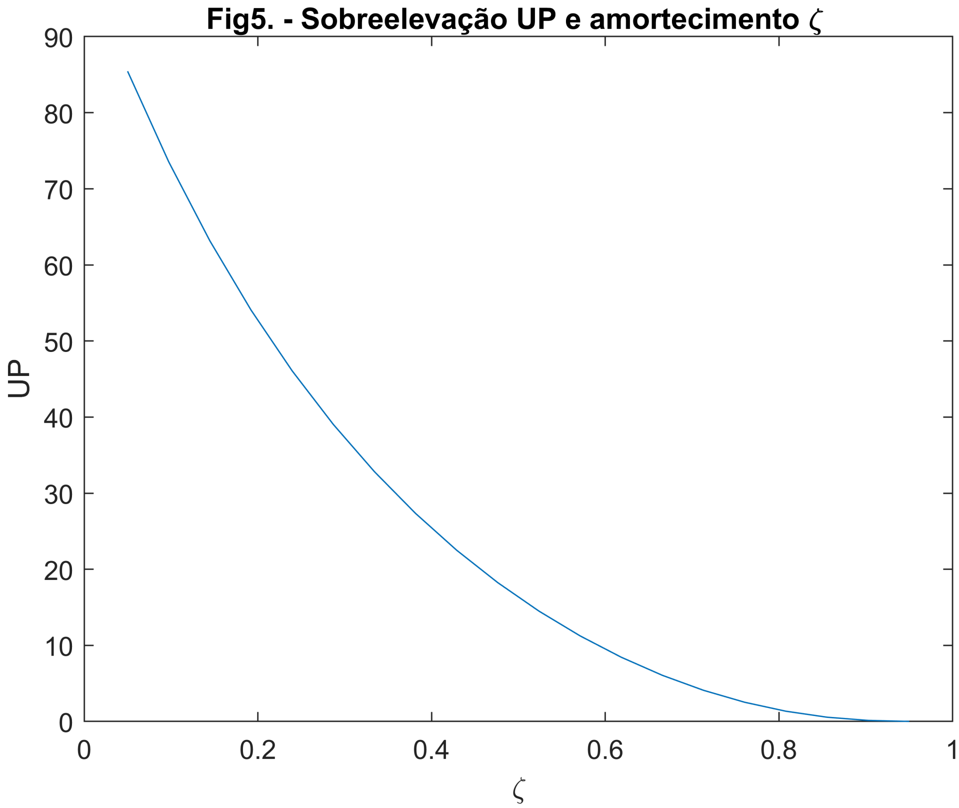
Olhando o erro estacionário das duas ondas, podemos utilizar a figura 2 para estimar os valores de K utilizadas em ambos. Assim fazendo essa análise concluímos que a curva azul tem menor valor de K, sendo aproximadamente K = 4. Já a curva vermelha apresenta um menor erro, portanto um maior valor de K, sendo aproximadamente K = 100.

Dessa forma podemos fazer algumas conclusões no efeito da saída para diferentes valores de K. Além do que já concluído anteriormente, que dizia que para maiores valores de K temos um menor erro, com o aumento de K também aumentamos a oscilação do nosso sistema e o nosso valor de sobresinal (sobreelevação). Em compensação, para maiores valores de K também temos um tempo de subida mais rápido. Porém, é interessante notar que para o nosso sistema que o aumento do K não gera quase nenhuma variação no tempo de estabelecimento, que é o tempo para o sistema atingir uma faixa de valores próxima ao valor que temos no regime permanente.

A sobreelevação se relaciona com o amortecimento ζ pela equação $UP = 100e^{-}(\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}})$. O script abaixo calcula os valores de UP para um conjunto de valores de ζ.

```
zeta=linspace(0.05,0.95,20);
```

```
for i=1:20
UP(i)=100*exp(-zeta(i)*pi/(sqrt(1-zeta(i)^2)));
end
plot(zeta,UP);title('Fig5. - Sobreelevação UP e amortecimento \zeta ');xlabel('\zeta');ylabel(
```



2.2 Explique a relação entre UP e ζ usando a figura 5 gerada pelo script.

Assim como na figura 2, temos uma relação inversa entre esses dois parametros. Conforme aumentamos o ζ, diminuímos o valor de sobreelevação (UP).

2.3 Use a figura 5 para obter os valores de ζ para os quais se tem $UP \leq 5\%$?

Caso desejamos ter um baixo sobresinal (sobreelevação), devemos escolher um maior valor de ζ. Graficamente, para valores onde temos ζ > 0,697, teremos um valor de UP menor a 5%.

Atividade 3 - Análise da resposta transitória

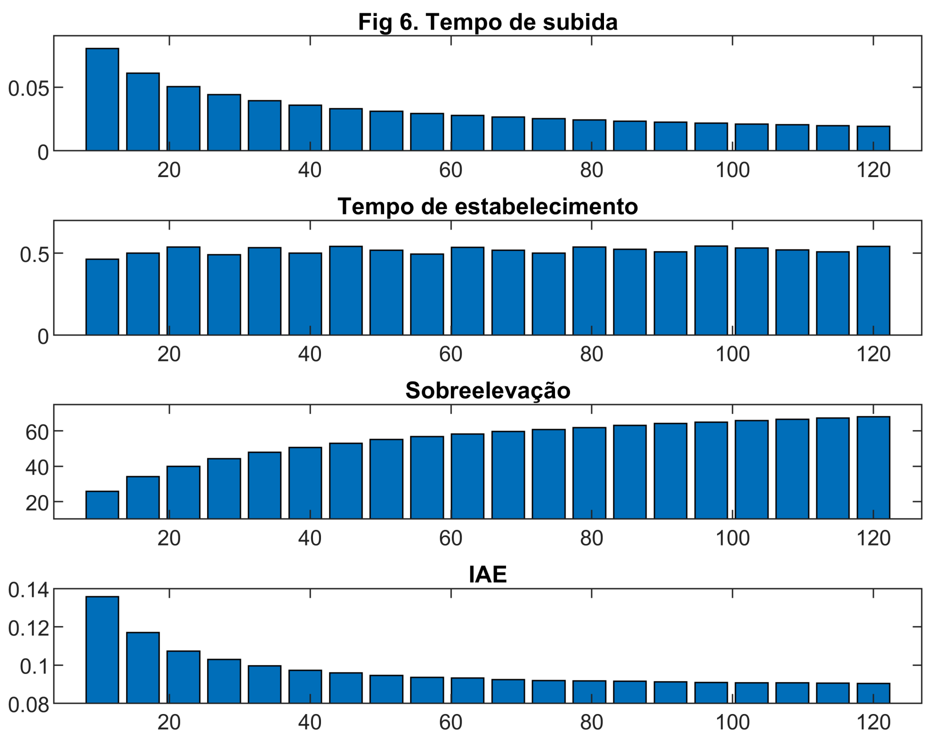
Use o comando rlocus(g2) ou rlocus(g2,k) para obter k1 de modo a ter $\zeta = 0.9$ e k2 de modo a ter $\zeta = 0.1$, e substitua estes valores abaixo e execute o script.

Importante: mostre a figura gerada pelo script abaixo ao professor antes de responder as 4 perguntas desta atividade.

```
k=linspace(10.5,120,20);
for i=1:20
```

```
    m=feedback(k(i)*g2,1);
    s=stepinfo(m);
    U(i,:)=[s.RiseTime s.SettlingTime s.Overshoot];
    if i==1
        [y,t]=step(m);Tempo=max(t);
    else
        [y,t]=step(m,Tempo);
    end
    IAE(i)=trapz(t,abs(1-y));
end

subplot(4,1,1);bar(k,(U(:,1)));title('Fig 6. Tempo de subida');ylim([0 0.09])
subplot(4,1,2);bar(k,(U(:,2)));title('Tempo de estabelecimento');ylim([0 0.7])
subplot(4,1,3);bar(k,(U(:,3)));title('Sobreelevação');ylim([10 75])
subplot(4,1,4);bar(k,(IAE));title('IAE'); ylim([0.08 0.14])
```



3.1 Qual o efeito do ganho K no tempo de subida (t_r)?

Para maiores valores de K temos um tempo de subida mais rápido, ou seja, nossa saída irá atingir 90% do seu valor de regime mais rapidamente do que para um menor valor de K.

3.2 Qual o efeito do ganho K na sobreelevação (UP)?

Assim como observado na figura 4, vamos obter maiores valores de sobreelevação conforme submetemos ao nosso sistema uma maior valor de K.

3.3 Explique o comportamento do tempo de estabelecimento (t_s) quando o ganho K varia.

Como citado, diferentes valores de K não apresentam diferença significativa quando se diz respeito ao tempo de estabelecimento. Isso se dá pelo fato de que o tempo de estabelecimento só esta relacionado com a componente real dos nossos pólos no LGR. Podemos perceber que quando variamos o valor de K para o nosso sistema, estamos apenas alterando a parte imaginária do pólo e sua parte real no plano permanece constante, mantendo o mesmo valor de t_s.

3.4 Quem afeta mais o valor de IAE? UP, t_r ou t_s?

Olhando para o gráfico de barras fica fácil de perceber que t_r (tempo de subida) tem maior influência no valor de IAE. Como o IAE leva em consideração também o erro do transitório, graficamente basta pensar no resultado que um tempo maior para se atingir 90% do nosso valor de regime irá causar. Isso resultara em uma maior diferença entre a nossa entrada e saída por um período maior de tempo, fazendo com que nossa integral tenha um maior valor. Esse aspecto será muito mais significante do que os outros parâmetros analisados.

```
datetime('now')
```

```
ans = datetime
   09-Jul-2021 21:25:47
```

```
pwd
```

```
ans =
'C:\Users\asus1\Desktop\Aula 4'
```