

<b>Alunos:</b>	<b>Nota:</b>
1 -	
2 -	
3 -	
4 -	<b>Data:</b>

## Encontro 2 – parte A

### Resposta transitória de sistemas de 1ª ordem padrão.

#### 1. Introdução.

Vários sistemas físicos e econômicos podem ser modelados matematicamente através de equações diferenciais lineares. Para análise e projeto de sistemas de controle deve-se ter uma base para comparar o desempenho de diferentes sistemas de controle. Esta base pode ser obtida especificando-se sinais de teste de entrada particulares e comparando-se as respostas de diversos sistemas a estes sinais de entrada. A utilização de sinais de teste pode ser justificada pela correlação que existe entre as características de um sistema para um sinal de entrada de teste típico e a capacidade do sistema para responder aos sinais de entrada reais. Assim, a partir das representações matemáticas e de sinais de teste é possível, então, avaliar o comportamento dinâmico das diferentes plantas (análises matemáticas e experimentais de sistemas de controle).

Os sinais de entrada de teste comumente utilizados são: degrau, rampa, impulso e senoidal. A determinação de qual ou quais destes sinais de entrada típicos devem ser aplicados para analisar as características do sistema depende da forma de entrada a qual o sistema está sujeito mais frequentemente durante operação normal. Se as entradas para um sistema de controle variam gradativamente com o tempo, então uma rampa pode ser um bom sinal de teste. Para um sistema sujeito a entradas do tipo “choque”, um impulso pode ser a entrada adequada. Uma vez projetado um sistema de controle baseado em sinais de teste, normalmente o desempenho do sistema para entradas reais é satisfatório.

O objetivo desta experiência é analisar algumas propriedades dos sistemas de primeira e segunda ordem, tais como, resposta à rampa e resposta ao degrau.

**Resposta Transitória:** é a parte da resposta de um sistema que desaparece quando o tempo tende ao infinito, ou seja, é a parte da resposta que vai do estado inicial até o estado final (estabilização).

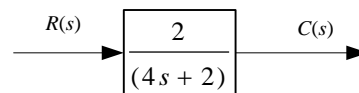
**Resposta Estacionária:** é a parte da resposta de um sistema que permanece quando o tempo tende ao infinito, ou seja, é a parte da resposta que vai desde sua estabilização até o infinito.

## 2. Ensaios a Malha Aberta

Um sistema de primeira ordem está dado por  $G(s) = K \frac{1}{s + \frac{1}{\tau}}$ , onde  $K$  é o ganho do sistema

(Valor de regime da saída / Valor de regime da entrada),  $\tau$  a constante de tempo.

- a) Para o sistema de primeira ordem apresentado na **Fig. 1** utilizando o MatLab/Simulink determinar a resposta para o degrau unitário.



**Figura 1.**

No gráfico identificar a constante de tempo  $\tau$ , o ganho  $K$ , o tempo de subida  $T_r$  e o tempo de assentamento  $T_s$ .

Ainda no gráfico identificar o erro de estado estacionário (Valor em regime da entrada – Valor em regime da saída.)

- b) Para o sistema da **Fig. 1** utilizando o MatLab/Simulink determinar a resposta para entrada rampa.

No matlab o código para determinar esta resposta é:

```
clc;
clear all;
s=tf('s')
Gs=2/(4*s+2);
t=0:0.01:15; %cria o vetor tempo entre 0 e 15 segundos
r = t; %cria a entrada rampa
lsim(Gs,r,t) %apresenta a resposta do sistema para entrada rampa
```

No gráfico identificar o erro de estado estacionário e comparar com o caso anterior.

- c) Considerando um ganho variável  $K_c$  em cascata com o sistema anterior conforme **Fig. 2**, analisar a interferência deste ganho no sistema. Para análise considerar as seguintes variações de  $K_c$ :  $K_c=0,5$ ;  $K_c=1$ ;  $K_c=2$ ;  $K_c=6$ .

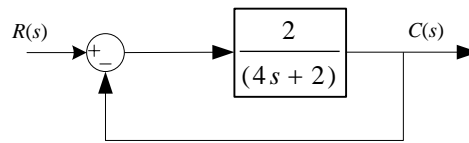


**Figura 2.**

Analise o comportamento dos parâmetros  $\tau$ ,  $K$ ,  $T_r$  e  $T_s$ .

## 3. Ensaios a Malha Fechada

- a) Para o sistema apresentado na **Fig. 3** utilizando o MatLab/Simulink determinar a resposta para o degrau unitário.



**Figura 3.**

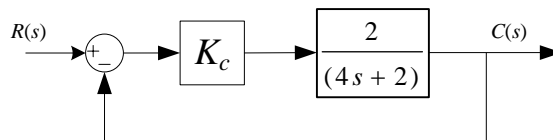
A partir de o gráfico determinar a constante de tempo  $\tau$ , o ganho  $K$ , o tempo de subida  $T_r$  o tempo de assentamento  $T_s$  e o erro de estado estacionário.

No matlab o código será:

```
clc;
clear all;
s=tf('s')
Gs=2/(4*s+2);
Ts = feedback(Gs,1) % determina o sistema equivalente a M.F.
step(Ts,Gs) %grafica a resposta ao degrau do sistema a M.A. e M.F.
```

Comparar os resultados com o caso anterior.

- b) Considerando um ganho variável  $K_c$  conforme **Fig. 4**, analisar a interferência deste ganho no sistema. Para análise considerar as seguintes variações de  $K_c$ :  $K_c=0,5$ ;  $K_c=1$ ;  $K_c=2$ ;  $K_c=6$ .

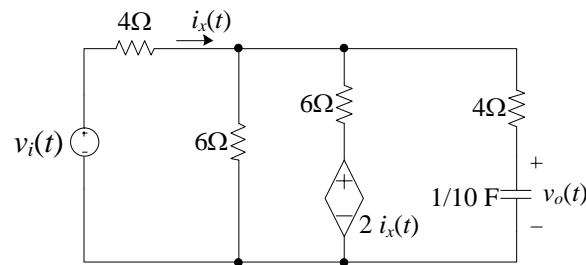


**Figura 4.**

Analise o comportamento dos parâmetros  $\tau$ ,  $K$ ,  $T_r$  e  $T_s$ .

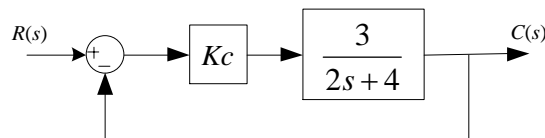
#### 4. Exercícios

**Exercício 1** - Encontre a função de transferência ( $V_o(s)/V_i(s)$ ) que descreve o sistema da **Fig. 5**. Implemente o modelo no MatLab ou Simulink e observe o comportamento de sua resposta quando é aplicada uma tensão  $v_i(t)$  de 6 V (degrau) em sua entrada. A partir do gráfico obtenha os parâmetros  $\tau$ ,  $K$ ,  $T_r$  e  $T_s$ , e compare com os valores teóricos.



**Figura 5.**

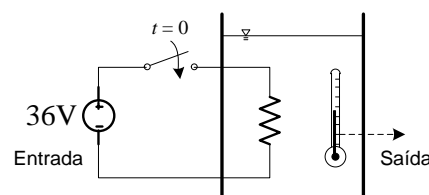
**Exercício 2** - Dado o sistema apresentado na **Fig. 6**.



**Figura 6.**

Para dois valores de  $Kc$ :  $Kc=0.5$ ; e  $Kc=4$ , obtenha, através de simulação, a resposta deste sistema em malha aberta e malha fechada para uma entrada em degrau unitário. Para esses sistemas a malha aberta e malha fechada determine gráfica e analiticamente os parâmetros: constante de tempo  $\tau$ ; ganho  $K$ ; tempo de subida  $T_r$ ; e tempo de assentamento  $T_s$ . A função de transferência do sistema a malha fechada pode ser obtida direto do Matlab através do comando `feedback(Gs, Hs)`. Quais as conclusões que podem ser destacadas no comportamento dos sistemas em relação à variação do parâmetro  $Kc$ ? Ainda, o que pode ser concluído da diferença dos índices de desempenho ( $\tau$ ,  $K$ ,  $T_r$  e  $T_s$ ) de um sistema a malha aberta comparado com um sistema a malha fechada?

**Exercício 3** – O esquema da **Fig. 7** representa um sistema de aquecimento de água. Considere que a água inicialmente encontra-se a temperatura ambiente de 5 °C. Após a chave ser ligada (em  $t=0$ ), 900 segundos depois a água alcança 65 °C. Em regime a água chega até 90 °C de temperatura. Considerando que este sistema é um sistema de primeira ordem determinar a função de transferência. Para verificação plotar a resposta da função de transferência utilizando o Matlab ou Simulink.



**Figura 7.**

**Exercício 4** - Na **Fig.8.** apresenta-se a resposta de um sistema a uma determinada entrada em degrau. Considerando que o sistema se aproxima de primeira ordem, determinar a função de transferência do sistema. Utilizando o Matlab ou Simulink plotar a resposta para verificação (Observe que a resposta não começa na origem!!).



**Figura 8.**