



Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Departamento de Engenharia
Engenharia de Controle e Automação
ENG 3503 – Sistemas de Controle II
Prof: Marcos Lajovic Carneiro
Aluno (a): _____

Laboratório 01

Aula Laboratório 01 – Cap 7 – Cálculo de Erros de Estado Estacionário

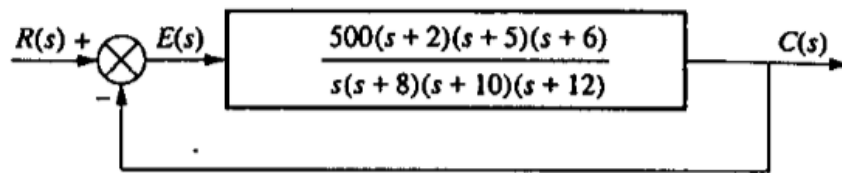
1- Objetivos:

Verificar estabilidade de um sistema através de seus pólos.

Calcular as constantes de erro estático e erro de estado estacionário esperado utilizando o MATLAB.

2- Exemplos de códigos:

2.1) Verificação da estabilidade, cálculo das constantes de erro estático e erro esperado para as entradas padronizadas em degrau, rampa e parábola para o sistema abaixo:



```
numg=500*poly([-2 -5 -6]);
deng=poly([0 -8 -10 -12]);
G=tf(numg,deng);
```

```
% Define o numerador de G(s).
% Define o denominador de G(s).
% Cria G(s).
```

```
'Verifica a Estabilidade'
T=feedback(G,1);
polos=pole(T)
```

```
% Exibe o título.
% Cria T(s).
% Exibe os polos em malha fechada.
% Verificar se os pólos indicam instabilidade.
```

```
'Entrada em Degrau'
Kp=dcgain(G)
erp=1/(1+Kp)
```

```
% Exibe o título.
% Calcula Kp=numg/deng para s=0.
% Calcula erp para entrada em degrau.
```

```
'Entrada em Rampa'
numsg=conv([1 0],numg);
densg=poly([0 -8 -10 -12]);
sG=tf(numsg,densg);
sG=minreal(sG);
```

```
% Exibe o título.
% Define o numerador de sG(s).
% Define o denominador de sG(s).
% Cria sG(s).
% Cancela 's' em comum no
% numerador (numsg) e no
% denominador (densg).
% Calcula Kv=sG(s) para s=0.
% Calcula o erro em regime permanente
% para uma entrada em rampa.
```

```
Kv=dcgain(sG)
erp=1/Kv
```

```
'Entrada em Parábola'
numsg2=conv([1 0 0],numg);
densg2=poly([-8 -10 -12]);
s2G=tf(numsg2,densg2);
```

```
% Exibe o título.
% Define o numerador de s^2G(s).
% Define o denominador de s^2G(s).
% Cria s^2G(s).
```

```

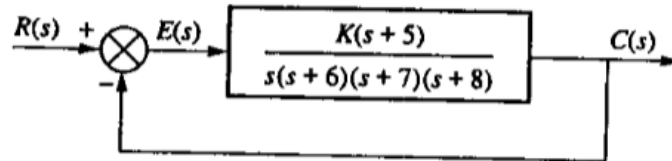
s2G=minreal(s2G);
Ka=dcgain(s2G)
erp=1/Ka

```

% Cancela 's' em comum no
 % numerador (nums2g) e no
 % denominador (dens2g).
 % Calcula $K_a = s^2 G(s)$ para $s=0$.
 % Calcula o erro em regime permanente

2.2) Cálculo do ganho K necessário para se atender uma especificação de erro de estado estacionário.

Especificação de erro de estado estacionário = 10%



```

numgdK=[1 5];
dengdK=poly([0 -6 -7 -8]);
GdK=tf(numgdK,dengdK);
numgkv=conv([1 0],numgdK);
dengkv=dengdK;
GKv=tf(numgkv,dengkv);
GKv=minreal(GKv);

KvdK=dcgain(GKv)

erp=0.1
K=1/(erp*KvdK)
'Verifica a Estabilidade'
T=feedback(K*GdK,1);
polos=pole(T)

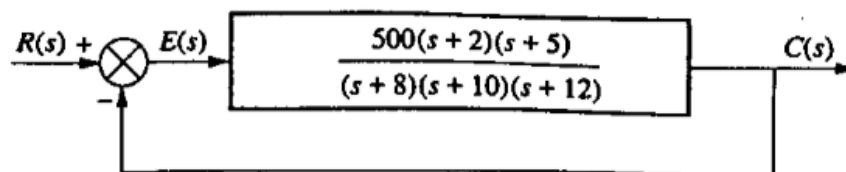
```

% Define o numerador de $G(s)/K$.
 % Define o denominador de $G(s)/K$.
 % Cria $G(s)/K$.
 % Define o numerador de $sG(s)/K$.
 % Define o denominador de $sG(s)/K$.
 % Cria $sG(s)/K$.
 % Cancela 's' em comum no numerador
 % e no denominador de $sG(s)/K$.
 % Calcula $(K_v/K) = (\text{numgkv}/\text{dengkv})$
 % para $s=0$.
 % Define o erro em regime permanente
 % Resolve para K.
 % Exibe o título.
 % Cria $T(s)$.
 % Exibe os polos em malha fechada.

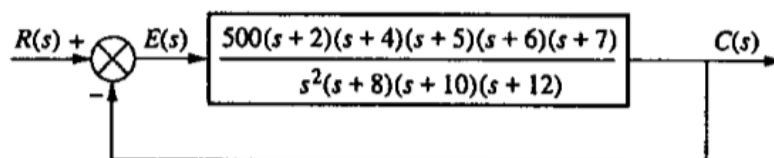
3- Procedimento Prático:

3.1) Calcule: (1) as constantes de erro estático e (2) os erros esperados para as entradas padronizadas em degrau, rampa e parábola para os sistemas abaixo:

a)



b)



3.2) Para os sistemas com retroação unitária com as funções de transferência no percurso direto abaixo, usando o MATLAB, confira se é estável e calcule o erro de estado estacionário para as seguintes entradas: $15u(t)$, $15.t.u(t)$ e $15.t^2.u(t)$.

a)

$$G(s) = \frac{10(s + 20)(s + 30)}{s(s + 25)(s + 35)}$$

b)

$$G(s) = \frac{10(s + 20)(s + 30)}{s^2(s + 25)(s + 35)(s + 50)}$$

3.3) Um sistema com retroação unitária possui a seguinte função de transferência no percurso direto:

$$G(s) = \frac{K(s + 12)}{(s + 14)(s + 18)}$$

Obter o valor de K que leva a um erro de 10% em estado estacionário.

Bibliografia:

NISE, N. S. **Engenharia de sistemas de controle**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.