

PMR3409 Controle II - Experiência 5: Controle de velocidade de motor C.C.

Nome: _____ NUSP: _____ Turma: _____	NOTA
Alunos do grupo	
1. Nome: _____ NUSP: _____ Turma: _____	
2. Nome: _____ NUSP: _____ Turma: _____	
Data: ___/___/___ Reposição? () S () N	

1 Introdução

Na Experiência 4 foram identificados os parâmetros de tempo discreto (a_1, b_1) da função de transferência da velocidade angular do motor C.C:

$$G_\omega(z) = \frac{b_1 z^{-1}}{1 - a_1 z^{-1}}, \quad (1)$$

A partir desses parâmetros foram obtidos os parâmetros de tempo contínuo (K_ω, T) da função de transferência de tempo contínuo (Conversão do plano z para o plano s):

$$G_\omega(s) = \frac{K_\omega}{Ts + 1}. \quad (2)$$

Verifique no seu relatório da Experiência 4 e preencha a tabela abaixo:

	a_1	a_2	K_ω	T
Conj. de dados 1				

Identifique o motor utilizado:

Motor No.	
-----------	--

2 Controlador Proporcional

Nessa seção será observado o efeito do controlador proporcional quando utilizado para o controle de velocidade do motor C.C.

Sendo o controlador proporcional dado por $H(z) = K_P$ e a função de transferência do motor C.C. dada pela Equação 1 a malha aberta pode ser escrita da seguinte forma:

$$\frac{\Omega(z)}{E(z)} = G_\omega(z)H(z), \quad (3)$$

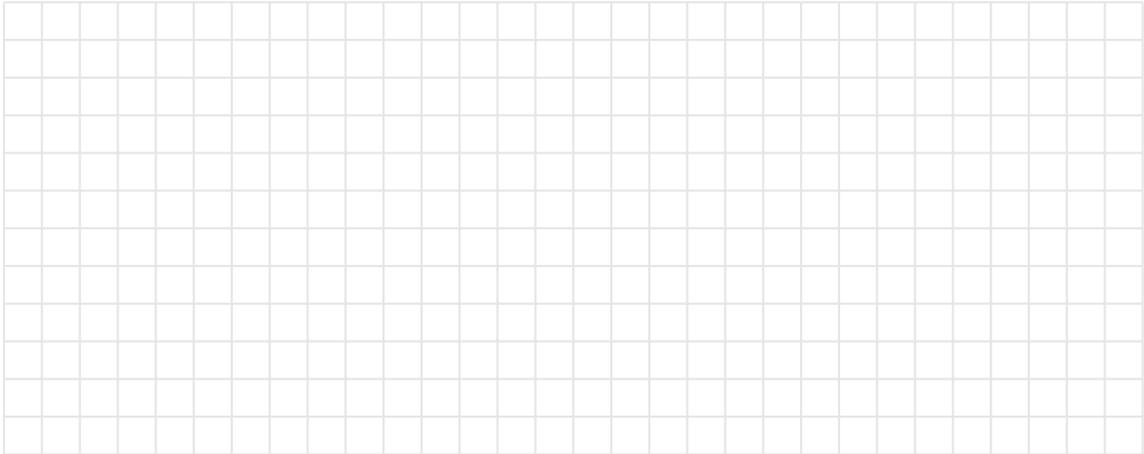
e a malha fechada dada por:

$$\frac{\Omega(z)}{R(z)} = \frac{G_\omega(z)H(z)}{1 + G_\omega(z)H(z)} \quad (4)$$

1. Calcule para este sistema de controle em malha fechada de tempo discreto o erro estático e_{ss} para uma entrada degrau unitário. Utilizar somente cálculo simbólico. Obs: Utilizar o teorema do valor final.

2. Utilizando o script `ControledeVelocidadePIInfluenciaKp.m` realize simulações para o sistema de controle em malha fechada para diferentes valores da constante proporcional $K_P = \{3, 5, 7\}$. OBS: o script simula três sistemas com diferentes valores de K_P .

3. Esboce abaixo o mapa dos pólos e zeros de malha aberta. OBS: Alternativamente o mapa pode ser impresso ou incorporado ao arquivo pdf. O script salva a figura no formato *.png



4. Esboce abaixo o mapa dos pólos e zeros de malha fechada. OBS: a mesma do ítem anterior.



5. Esboce abaixo a resposta transitória para uma entrada do tipo degrau unitário. OBS: a mesma do ítem anterior.



6. Anote na tabela abaixo os valores obtidos para o tempo de subida t_r , tempo de acomodação t_s , Máximo sobre-sinal M_p . OBS: no final do script é utilizado o comando `stepinfo()` que gera tais informações.

K_p	t_r	t_s	M_p
3			
5			
7			

7. Utilizando um controlador proporcional é possível obter erro estático nulo ? Apresente uma argumentação analítica.

8. Qual a influência do valor da constante proporcional sobre a resposta estática e transitória nesse sistema de controle em malha fechada ?

3 Controlador Proporcional Integral

Nessa seção será observado o efeito do controlador Proporcional Integral quando utilizado para o controle de velocidade do motor C.C.

Sendo o controlador PI dado por:

$$H(z) = K_p \left(1 + \frac{T_a}{T_i} \frac{1}{z-1} \right) \quad (5)$$

e a função de transferência do motor C.C. dada pela Equação 1 a malha aberta pode ser escrita da seguinte forma:

$$\frac{\Omega(z)}{E(z)} = G_\omega(z)H(z), \quad (6)$$

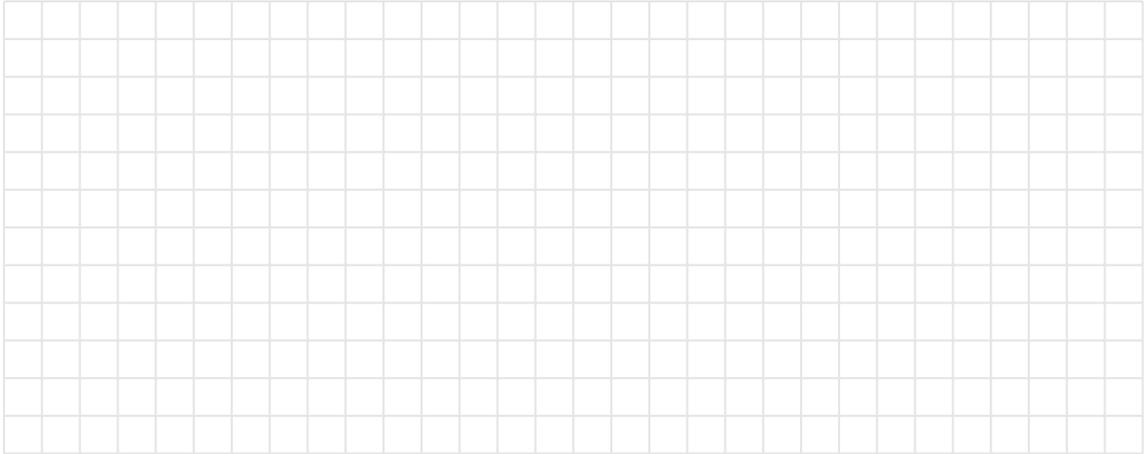
e a malha fechada dada por:

$$\frac{\Omega(z)}{R(z)} = \frac{G_\omega(z)H(z)}{1 + G_\omega(z)H(z)} \quad (7)$$

1. Calcule para este sistema de controle em malha fechada de tempo discreto o erro estático e_{ss} para uma entrada degrau unitário. Utilizar somente cálculo simbólico. Obs: Utilizar o teorema do valor final.

2. Utilizando o script .m realize simulações para o sistema de controle em malha fechada para diferentes valores do tempo integral $T_i = \{0.1, 0.5, 1.0\}$.

3. Esboce abaixo o mapa dos pólos e zeros de malha aberta.



4. Esboce abaixo o mapa dos pólos e zeros de malha fechada.



5. Esboce abaixo a resposta transitória para entrada do tipo degrau unitário.



6. Anote na tabela abaixo os valores obtidos para o tempo de subida t_r , tempo de acomodação t_s , Máximo sobre-sinal M_p . OBS: no final do script é utilizado o comando `stepinfo()` que gera tais informações.

T_i	t_r	t_s	M_p
0.1			
0.5			
1.0			

7. Utilizando um controlador proporcional integral é possível obter erro estático nulo ? Apresente uma argumentação analítica.

8. Qual a influência do valor do tempo integral T_i sobre a resposta estática e transitória nesse sistema de controle em malha fechada ?

4 Influência do intervalo de amostragem

A escolha de um intervalo de amostragem T_a é crucial para o funcionamento do sistema de controle.

O intervalo de amostragem deve ser suficientemente pequeno para perceber todas as frequências envolvidas tanto da planta a ser controlada quanto dos sinais de distúrbio e ruídos de medida.

Entre os intervalos de amostragem o sistema funciona em malha aberta.

As equações de diferenças no domínio do tempo discreto são algoritmos de integração numérica. O limite de frequência estabelecido pelo Teorema de Nyquist não é suficiente para garantir uma integração numérica precisa. Usualmente é necessário uma frequência de amostragem f_a várias vezes maior que a maior frequência contida nos sinais do sistema.

A transformação de pólos do domínio s para o domínio z depende do intervalo de amostragem T_a , dessa forma, variações de T_a podem tornar um sistema mais ou menos estável.

1. Realize a simulação definida pelo script `InfluenciaIntervaloDeAmostragemTa.m`. O script simula um sistema de controle em malha fechada com 3 valores diferentes para T_a .
2. Esboce abaixo a resposta transitória para entrada do tipo degrau unitário.



3. Esboce abaixo o mapa dos pólos e zeros do sistema de controle em malha fechada para os 3 valores de T_a :



4. Preencha a tabela abaixo:

T/T_{a1}	
T/T_{a2}	
T/T_{a3}	

5. Analise os resultados:

5 Projeto através do método de alocação de pólos

Nessa seção você deve projetar um controlador PI para o controle de velocidade do motor C.C. utilizando o método de alocação de pólos. OBS: Verificar a teoria apresentada na apostila da experiência 5.

Os requisitos do projeto são apresentados a seguir:

1. Especificação das características estáticas:
 - Erro de regime estacionário nulo para uma entrada degrau unitário: $\lim_{k \rightarrow \infty} e(k) = 0$
2. Especificação das características transitórias para degrau unitário:
 - Tempo de subida: $t_r < 0.5s$
 - Tempo de assentamento: $t_s < 1.0s$
 - Máximo sobressinal: $M_p < 10\%$

Um roteiro para o projeto é apresentado abaixo:

1. Selecione um par de pólos de malha fechada $\sigma \pm j\omega$ no domínio s que atendam os requisitos acima.
2. Converta os pólos escolhidos para o domínio z .
3. Faça uma escolha para o valor do intervalo de amostragem T_a . OBS: Consulte a apostila da experiência 5.
4. Calcule os valores da constante proporcional K_p e do tempo integral T_i através do método de alocação de pólos.
5. Utilizando o script `.m` realize uma simulação do sistema de controle em malha fechada. OBS: o script estima as características da resposta transitória: t_r , t_s e M_p .
6. Caso a solução não satisfaça os requisitos retorne ao primeiro passo.

Após a escolha de uma solução satisfatória realize os passos a seguir:

1. Parâmetros do controlador PI:

Descreva abaixo os cálculos utilizados:

Preencha a tabela abaixo:

T_a	
K_P	
T_i	

2. Malha aberta:

Função de transferência de malha aberta:

$G_w(z)H(z)$	
--------------	--

Pólos e zeros de malha aberta:

	Domínio s	Domínio z
pólo 1		
pólo 2		
zero		

3. Malha fechada:

Função de transferência de malha fechada:

$\frac{G_w(z)H(z)}{1 + G_w(z)H(z)}$	
-------------------------------------	--

Pólos e zeros de malha fechada:

	Domínio s	Domínio z
pólo 1		
pólo 2		
zero		

Esboce abaixo a resposta transitória para entrada do tipo degrau unitário:



Características da resposta transitória:

t_r	t_s	M_p

6 Discussões

7 Conclusões