



INSTITUTO FEDERAL

Espírito Santo
Campus Linhares

Data:

Nota:

Valor:

Professor(a): Lucas Vago Santana

Turma: Robótica Móvel – ENG7P

Aluno(a):

Atividade: Criar códigos que respondam aos questionamentos dos problemas a seguir. Considerar em todos os casos:

- Condições iniciais nulas;
- Tempo de simulação $t_f = 30 \text{ seg}$;
- Intervalo de tempo discreto $dt = 50 \text{ ms}$.

Problema 1:

Dado o modelo de Motor de CC:

Fonte: Adaptado de ([CLIQUE AQUI](#))

$$v - Ri - K_e \dot{\theta} = L \frac{di}{dt}$$

$$K_t i - b \dot{\theta} = J \ddot{\theta}$$

Com parâmetros:

(J)	moment of inertia of the rotor	0.01 kg.m ²
(b)	motor viscous friction constant	0.019 N.m.s
(K _e)	electromotive force constant	0.01 V/rad/sec
(K _t)	motor torque constant	0.01 N.m/Amp
(R)	electric resistance	1 Ohm
(L)	electric inductance	0.5 H

- Simule a operação de dois desses motores (Motor da Esquerda e Motor da Direita). Utilize uma tensão de entrada fixa $v = 5V$ para ambos e plote a evolução do estado $\dot{\theta}$ [rad/s] (velocidade angular do eixo) pelo tempo;
- Supondo que a fonte de alimentação desses motores possui um módulo máximo de $v_{\max} = 12 V$. Em regime permanente, qual será o módulo do limite da velocidade de rotação em [rad/s]?

Responda:

- É possível exigir desses motores velocidades de $3\pi \text{ rad/s}$? Justifique.

Problema 2:

- Projete e implemente um controlador PID para os motores simulados. Simule o controle em malha fechada usando uma referência fixa de velocidade angular para ambos (respeite os limites de operação do motor simulado). Mostre através de gráficos a condição dos estados $\dot{\theta}$ [rad/s] e do sinal de controle v [volts] pelo tempo.

Responda:

- A resposta de velocidade angular dos motores é instantânea?
- Na sua simulação qual é, aproximadamente, o tempo de estabelecimento (tempo necessário para estabilizar um sinal a $\pm 5\%$ do degrau de referência)?
- Na prática, como é possível gerar o sinal de tensão v [volts], obtido deste PID? Em sua pesquisa, busque sobre tipos de componentes eletrônicos e métodos de modulação que podem ser utilizados para este fim.

Problema 3:

Dados os parâmetros de um robô de tração diferencial:

- $u = 0.1 \text{ m/s}$;
 - $\omega = 0.0 \text{ rad/s}$;
 - $R = 0.035 \text{ m}$;
 - $L = 0.28 \text{ m}$;
- a. Qual será a velocidade angular das rodas esquerda (ω_e) e direita (ω_d), em [rad/s]?
 - b. Supondo que tais sinais são referências de velocidade angular, simule os controladores PID dos motores a partir dessas referências. Plote um gráfico contendo os sinais de referência versus a resposta de velocidade angular desenvolvida por cada motor no tempo.
 - c. Considerando apenas o sinal $u = 0.1 \text{ m/s}$ e o modelo do uniciclo, como usá-lo para obter a coordenada x do robô? Qual será o valor da coordenada x , se obtida por este método?
 - d. Sabendo que o sinal u é, na verdade, gerado pela combinação das velocidades angulares desenvolvidas nas rodas do robô. Utilize os dados originados a partir da simulação dinâmica dos motores e seus controladores PID para estimar o valor coordenada x . Qual será o valor da coordenada x , se ela for obtida através deste método?

Responda:

- i. Ao calcular a coordenada x pelo método do item (c) e depois pelo método do item (d), deve-se obrigatoriamente notar alguma diferença nos valores. Explique o motivo dessa diferença.

Problema 4:

Conhecendo os parâmetros do robô e os limites de operação dos seus motores, avalie as seguintes situações:

- a. É possível exigir desse robô $u = 0.1 \text{ m/s}$ e $\omega = 0.1 \text{ rad/s}$?
- b. É possível exigir desse robô $u = 0.2 \text{ m/s}$ e $\omega = 0.2 \text{ rad/s}$?
- c. Fixando $u = 0.1 \text{ m/s}$. Qual é, aproximadamente, o módulo da velocidade máxima que pode ser exigida para ω ?

Problema 5:

Dados os sinais:

- $u = 0.1 \text{ m/s}$;
 - $\omega = \text{qualquer valor diferente de } 0.0 \text{ rad/s}$;
- a. Implemente a estimativa da pose $\mathbf{p} = [x \ y \ \phi]^T$ do robô, seguindo as orientações:
 - i. Por integração do modelo uniciclo: Utilize diretamente os sinais (u, ω) para determinar as velocidades globais do robô. Depois, integre-as no tempo para determinar as posições. Para fins de comparação, utilize a nomenclatura $\mathbf{p}_r = [x_r \ y_r \ \phi_r]^T$ para referenciar os dados oriundos desse processo;
 - ii. Por odometria: Compreende-se como odometria o processo de usar as velocidades angulares das rodas do robô para estimar a sua pose. Para fins de comparação, utilize a nomenclatura $\mathbf{p}_o = [x_o \ y_o \ \phi_o]^T$ para referenciar os dados oriundos desse processo;
 - iii. Utilize gráficos separados para mostrar a evolução temporal de cada uma das coordenadas inseridas nos vetores \mathbf{p}_o e \mathbf{p}_r .

Responda:

- i. Percebe-se alguma divergência entre \mathbf{p}_o e \mathbf{p}_r ? Justifique.
- ii. No contexto deste trabalho, de que depende o desempenho dos resultados de \mathbf{p}_o ?

Problema 6:

- a. Implemente a estratégia de controle Goal-To-Goal, seguindo as orientações abaixo:
 - i. Utilize dados de odometria (\mathbf{p}_o) para realimentar a estratégia de controle Goal-To-Goal do robô;
 - ii. Para fins de comparação, utilize os sinais (u, ω) do Goal-To-Goal para estimar também pose ideal (\mathbf{p}_r);
 - iii. Utilize gráficos para mostrar a evolução temporal das variáveis de estado controladas pela estratégia Goal-To-Goal. Utilize curvas que permitam confrontar os dados de \mathbf{p}_o com os de \mathbf{p}_r ;
 - iv. Utilize gráficos para exibir também as velocidades angulares dos motores. Utilize curvas que permitam

- confrontar as referências e as velocidades angulares desenvolvidas pelos motores;
- v. Interprete o problema, observando a convergência dos sinais e os efeitos que as modificações nos parâmetros dos controladores provocam no sistema.
 - vi. Apresenta seus resultados ao professor para arguições.