

PMR3404 – Controle I
Projeto de Laboratório

GUINDASTE DE PÓRTICO

1. Descrição

O sistema consiste num guindaste de pórtico, representado em duas dimensões. Utiliza-se para estudo uma idealização de guindaste de pórtico que se comporta como um modelo em escala reduzida. Aqui se denomina guindaste o mecanismo principal onde se encontra o cabo que se conecta à carga. O guindaste é movimentado através de um sistema de correia e polia que é acionado por um motor de corrente contínua. O objetivo do sistema de controle é movimentar a carga de um ponto inicial x_0 a um ponto final x_f , sem que seja permitido o surgimento de oscilações significativas na posição angular da carga (i.e. $\theta \cong 0$ e $\dot{\theta} \cong 0$).

2. Modelo matemático

A Figura 1 ilustra o sistema. O guincho possui massa M , e a carga possui massa m . A carga é sustentada por um cabo de comprimento l .

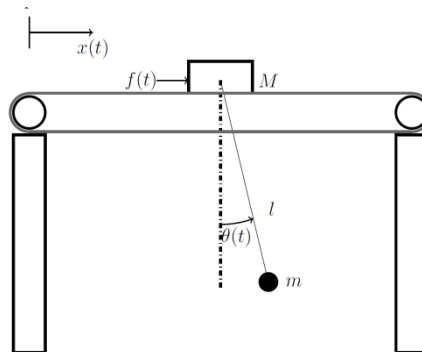


Figura 1 - Esquema do guindaste

2.1. Equações de movimento

O movimento do guincho é dado por

$$(M + m)\ddot{x} + ml[\ddot{\theta} \cos(\theta) - \dot{\theta}^2 \sin(\theta)] = F(t)$$

Na qual $x(t)$ é a posição linear do guincho e $\theta(t)$ é o ângulo do cabo em relação à linha vertical. $F(t)$ é a força aplicada pela correia.

O movimento da carga é dado por

$$ml[\ddot{x} \cos(\theta) + l\ddot{\theta} + g \sin(\theta)] = 0$$

Onde g é a aceleração da gravidade.

A correia se movimenta a pela tração de uma polia, cuja relação de força é dada por

$$F = \frac{T_{polia}}{R_{polia}} \eta$$

Na qual T_{polia} é o torque fornecido pela polia de tração, R_{polia} é o raio da polia de tração e η o coeficiente de rendimento do sistema polia-correia.

Note que, na hipótese de uma correia perfeitamente rígida, deslocamento do motor e do guincho estão relacionados por

$$\dot{x}(t) = \omega(t)R_{polia}$$

Na qual $\omega(t)$ é a velocidade angular do eixo do motor.

2.2. Dinâmica do Atuador

A equação dinâmica do eixo do motor é dada por

$$J_m \dot{\omega} + K_v \omega(t) = K_m i(t) - T_{polia}$$

Na qual K_m é a constante de torque do motor, $i(t)$ é a corrente de armadura e K_v é um coeficiente de atrito viscoso.

A corrente no motor é dada por

$$v(t) = L \frac{di}{dt} + Ri(t) + K_b \omega(t)$$

Onde L é a indutância de armadura, R a resistência ôhmica, K_b a constante de velocidade do motor e $v(t)$ é a tensão de entrada.

2.3. Parâmetros

Parâmetro	Valor
Massa do guincho M	3 kg
Massa da carga m	1 kg
Comprimento do cabo l	0.5 m
Momento de inércia do eixo do motor J_m	$4 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^2$
Rendimento da transmissão η	0.9
Constante de torque K_m	0.042 N.m/A
Constante de velocidade K_b	$0.042 \frac{V.s}{rad}$
Coeficiente de atrito K_v	0.0 kg/m.s
Resistência de armadura R	1.5 Ω
Indutância do motor L	0.004 H
Máxima corrente no motor	0.5 A
Raio da polia R_{polia}	0.05 m

3. Requisitos de desempenho

O sistema de controle deve levar a carga para a posição desejada e mantê-la com as seguintes características em malha fechada:

- Erro de regime igual a zero para o comando de referência variando na forma de degrau;
- Máximo sobressinal menor do que 10% para o comando de referência variando na forma de degrau;
- Tempo de assentamento de 2% compatível com a dinâmica do sistema para o comando de referência variando na forma de degrau (estabeleça claramente o valor);
- Margem de ganho maior do que 10 dB;
- Margem de fase maior do que 45°;
- Rejeição completa de qualquer perturbação constante.
- Esforço de controle compatível com o valor máximo de corrente permitido no motor.