



CONTROLE DE UM SISTEMA DE MANIPULAÇÃO PARA UM ROBÔ DE INSPEÇÃO EM LINHAS DE ALTA TENSÃO

Bruno Queiroz Gama e Marco Antonio dos Reis

Senai Cimatec

E-mail: gama.gama@fieb.org.br , marcoreis@fieb.org.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de modelagem e controle para o sistema de manipulação de um robô de inspeção em linhas de alta tensão desenvolvido no SENAI-CIMATEC. A partir de ensaios experimentais e com o auxílio do software MATLAB foi desenvolvido uma estratégia de controle em cascata para o sistema em questão.

1. INTRODUÇÃO

Em frente ao dever de realizar o crescimento sustentável da sociedade, a automação e a robótica realizou o desenvolvimento e aumentou a eficiência dos processos industriais, no entanto, o mercado passou a exigir maior diversificação e menor tempo de desenvolvimento dos produtos, tornando a exigir maiores evoluções da automação e robótica [3].

Diante dessas necessidades de diversificação exigida pelo mercado mundial, algumas empresas e centros de pesquisa encontram-se com a aspiração de desenvolver novos produtos com nível de inovação e diversificação não encontrado no mercado. Este é caso do atual do SENAI - CIMATEC, que em seu Instituto Brasileiro de Robótica desenvolve um robô inovador para inspeção em linhas de transmissão de energia elétrica com alta tensão.

Além da utilização do robô em um campo de atuação a qual exige alta repetitividade e precisão, este produto proporcionará a segurança, visto que o profissional que realiza a inspeção das linhas de transmissão com alta tensão está exposto a um alto grau de periculosidade.

O presente trabalho apresenta a modelagem e o controle da unidade de manipulação deste robô, visto que este necessita de alta precisão em seus movimentos, dado que a intercorrência de falha poderia causar acidentes.

2. MODELAGEM DE SISTEMA DINÂMICOS

Em função da necessidade de realizar o projeto do controlador do sistema de manipulação do robô IRoS, uma atividade preliminar muito importante é a modelagem matemática da dinâmica do sistema.

Por se tratar de um sistema eletro-mecânico, o robô IRoS necessita de modelagens matemáticas que identifique seus sistemas mecânicos e eletrônicos. Utiliza-se então a segunda lei de Newton (identificação mecânica) e as leis das correntes e das tensões de Kirchhoff (identificação eletrônica) para modelar o sistema.

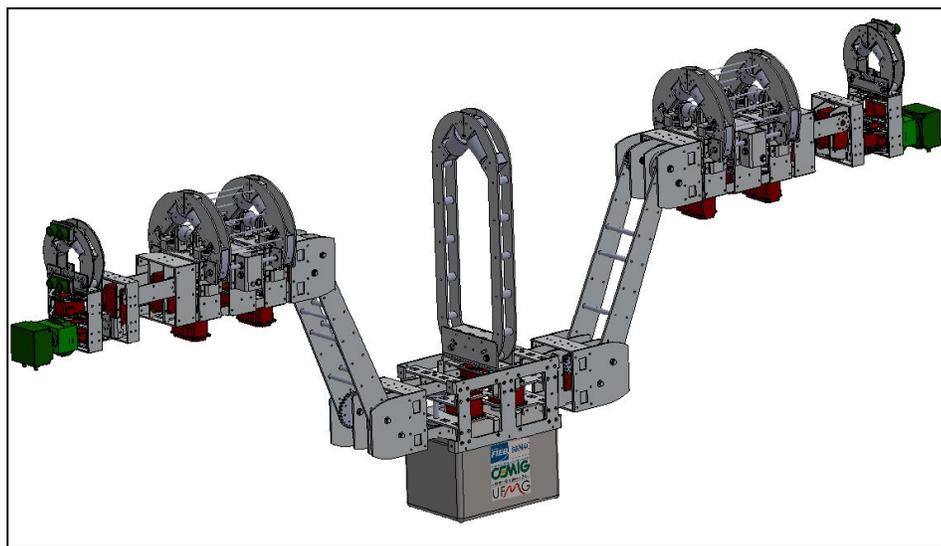


Figura 1 – Robô IRoS.

Segundo [1]: "Em controle de processos, o degrau é a resposta transiente mais usada para identificação de processos". Isto ocorre pois o degrau é o tipo de distúrbio mais fácil de ser gerado manualmente.

2.1. MODELAGEM POR RESPOSTA AO DEGRAU

Segundo [2], são recomendadas as seguintes etapas para realizar a identificação e modelagem de um sistema:

- **Experimento ou Aquisição de dados:** Tem o objetivo de maximizar o volume das informações coletadas, dentro dos limites impostos pelo processo. Durante esta etapa o período de amostragem dos sensores devem ser suficientemente pequenos para que não ocorra perda de informação;
- **Seleção da estrutura do modelo:** Consiste em selecionar a ordem do modelo de forma que não seja simples o bastante para que não tenha dinâmicas não modeladas, mas também que não seja muito complexo dificultando realizar ações de controle;

- 
- **Estimação dos parâmetros:** Deve-se procurar estimar os parâmetros desconhecidos do modelo selecionado. A escolha dos parâmetros depende da estrutura do modelo selecionado bem como das propriedades das informações coletadas;
 - **Validação do modelo:** O método de validação depende das propriedades desejadas do modelo. Normalmente precisão e extrapolação são desejadas. A simulação será uma ferramenta muito útil para validação do modelo, análise de estabilidade e efeitos de pólos e zeros.

2.2. MODELO A DOIS PARÂMETROS

É muito importante que o engenheiro de controle saiba regular uma conciliação entre a simplicidade do modelo e a precisão dos resultados da análise, pois a etapa mais importante na realização de sistemas de controle é a construção de modelos matemáticos [4].

O objetivo de encontrar o modelo dos sistemas dinâmicos é escolher os melhores parâmetros do controlador, de forma que a malha de controle execute bem o controle da variável do processo. A escolha dos melhores parâmetros do controlador pode ser escolhida de duas formas diferentes. O primeiro método seria escolhendo alguns parâmetros, observando o comportamento do sistema e posteriormente ajustando-se os parâmetros até que o sistema apresente o comportamento desejado. O segundo método seria o desenvolvimento do modelo matemático que descreve o comportamento do sistema, e posteriormente, utilizar-se-ia técnicas de controle para escolher os parâmetros do controlador [1].

O modelo a dois parâmetros é a mais simples representação de um sistema, no entanto, após algumas aproximações, diversos sistemas como: sistemas térmicos, nível, manipuladores robóticos, podem ser representados por este modelo.

Sendo o parâmetro de ganho (K) e o parâmetro da constante de tempo do sistema (τ). A depender da complexidade, este modelo pode representar de forma satisfatória o processo. O modelo a dois parâmetros pode ser representado pela equação [1]:

$$G(s) = K / (1 + \tau s) \quad 2.1$$

A resposta do processo, representado pela equação 3.1, à entrada degrau pode ser observado na figura 1.

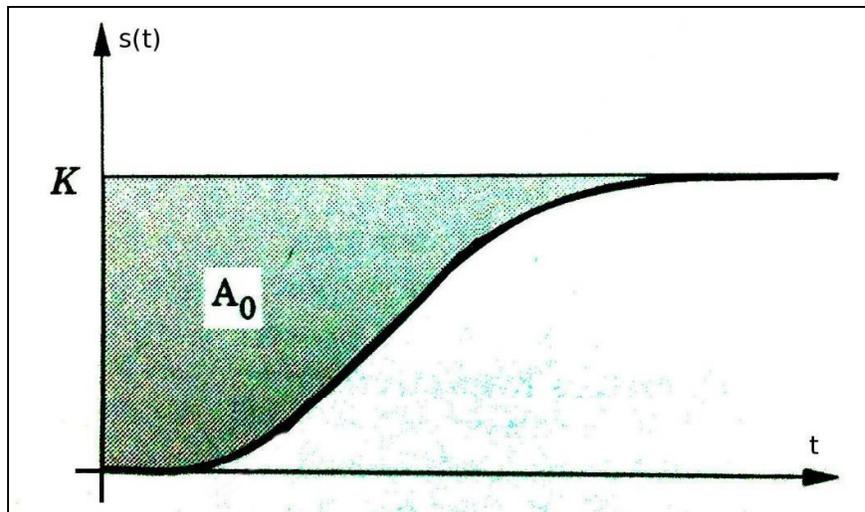


Figura 2 - Gráfico da resposta característica de um processo representado pela equação 3.1 [1].

Sendo que:

- $K = s(\infty)$;
- A_0 representa a integral (área sob o ganho K e sobre a curva);
- $\tau = A_0 / K$;

3. RESULTADOS

A fim de projetar o sistema de controle de posição do robô, realizou-se a modelagem e o controle de velocidade do servomotor Dynamixel MX-106R. Em cascata com este motor existe o controle de posição das juntas, formando assim o sistema de manipulação do robô IRoS. A seguir pode-se observar mais detalhes sobre o servomotor Dynamixel MX-106R, sua modelagem e seu controle de velocidade. Posteriormente exibe maiores particularidades sobre a modelagem e desenvolvimento do sistema de controle de posição das juntas do robô.

3.1.MOTOR DYNAMIXEL MX-106R

O servomotor Dynamixel MX-106R foi selecionado para realizar o movimento das juntas do robô através de uma criteriosa análise. Levou-se em consideração nesta análise: a massa, os requisitos de torque necessário, a dimensão, a tensão de alimentação e a velocidade.

Os ensaios experimentais para obtenção de modelos devem ser repetidos variando a amplitude do sinal de entrada e as condições de operação. Visando atender esta recomendação, os seguintes parâmetros foram modificados a cada experimento, buscando-se também verificar a linearidade entre as diferentes regiões de operação do servomotor.

A partir das figuras 2 e 3 pode-se observar o ensaio realizado e o modelo levantado para o dynamixel MX-106R.

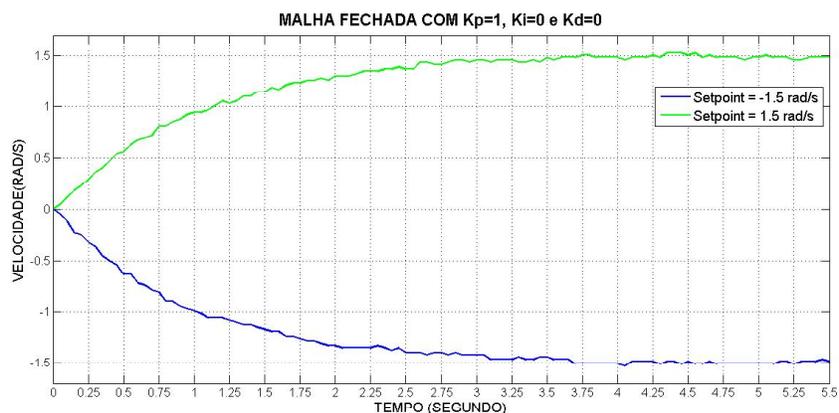


Figura 2 – Ensaio Experimental 1: Motor Dynamixel MX-106R

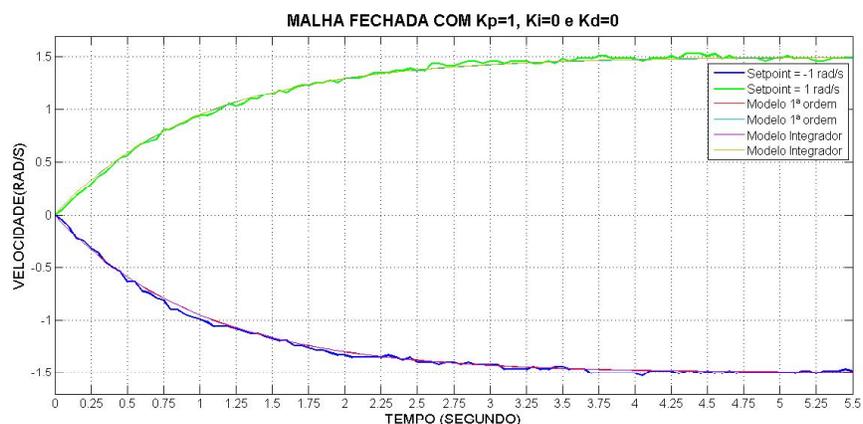


Figura 3 – Comparação entre Simulação e Ensaio Experimental 1: Motor Dynamixel MX-106R

A partir dos ensaios realizados, observa-se que uma EDO de 1ª ordem é suficiente para descrever o movimento deste motor, visto que seu comportamento segue a posição prevista pela função de transferência de 1ª ordem.

Uma vez que calculou-se a transformada de Laplace da equação que representa o modelo dinâmico do motor Dynamixel MX-106R, possibilitou a realização do projeto do controlador PID deste motor.

3.2.ROBÔ

O Robô IROS, feito pela SENAI-CIMATEC em parceria com a CEMIG, deverá inspecionar linhas de transmissão. Para realizar esta atividade os movimentos de suas juntas devem ser precisos, de forma que a posição final de cada uma dessas juntas seja a

posição de referência do controlador. Dessa forma projetou-se um controlador PID com o objetivo de seguir o setpoint de referência.

Com o propósito de obter o modelo matemático do robô, realizou-se uma série de ensaios experimentais. Os ensaios tem a finalidade de auxiliar na modelagem matemática e em obter a transformada de Laplace da relação entre os sinais de saída e entrada do robô. Dessa forma, pode-se conseguir a função de transferência e posteriormente aplicar ações de controle PID no sistema.

A partir das figuras 4 e 5 pode-se observar o ensaio realizado e o modelo levantado para o dynamixel MX-106R.

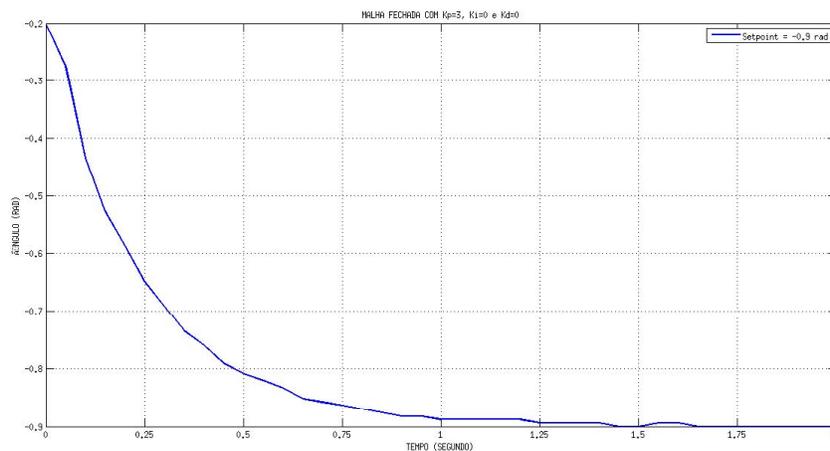


Figura 4 – Ensaio Experimental Robô 1: Junta Robótica IRoS

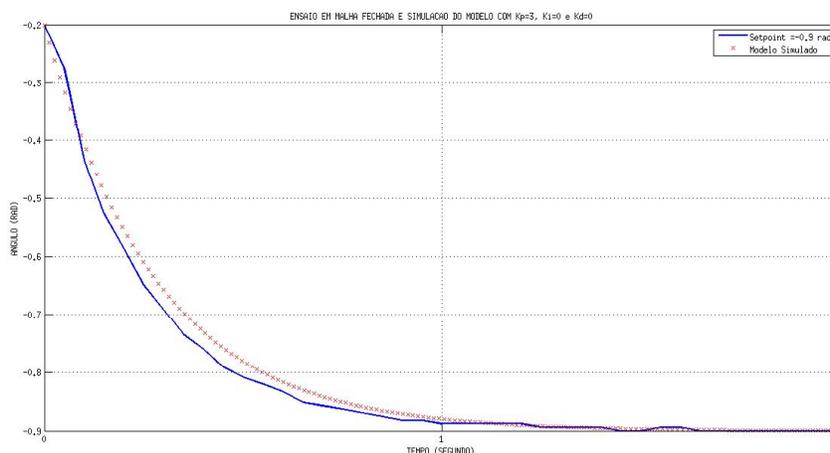


Figura 5 – Comparação entre Simulação e Ensaio Experimental Robô 1: Junta Robótica IRoS

4. CONCLUSÃO



Foi possível verificar que os modelos encontrados, tanto para a malha interna quando para a malha externa do sistema apresentaram desempenho satisfatório, logo as funções de transferências calculadas, quando submetidas às mesmas condições de teste, apresentavam saída semelhante aos experimentos. Desta forma, segundo as simulações apresentadas, todos os movimentos seguem o setpoint do controlador.

Apesar do bom desempenho encontrado nos teste com os modelos encontrados, sabe-se que existe algumas desvantagens em técnicas de modelagem offline dos robôs, pois a alteração da lubrificação, peso ou algumas outras características podem modificar o sistema e conseqüentemente o seu modelo. Logo, temos como trabalho futuro, a realização de um sistema de modelagem online do Robô IRoS.

5. REFERÊNCIAS

¹ ASTROM, K. J.; HAGGLUND, T. PID Controllers: Theory, Design, and Tuning. [S.l.]: Research Triangle Park, 1995.

² IKONEN, E.; KADDOUR, N. ADVANCED PROCESS IDENTIFICATION AND CONTROL. [S.l.]: Marcel Dekker, 2002.

³ ROSÁRIO, J. M. Princípios de mecânica. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2006.

⁴ OGATA, K.; MAYA, P. Á.; LEONARDI, F. Engenharia de Controle Moderno. [S.l.]: Prentice Hall, 2003
OSÁRIO, J. M. Princípios de mecânica. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2006.