

## Análise Comparativa de Técnicas de Controle de Manipuladores

**Breno Rezende Teixeira<sup>1</sup> e Geraldo Edson Rios Junior<sup>2</sup>**

Universidade Federal de São João Del-Rei-UFSJ,  
Laboratório de Sistemas Dinâmicos – LASID  
Departamento de Mecânica - DEMEC  
CEP 36307-352, São João Del-Rei, MG, Brasil  
<sup>1</sup>rezendebt@yahoo.com.br, <sup>2</sup>riosnim@bol.com.br

**Evaldo Khater**

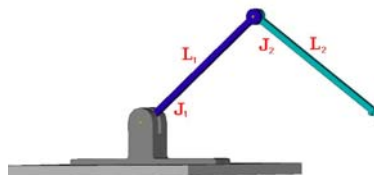
Universidade Federal de São João Del-Rei-UFSJ,  
Laboratório de Sistemas Dinâmicos – LASID  
Departamento de Mecânica - DEMEC  
CEP 36307-352, São João Del-Rei, MG, Brasil  
Khater@ufs.edu.br

Os robôs são utilizados largamente na engenharia de modo a cumprir funções diversas como montagem de equipamentos manipulação de materiais etc. Tais funções exigem certo grau de precisão e controle. Para que tal grau de precisão seja atingido é necessário utilizar formas de controle de modo que o sistema se estabilize.

Este trabalho se refere a técnicas de controle aplicadas a manipuladores. Propõe-se estabelecer a ação de controle de um manipulador (robô) utilizando duas alternativas:

Controlador PID e o controlador regulador linear quadrático (LQR), que tem como objetivo otimizar os sistemas de controle que engloba uma seleção de índices de desempenho e de um projeto que fornece o sistema de controle ótimo dentro de limites impostos por condições limitantes de ordem física, sendo este mais robusto que o anterior.

**Metodologia:** Foram feitas a modelagem matemática e simulação da ação de controle do seguinte manipulador, que é o sistema a ser controlado de acordo com a figura:



Modelo do Manipulador

O controlador PID é a junção de três ações de controle, proporcional, integral e derivativa. Essas três ações podem ser representadas por:

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Considerando o problema de controle ótimo baseado em índices de desempenho quadráticos fica determinada a lei de controle, isto é, determinar o vetor de controle ótimo  $\mathbf{u}(t)$  para um sistema descrito por

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu}$$

e o índice de desempenho dado por:

$$\mathbf{J} = \int_0^{\infty} (\mathbf{x}^T \mathbf{Qx} + \mathbf{u}^T \mathbf{Ru}) dt$$

**Resultados e Conclusões:** No que diz respeito aos métodos de controle utilizados, ficou evidente que o controlador LQR tem um melhor desempenho do que o PID. Constatando-se também que o número de oscilações, bem como, as amplitudes do deslocamento angular é menor para o controlador LQR. Desta forma, com os resultados obtidos, o sistema adquire a estabilidade, em tempos aproximadamente iguais, porém, com menos oscilações e menos amplitudes.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Dorf, R. C., Bishop, R. H. *Modern Control Systems*. Addison- Wesley, Inc., 1995, 807 p.
- [2] Groover, M. P., Weiss, M., Nagel, R. N., Odrey, N. G. *Robótica: tecnologia e programação*, Mc Graw-Hill, 1988, 401p.
- [3] Inman, D. J. *Engineering Vibration*. New Jersey; Prentice-Hall, Inc., 1996.
- [4] Khater, E., *Controle de Vibração Torcional em Sistemas Rotativos Usando Redes Neurais Multicamadas*. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 1998.137 p. Tese (Doutorado).
- [5] Kuo, B. C. *Automatic Control Systems*. New Jersey; Prentice-Hall, Inc., 1995, 897 p.
- [6] Leonard, N. E, Levine W. S. *Using MATLAB to Analyze and Design Control Systems* California, Addison-Wesley Publishing Company.
- [7] Lima, P. F. R. “Projeto de um robô manipulador”, X Seminário de Iniciação Científica (X SIC), São João Del-Rei, MG, 2002.
- [8] Ogata, K. *Modern Control Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1997, 997p.
- [9] Shigley, J. E. *Theory of Machines and Mechanisms*, Mc Graw-Hill, 1995, 719p.
- [10] Thomson, T. W. *Teoria da Vibração com aplicações*. Ed. Interciência, 1978. 462 p.