



Instituto Politécnico, Nova Friburgo
August 30th - September 3rd, 2004

Paper CRE04 – AC06

Posicionamento Ótimo de Sensores/Atuadores Piezelétricos Utilizando Normas de Sistemas

Douglas Domingues Bueno¹, Samuel da Silva² e Vicente Lopes Junior³

Faculdade de Engenharia, Feis, Universidade do Estado de São Paulo, UNESP
CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil

¹ddbueno@dem.feis.unesp.br, ²samuel@dem.feis.unesp.br, ³vicente@dem.feis.unesp

Agradecimentos à Fapesp – processo 03/13292-8

Devido às exigências da sociedade, diversas classes de engenheiros e pesquisadores vêm trabalhando para aumentar o conforto e diminuir custos operacionais dos serviços, sendo assim, sistemas e estruturas mecânicas estão em constantes mudanças. Estas mudanças procuram aumentar a eficiência, minimizar gastos com combustíveis e transporte além da economia de material. Em particular, o controle de vibrações estruturais, através de técnicas ativas, tem atraído a atenção de grande parte dos estudiosos uma vez que tais vibrações podem comprometer o desempenho de máquinas e estruturas.

Para o controle de vibrações mecânicas, principalmente quando há um grande número de posições candidatas, o problema do posicionamento de sensores e atuadores talvez mereça a maior atenção. Este posicionamento pode definir a eficiência do controle, pois, em função da posição onde são colocados, os atuadores podem comprometer a controlabilidade do sistema, ou exigir altos níveis de energia para se obter o resultado esperado. De outro lado, se posicionados em localizações ótimas, o número de atuadores e sensores necessário pode ser reduzido, diminuindo assim o custo de instrumentação, do processamento de sinais e da energia necessária para o controle da estrutura.

O problema de localização ótima de atuadores e sensores para o controle ativo de vibrações pode ser estudado usando diferentes métodos de otimização e função objetivo. Alguns autores utilizaram uma metodologia conhecida como otimização discreto-contínua. Nesta metodologia o problema é dividido em dois laços de otimização: um externo correspondendo à posição do atuador, sendo caracterizado por um problema de otimização discreta e um laço interno correspondendo à otimização do controlador, [1]. Outros autores estudaram otimização discreta utilizando algoritmos genéticos (AG) como ferramenta, [2].

Sendo assim, a proposta deste trabalho é posicionar um atuador e dois sensores piezelétricos utilizando normas de sistemas como critério de desempenho. O posicionamento ótimo de dois sensores e um atuador foi obtido através da seguinte metodologia: análise dinâmica da estrutura real; escolha do modelo analítico de segunda ordem e truncamento; cálculo das normas H_∞ e H_2 variando a posição do atuador e dos sensores; aplicação de um controlador LQR (Regulador Linear Quadrático) e comparação dos resultados obtidos através de cada uma das normas. O modelo analítico foi escrito na forma de espaço de estados.

O controlador LQR foi projetado para comparação dos resultados obtidos através do cálculo das normas. A meta do projeto é encontrar uma matriz de ganho G de modo que um índice de desempenho de vibrações seja minimizado. A solução deste problema de otimização é baseada no Teorema principal de Lyapunov. Para avaliação da metodologia empregada, foi simulado uma aplicação numérica em uma estrutura do tipo treliça plana mostrada na figura 1.

O maior valor para as normas H_2 e H_∞ foi obtido para o atuador posicionado na barra localizada entre os nós 2 e 4 mostrados na figura 1 e os sensores nos nós 7 e 11 na direção y e 11 e 13 na direção x, respectivamente. O gráfico da figura 2 mostra os valores das normas para cada uma das 7728 configurações candidatas. Cada configuração corresponde a uma posição do atuador e uma posição para cada um dos dois sensores utilizados. A partir da análise dos gráficos das figuras 3 e 4 é possível verificar a eficiência do controle de vibrações no tempo e frequência. É importante ressaltar que o posicionamento dos sensores é necessário para o cálculo do observador, ou seja, para um estimador de estados, que não foi projetado neste trabalho.

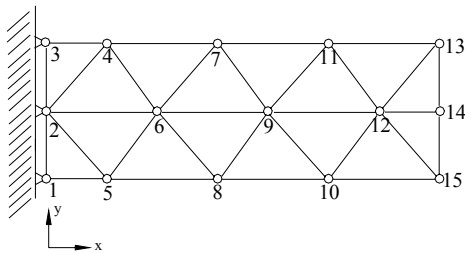


Figura 1 – Treliça plana simulada.

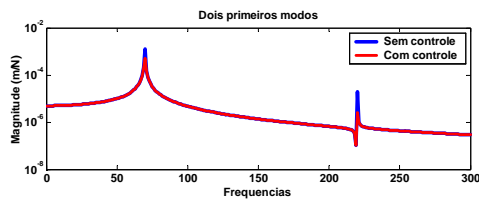


Figura 3 – FRF – Com e sem controle.

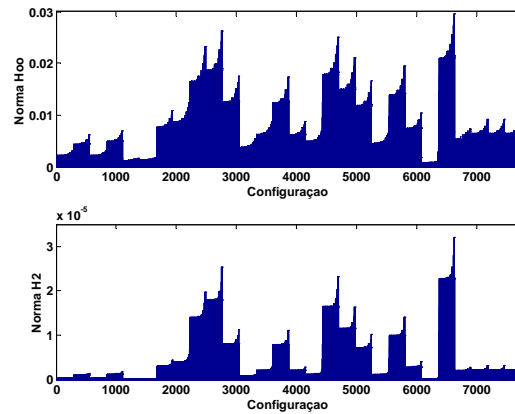


Figura 2 – Valores das normas H_∞ e H_2 .

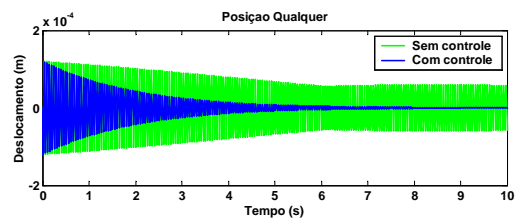
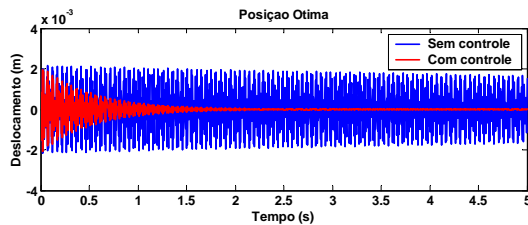


Figura 4 – Análise no domínio do tempo para diferentes posições do conjunto atuador/sensores.

REFERÊNCIAS

- [1] Lopes Jr., V., Steffen JR, V., Inman, D. J. "Optimal placement of piezoelectric sensor/actuators for smart structures vibration control" In: *Dynamical Systems and Control* ed.London : Taylor & Francis Books Ltd, 2003.
- [2] Silva, S., Lopes Jr., V., 2002, "Técnicas de Controle Ótimo para Supressão de Vibração Utilizando Sensores e Atuadores Piezelétricos", *II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica - CONEM 2002, João Pessoa – PB.*