

REDUÇÃO DE VIBRAÇÕES EM ESTRUTURAS INTELIGENTES ATRAVÉS DE ALGORITMOS GENÉTICOS

S. Silva e V. Lopes Jr.

Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira,
Universidade Estadual Paulista-UNESP, Av. Brasil n.º 56, Centro, Ilha Solteira – SP,
CEP.: 15385-000.

Palavras chaves: Algoritmos Genéticos, Controle de Vibrações e Estruturas Inteligentes.

RESUMO

A determinação da localização e do número de sensores e atuadores piezelétricos (PSA) para se realizar controle ativo de vibrações é um passo extremamente importante no projeto. Esta etapa afeta de forma decisiva o próprio controle. Diversos autores estudaram o problema de localização ótima de PSA no controle ativo de estruturas usando diferentes métodos de otimização. Lopes Jr. et al (2000) estudaram otimização discreta utilizando como ferramenta algoritmos genéticos (AG's). Kirby III et al. (1994) e Rao et al. (1991) usaram AG's para solucionar o problema do tamanho e a localização ótima de PSA no controle de multivariáveis. Por outro lado, Gabbert et al. (1997) apresentaram uma técnica baseada nos métodos clássicos para determinar o posicionamento de PSA em estruturas inteligentes por otimização discreta-contínua.

O propósito deste trabalho foi realizar um estudo da localização ótima de PSA em estruturas utilizando AG's. Como proposta utilizou-se uma viga com 500 mm de comprimento, discretizada pelo método dos elementos finitos (FEM) em 20 elementos iguais. O tamanho dos PSAs foram restringidos ao tamanho do elemento estrutural definido pelo programa FEM. A equação final do movimento para um sistema com acoplamento eletromecânico pode ser obtida através da formulação modificada de Hamilton, Lopes Jr. et al (2000).

$$\begin{bmatrix} [M_{uu}] & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\ddot{u}\} \\ \{\phi\} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} [K_{uu}] & [K_{u\phi}] \\ [K_{\phi u}] & [K_{\phi\phi}] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{u\} \\ \{\phi\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F\} \\ \{Q\} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

Sendo $[M_{uu}]$ a matriz de massa da parte estrutural do sistema, $[K_{uu}]$ a matriz de rigidez estrutural do sistema, $[K_{u\phi}]$ a matriz de rigidez do acoplamento eletromecânico, $[K_{\phi u}] = [K_{u\phi}]^T$, $[K_{\phi\phi}]$ a matriz de capacitância piezoelétrica, $\{u\}$ o vetor de deslocamento, $\{\phi\}$ o potencial elétrico no PSA, $\{F\}$ o vetor de força e $\{Q\}$ a carga elétrica na face do PSA. Este trabalho utiliza os controladores proporcionais derivativos (PD), o qual a lei de controle pode ser dada pela Eq. (2), conforme Lopes Jr. et al. (2000).

$$\{\phi\} = [G_p] \{u_s\} + [G_D] \{\dot{u}_s\} \quad (2)$$

Sendo $\{u_s\}$ o vetor posição nos elementos onde há PSA e $[G_p]$ e $[G_D]$ as matrizes de ganho do controlador proporcional e derivativo, respectivamente. Substituindo a Eq. (2) na primeira parte da Eq. (1) pode-se obter, considerando amortecimento proporcional, a equação geral do movimento, conforme a Eq. (3).

$$[M_{uu}] \{\ddot{u}\} + [D^*] \{\dot{u}\} + [K^*] \{u\} = \{F\} \quad (3)$$

Sendo:

$$\begin{aligned} [D^*] &= ([D] + [K_{u\phi}][G_D][T_S]) \\ [K^*] &= ([K_{uu}] + [K_{u\phi}][G_P][T_S]) \end{aligned} \quad (4)$$

$[D]$ é a matriz proporcional de amortecimento e $[T_S]$, a matriz de distribuição de PSA. Portanto as variáveis a serem otimizadas no problema proposto são as matrizes $[G_P]$ e $[G_D]$ e a matriz $[T_S]$, usando programação seqüencial quadrática (SQP) e AG's respectivamente; no entanto este trabalho dá um maior enfoque na otimização de $[T_S]$. A equação (3) é resolvida neste trabalho usando o método numérico de Newmark, (Bathe, 1976). Com isto consegue-se obter os gráficos de deslocamento, velocidade, aceleração e inúmeras outras informações do sistema.

Foram utilizados os seguintes parâmetros genéticos nas simulações realizadas: População Inicial: gerada aleatoriamente, contendo 80 cromossomos; Genes: (0)-não há PSA, (1)-há PSA; Tamanho dos Cromossomos: 10 genes, contendo no máximo 5 genes com valor (1); Tipo de Seleção: torneio, com 3 participantes por rodada; Tipo de Cruzamento: simples, com um ponto de corte gerado aleatoriamente; Taxa de Cruzamento: 0,8; Tipo de Mutação: Simples; Taxa de Mutação: 0,085 e Número de Gerações: 20, (Silva, 2001).

As figuras (1) e (2) mostram algumas respostas gráficas obtidas na simulação do sistema proposto. Foram simulados dois casos interdependentes considerando uma viga engastada e livre. Observa-se que a melhora no desempenho quando se trabalha com ganho otimizado é bem maior do que com ganho fixo, portanto o ideal é se trabalhar com os dois laços juntos (caso (A), para encontrar a melhor distribuição de PSA e caso (B), para encontrar o melhor ganho); A proposta de solução do caso (A) utilizando as rotinas computacionais de AG implementadas se mostra valida e eficiente, por trabalhar diretamente com a codificação binária e mostrar uma clara tendência de evolução e aleatoriedade, típicas de um AG padrão. Porém o caso (B) ainda necessita de maiores ajustes, pois existem posições de PSA que não conseguem obter um ganho ótimo, além do tempo computacional ser extremamente longo quando se trabalha com os dois laços em paralelo. Sugere-se a implementação de outra lei de controle, ou reformulação da estratégia de cálculo dos ganhos. A partir destas mudanças e do maior desenvolvimento da estratégia seguida é possível estender esta metodologia para outras estruturas, como placas, treliças ou cascas, criando soluções para sistemas mecânicos práticos e soluções para outros problemas de otimização como definição da melhor forma e tamanho de PSA a serem alocados em estruturas.

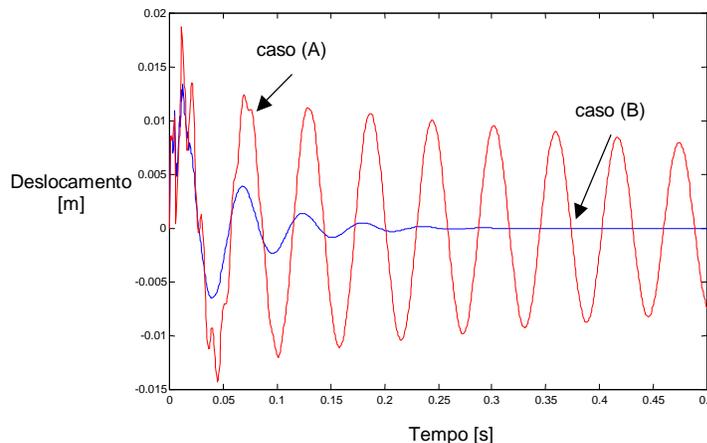


Figura 1. Deslocamento no tempo do nó 21. Caso (A) com ganho fixo, otimizando apenas a posição de PSA e Caso (B) com ganho e posição otimizada, utilizando SQP e AG's.

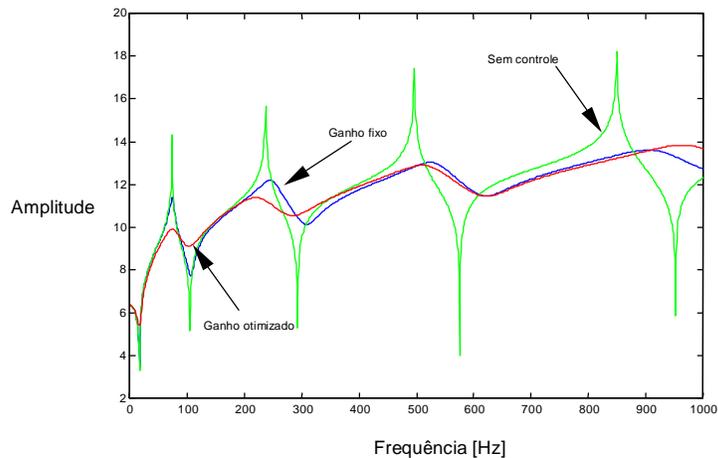


Figura 2. FRF do nó 21, mostrando as configurações sem controle, com controle com ganho fixo e com controle com ganho otimizado.

Agradecimentos: Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bathe, K.J. and Wilson, E.L., 1976, “Numerical Methods in Finite Elements Analysis”, Prentice-Hall, Inc.
- Gabbert, U., Schultz, I. And Weber, C.T, “Actuator Placement in Smart Structures by Discrete-Continuous Optimization”, ASME Design Eng. Tech. Conferences, Sept., Sacramento, Ca, USA, 1997.
- Kirb III, G.C., Matic, P. And Lindner, D.K., “Optimal Actuator Size and Location Using Genetic Algorithms for Multivariable Control”, AD-Vol. 45/MD-Vol. 54, Adaptive Structures and Composite Materials: Analysis and Application, ASME, pp. 325-335, 1994.
- Lopes Jr., V., Steffen Jr. V., and Inman, D. J. “Optimal Design of Smart Structures Using Bonded Piezoelectric for Vibration Control”, in ISMA 25 – International Conference on Noise and Vibration Engineering, Leuven, Belgium – Sep. 2000.
- Rao, S.S., Pan, T.S., Venkayya, V.B., “Optimal Placement of Actuators in Actively Controlled Structures Using Genetic Algorithms”, AIAA Journal, 29(6):942-943. 1991.
- Silva, S., “Localização Ótima de Sensores e Atuadores Piezelétricos Utilizando Algoritmos Genéticos”, Relatório Final de Processo FAPESP n. ° 00/12389-0, 2001.