

MODELAGEM COMPUTACIONAL DE ESTRUTURAS CONTENDO SENSORES E ATUADORES PIEZELÉTRICOS

Manoel Martins Vasconcelos Netto, Vergílio Torezan Silingardi Del Claro, Domingos Alves Rade
UFU, Universidade Federal Uberlândia, Curso de Engenharia Mecânica e Mecatrônica
Campus Santa-Mônica – Santa-Mônica - CEP 38401-136 - Uberlândia – Minas Gerais
E-mail para correspondência: vergiliotorezan@gmail.com ou manoel_mecatronica@yahoo.com.br

Introdução

Este trabalho tem como objetivo a implementação e avaliação, através de simulações numéricas, de procedimentos de modelagem de estruturas elásticas dotadas de transdutores piezoeletricos para fins de controle ativo e passivo de vibrações. O estudo também visa a integração das diversas técnicas de modelagem de estruturas desenvolvidas no LMEst (Laboratório de Mecânica de Estruturas, Prof. José Eduardo Tannús Reis, da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia) em uma plataforma computacional desenvolvida em ambiente MATLAB® denominada *GetSmart!*. Esta plataforma será importante para a difusão destas técnicas na UFU e em outras universidades, e também para a popularização da tecnologia de materiais e estruturas inteligentes na sociedade, de forma geral, em conformidade com os objetivos do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Estruturas Inteligentes em Engenharia (INCT-EIE), sediado pelo LMEst.

Metodologia

O trabalho de pesquisa é dividido em duas partes distintas: modelagem de placas e modelagem de vigas, em ambos os casos empregando o Método dos Elementos Finitos (MEF). A modelagem de vigas é baseada na teoria descrita por Lima Jr. (1999). Neste modelo, a viga é prismática, reta e homogênea, exibindo comportamento elástico, sendo seu comprimento muito maior que as outras duas dimensões. O ângulo de rotação é pequeno e os efeitos do coeficiente de Poisson e da energia cinética associada à rotação das seções transversais são desprezados. A análise da placa é feita pela teoria usada por Faria (2006). Ela considera materiais compostos laminados ortotrópicos com diferentes orientações e espessuras para cada camada. A análise é feita através de uma integração no sentido perpendicular à placa, obtendo-se uma camada única com propriedades equivalentes à das lâminas sobrepostas. Está sendo implementada a modelagem de pastilhas piezoeletricas em circuitos abertos e circuitos *shunt*, no modelo de placa, conforme descrito por Faria (2006) e De Marqui *et al.* (2009). Para tanto, é considerado que um ou mais elementos da placa dispõem de camadas piezoeletricas, que podem atuar como sensores ou como atuadores ou ainda permitem geração de energia. Esta modelagem tem o intuito de calcular a potência gerada pelo circuito para cada frequência de vibração da placa, atenuando a amplitude de vibração e absorvendo grande parte da energia mecânica da mesma. Tanto o projeto de viga como o de placa possuem uma interface gráfica, criada com auxílio de “Graphical User Interfaces” (GUIs). É feita uma transferência de dados do programa que modela a estrutura mecânica para o programa da interface, permitindo que se façam modificações nos parâmetros de entrada do programa de um modo mais simples e também que se analise a resposta de modo interativo e claro. Isto torna o programa mais amigável, como é mostrado nas Fig.1 e 2, pois as GUIs ‘interagem’ com o usuário, orientando suas ações, sendo um recurso de uso intuitivo, se assemelhando muito aos *softwares* comerciais modernos.

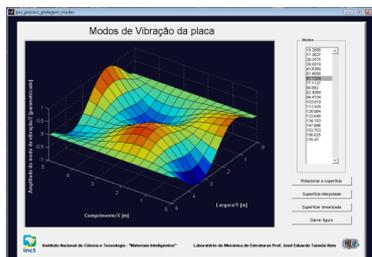


Figura 1 – Placa bi engastada exibida em GUI.

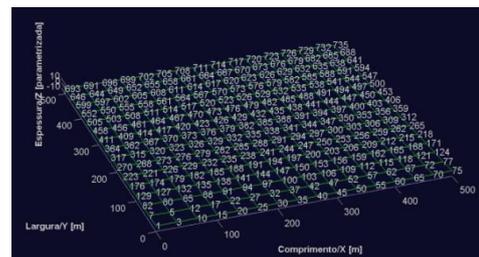


Figura 2 – Placa discretizada pelo MEF exibida em GUI

Resultados

Para ilustração, primeiramente foi realizada uma análise numérica de uma viga engastada-livre de 300 mm de comprimento, 25 mm de largura e 40 mm de espessura. O material que forma a viga tem módulo de elasticidade $7,1 \times 10^{10}$ Pa e densidade $2,8 \times 10^3$ kg/m³. O método numérico utilizado foi o Método de Elementos Finitos, sendo que a viga foi discretizada em 5 elementos. Um par de sensores piezelétricos recobre o primeiro elemento. Uma força estática vertical de 5 N foi aplicada na extremidade livre. O valor lido pelos sensores na simulação foi 53,9 V. A Fig. 3 mostra o deslocamento vertical dos nós da viga deformada.

Num exemplo da análise de placa considera-se uma estrutura com dimensões iguais a 500 mm de comprimento, 500 mm de largura e 1 mm de espessura, composta de alumínio, com duas laterais opostas engastadas e as duas outras livres. Foi usada uma malha de 15x15 elementos, cada um com 8 nós. Na análise modal foram obtidos os 25 primeiros modos de vibração da placa. Subsequentemente, definiu-se a banda de frequências da análise harmônica, que no exemplo é de 0 a 250 Hz, obtendo-se as amplitude de vibração em função da frequência num nó escolhido arbitrariamente, como ilustrado pela Fig. 4.

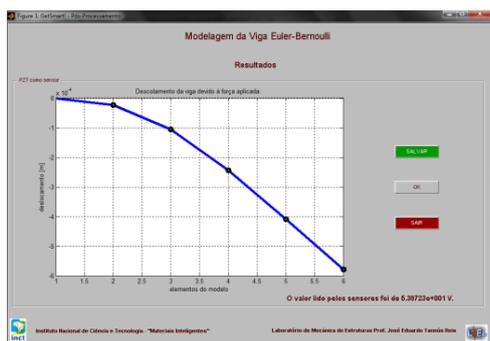


Figura 3 - Deslocamento de cada nó da viga

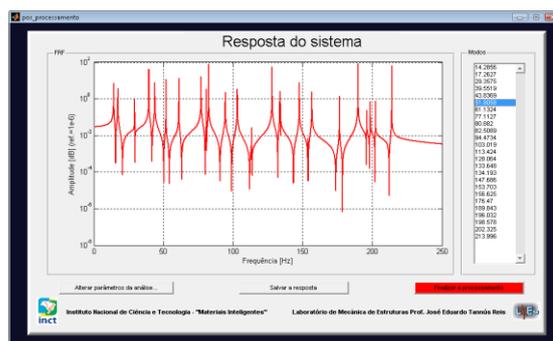


Figura 4 - Frequência de resposta de placa

Considerações Finais

Os resultados obtidos até o presente momento mostram que os métodos numéricos implementados em MATLAB® bem como a teoria dos cálculos da viga Euler-Bernoulli e da análise estática e harmônica da placa são coerentes com os valores encontrados na literatura. A nova modelagem de placa com cerâmicas piezelétricas acopladas também gerou a resposta esperada. Porém, para garantir a confiabilidade dos modelos e procedimentos adotados neste estudo, planeja-se realizar experimentos de validação de modelos e otimizar o funcionamento dos algoritmos utilizados.

Quanto à plataforma computacional *GetSmart!*, o que já foi codificado está de acordo com o que se propôs. Desenvolveu-se um *software* de fácil utilização, simples e padronizado, que permite a aplicação cômoda de teorias e análises complexas. A plataforma *GetSmart!* continuará sendo ampliada, com mais técnicas e métodos, como o de geração de energia utilizando PZTs.

Agradecimentos

Agradecemos às nossas famílias pelo apoio, ao Prof. Domingos Alves Rade pela orientação e à FAPEMIG e ao CNPQ pelo financiamento do projeto.

Referências Bibliográficas

- Santos, S. P., “Dinâmica e Controle de Vibrações de Uma Viga Tipo Euler-Bernoulli Bi Apoiada”, Dissertação de Mestrado, ITA-Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos-SP, 115p., 2003.
- Orlando, R., “Dispositivos de Interface – Um estudo sobre tecnologias de informação”, Dissertação de Doutorado, USP-Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 281p., 2006.
- Lima Jr., J. J., “Modelagem de Sensores e Atuadores Piezelétricos com Aplicação em Controle Ativo de Estruturas”, Dissertação de Mestrado, UNICAMP-Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 209p., 1999.
- Faria, A. W., “Modelagem por elementos finitos de placas compostas dotadas de sensores e atuadores piezoelétricos: implementação computacional e avaliação numérica”, Dissertação de Mestrado, UFU-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 152p., 2006.
- De Marqui, C., Erturk, A., Inman, D. J., “Piezo-aero-elastic modeling and analysis of a generator wing”, *Smart Materials and Structures*, in review, 2009.