

MODELO ELETROMECAÂNICO POR ELEMENTOS FINITOS PARA GERAÇÃO PIEZOELÉTRICA DE ENERGIA

Saulo Francelino Tristão, Carlos De Marqui Junior

USP, Universidade de São Paulo, Curso de Engenharia Aeronáutica
Escola de Engenharia de São Carlos - Centro - CEP 13566-590–São Carlos–São Paulo
E-mail para correspondência: tristao.saulo@gmail.com

Introdução

O interesse na conversão de energia de vibração disponível no ambiente em energia elétrica tem crescido nos últimos anos (Beeby *et al.* 2006). O conceito de geração de energia (*energyharvesting*) é particularmente útil para sistemas remotamente operados e com fontes limitadas de energia. Estes geradores têm sido estudados como alternativas eficientes e de baixo custo para se gerar energia. Pesquisadores têm proposto modelos para se representar o comportamento eletromecânico de geradores piezoelétricos. Um modelo confiável pode permitir o estudo de diferentes aspectos da geração de energia, como a previsão e a maximização das saídas elétricas para entradas conhecidas com a otimização da estrutura, da distribuição de piezoelétricos ou do circuito gerador. Encontram-se na literatura modelos em elementos finitos (EF) utilizando elementos piezoelétricos para sensoriamento e atuação. Neste trabalho apresenta-se um modelo EF para o problema de geração piezoelétrica de energia utilizando um gerador multicamadas.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é investigar o comportamento eletromecânico de um gerador piezoelétrico de energia com múltiplas camadas (3 camadas de subestrutura metálica e 4 camadas de piezocerâmicas ligadas em série).



Figura 1 –Gerador multicamadas em série conectado a uma resistência elétrica.

Metodologia

Um modelo EF utilizando elementos tipo placa e baseado nas hipóteses de Kirchhoffé apresentado para a representação de geradores piezoelétricos de energia excitados a partir do movimento de sua base (De Marqui *et al.*, 2009). Uma carga resistiva é considerada no domínio elétrico. O modelo EF foi verificado com sucesso a partir da solução analítica apresentada por Erturk e Inman (2008) para um gerador *unimorph* e outro *bimorph* em série.

Resultados

As FRF (função resposta em frequência) eletromecânicas são obtidas a partir das equações de movimento. Apresentam-se nas Figs. 2a e 2b as FRFs obtidas a partir do modelo EF para gerador multicamadas em série. Na Fig. (2a) a FRF de voltagem na Fig. (2b) a FRF de velocidade relativa da ponta da estrutura em relação à base. O modelo com múltiplas camadas está disposto de maneira tal que há uma simetria com relação à linha neutra, assim, as duas camadas piezoelétricas situadas acima (com a mesma polaridade) e as duas abaixo (com a mesma polaridade, porém oposta as camadas superiores) estão conectadas em paralelo, e posteriormente em série.

As equações que representam o problema eletromecânico são representadas pela Equação (1) e (2).

$$\mathbf{M}\ddot{\Psi} + \mathbf{C}\dot{\Psi} + \mathbf{K}\Psi - \tilde{\mathbf{Q}}_v = \mathbf{F} \quad (1)$$

$$C_p \dot{v}_p + \frac{v_p}{R_l} + \tilde{\Theta}' \Psi = 0 \quad (2)$$

Nessas equações \mathbf{M} , \mathbf{C} e \mathbf{K} são as matrizes de massa, amortecimento e rigidez respectivamente, \mathbf{F} o vetor de forças devido a excitação de base, $\tilde{\Theta}$ o vetor de acoplamento eletromecânico, \bar{C}_p é a capacitância das piezocerâmicas, Y a admitância do domínio elétrico ($Y = v_p / R_l$, para o caso aqui tratado e R_l a carga resistiva), Ψ e v_p são os graus de liberdade mecânico (deslocamentos transversais da asa) e elétrico (voltagem).

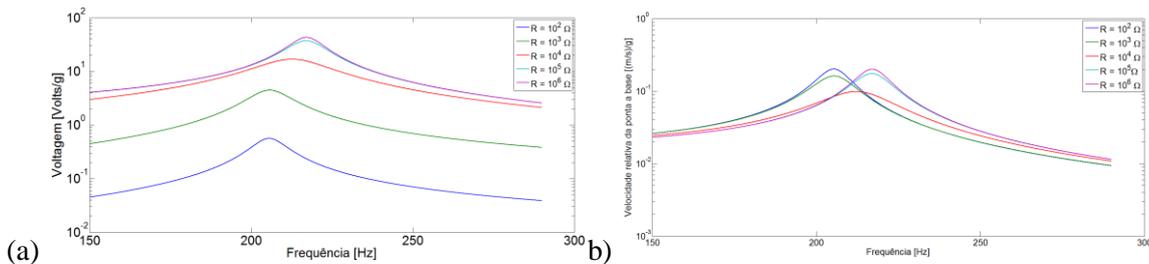


Figura 2 –FRFs de voltagem (a) / velocidade relativa da ponta da estrutura em relação à base (b) obtidas pelo modelo em Elementos finitos para cinco diferentes resistências.

Na figura (2a) nota-se que a voltagem aumenta monotonicamente com o aumento da resistência. Ao mesmo tempo a frequência de ressonância se desloca da condição de curto circuito para a frequência de ressonância de circuito aberto. Na figura (2b) nota-se um valor ótimo de resistência para o máximo amortecimento (efeito *shunt damping* resistivo).

Conclusões

Neste trabalho foi apresentado um modelo eletromecânico por elementos finitos. O modelo foi verificado para o caso *bimorph* contra resultados experimentais e analíticos encontrados na literatura, e posteriormente o modelo foi aplicado para o caso de multicamadas.

Como era esperado tivemos um comportamento próximo do caso *bimorph*, lembrando que a disposição dos piezoelétricos buscava o maior ganho de energia possível. O efeito *shunt damping* resistivo foi verificado e a voltagem aumenta da mesma maneira que no caso *bimorph*.

Agradecimentos

O autor agradece ao CNPq pelo financiamento do projeto, ao INCT-EIE e ao Prof. Dr. Carlos De Marqui Jr., orientador do trabalho.

Referências Bibliográficas

- Beeby, S. P., Torah, R. N., Tudor, M. J., Glynne-Jones, P., O'Donnell, T., Saha, C. R. and Roy, S., 2007, "A micro electromagnetic generator for vibration energy harvesting", *Journal of Micro-electromechanical Engineering*, Vol. 17, pp. 1257-1265.
- De Marqui, Jr., C., Erturk, A., and Inman, D.J., 2009, An Electromechanical Finite Element Model for Piezoelectric Energy Harvester Plates, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 327, n. 1-2
- Erturk, A. and Inman, D. J., 2009a, "An experimentally validated bimorph cantilever model for piezoelectric energy harvesting from base excitations," *Smart Materials and Structures*, 18 025009