

GERAÇÃO PIEZOELÉTRICA DE ENERGIA EM UMA ASA ELÁSTICA

Wander Gustavo Rocha Vieira , Carlos De Marqui Júnior

¹USP, Universidade de São Paulo, Curso de Engenharia Aeronáutica
Av Trabalhador São Carlense, 400 - Centro - CEP 13566-590- São Carlos –São Paulo
E-mail para correspondência: wandergv@gmail.com

Introdução

Estruturas multifuncionais representam uma quebra de paradigma tecnológico para o projeto de MAVs (Veículos Aéreos Micro) e VANTs (Veículos Aéreos Não-Tripulados). Uma possibilidade é que, além da sua função original de suportar carregamentos, a estrutura de um avião possa prover uma fonte adicional de energia elétrica utilizando o conceito da conversão de energia de vibração em energia elétrica (De Marqui *et al.*, 2009). UAVs e MAVs consistem uma oportunidade única para desenvolvimento desta tecnologia, pois têm limitadas fontes de energia, reduzidas dimensões e necessidade de se maximizar a autonomia e alcance do voo. A fonte adicional de energia pode ser utilizada para alimentar sistemas eletrônicos de baixo consumo de potência. A conversão de energia pode ser feita a partir das vibrações inerentes ao voo da aeronave, incluindo as excitadas por forças aerodinâmicas. O efeito piezoelétrico direto é utilizado para a conversão eletromecânica, dado a grande densidade de potência que ele provê e facilidade de uso (Erturk *et al.* 2010). O efeito *shunt damping* é uma consequência da conversão piezoelétrica de energia e também é discutido.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é a investigação do efeito da geração piezoelétrica de energia sobre o comportamento aeroelástico de uma asa. Uma carga resistiva é considerada no domínio elétrico do problema. Um modelo piezoaeroelástico no domínio da frequência é apresentado para o estudo da evolução aeroelástica e determinação da resistência ótima para máxima potência elétrica em uma dada velocidade.

Metodologia

A asa geradora com um par de cerâmicas piezoelétricas é apresentada na Fig. 1. O modelo piezoaeroelástico no domínio da frequência é obtido com a associação de um modelo eletromecânico por elementos finitos (baseado nas hipóteses de Kirchhoff, De Marqui *et al.*, 2009) com o método da malha de dipolos (DLM) para aerodinâmica não-estacionária (Vieira *et al.*, 2010).

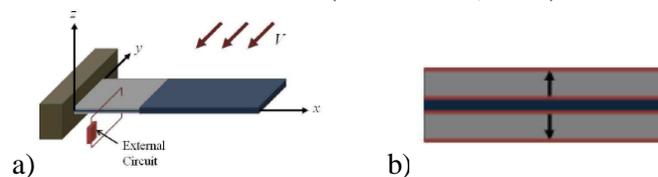


Figura 1- (a) Asa geradora sob escoamento (b) Sub-estrutura e camadas de cerâmicas piezoelétricas

As equações que representam o problema são obtidas como,

$$\mathbf{M}\ddot{\Psi} + \mathbf{C}\dot{\Psi} + \mathbf{K}\Psi - \tilde{\Theta}v_p = \mathbf{F} \quad (1.a)$$

$$\bar{C}_p \dot{v}_p + v_p Y + \tilde{\Theta}'\dot{\Psi} = 0 \quad (1.b)$$

onde \mathbf{M} , \mathbf{C} e \mathbf{K} são as matrizes de massa, amortecimento e rigidez, \mathbf{F} o vetor de carregamento aerodinâmico, $\tilde{\Theta}$ 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). As equações são resolvidas com o método PK modificado para casos piezoaeroelásticos (Vieira *et al.*, 2010), resultando no

problema de autovalores e FRFs piezoaeroelásticas (voltagem, potência e deslocamento mecânico) são obtidas associando a excitação harmônica de base ao problema.

Resultados

Estuda-se uma asa de alumínio com 1,2 m de envergadura, 0,24 m de corda e 3 mm de espessura. É utilizada uma configuração bimorph com duas cerâmicas PZT-5A distribuídas na corda até 30% da raiz até a ponta da asa. A evolução do amortecimento (Fig. 2a) mostra a velocidade de *flutter* em 40 m/s com o acoplamento das frequências dos modos 2 e 3 (Fig. 2b) obtidas a partir do método PK. A resistência ótima é determinada em 15.8 k Ω para a velocidade de *flutter* (Fig. 2c). Verifica-se na Fig. 2d que a resistência ótima fornece maior potência do que o caso em curto circuito (100 k Ω) e também o máximo efeito *shunt damping* (Fig. 2e).

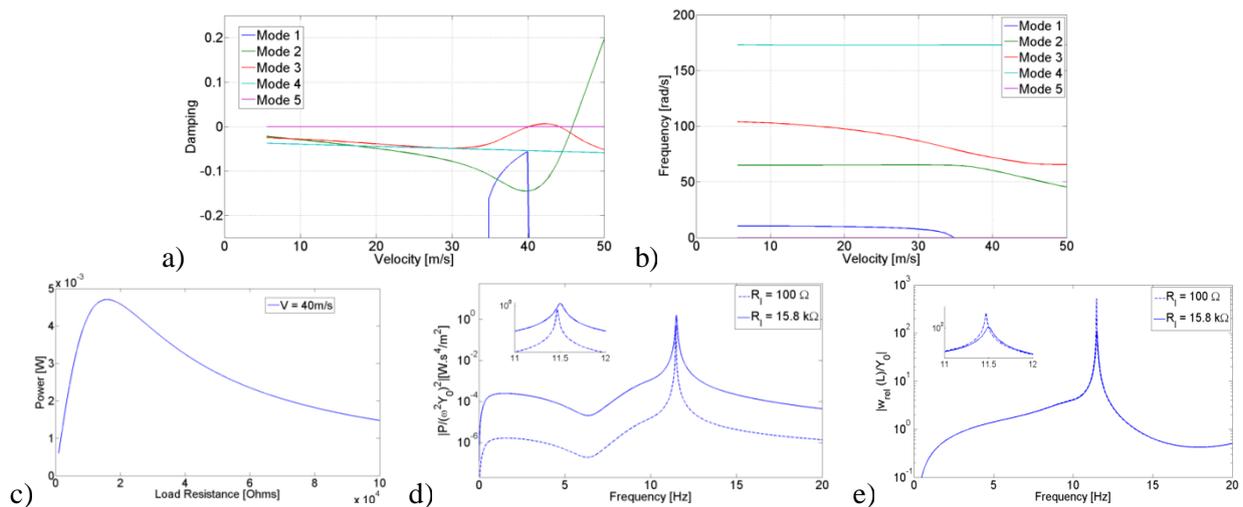


Figura 2- (a) Evolução amortecimento PK (b) Evolução frequência PK (c) Resistência ótima máxima geração de potência (e) e (f) Comparação entre potência(e) e deslocamento (f) mecânico para resistência ótima e curto circuito.

Conclusões

O estudo de uma estrutura multifuncional para geração piezoelétrica de energia é realizado. Mostra-se a evolução piezoaeroelástica com o método PK. Com a excitação de excitação de base combinada com excitação aerodinâmica obtêm-se FRFs piezoaeroelásticas. Determina-se o parâmetro elétrico (resistência) ótimo para máxima geração de energia, determinada em 15.8 k Ω . Este parâmetro ótimo também resulta máximo efeito *shunt damping* resistivo na resposta aeroelástica. Verifica-se assim que, além da conversão de energia, a geração piezoelétrica tem o efeito promissor de alterar as características aeroelásticas de uma asa elástica.

Agradecimentos

Os autores gentilmente agradecem o CNPQ e FAPEMIG pelo apoio financeiro concedido via INCT Estruturas Inteligentes em Engenharia (INCT-EIE).

Referências Bibliográficas

- Vieira, W. G. R. ; Marqui, ; Erturk,A. ; Inman, D. . Frequency Domain Solution of a Piezo-Aero-Elastic Wing for Energy Harvesting,. IMAC, 2010, Jacksonville.
- De Marqui Junior, C., Erturk, A. and Inman, D.J., 2009, "An electromechanical finite element model for piezoelectric energy harvester plates," Journal of Sound and Vibration.
- Erturk, A. ; Vieira, W. G. R. ; De Marqui Junior, Carlos ; Inman, D. J. . On the energy harvesting potential of piezoaeroelastic systems. Applied Physics Letter,96, 2010