

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Análise de robustez para dispositivos coletores de energia com incertezas no engaste

Paulo H. Martins¹

Departamento de Engenharia Mecânica, USP, São Carlos, SP

Marcelo Trindade²

Departamento de Engenharia Mecânica, USP, São Carlos, SP

Um modelo de viga engastada foi utilizado para o estudo de coleta de energia, conforme figura 1. Com uma entrada de deslocamento harmônico imposto $w_0(t)$ na base do dispositivo, ocorre a vibração, e com a pastilha piezolétrica acoplada, existe a possibilidade de geração de energia elétrica, estudada através da resistência elétrica R_c . Na extremidade da viga está presente uma massa inercial m_b , que pode ser ajustada para sintonização das frequências do dispositivo e do deslocamento imposto, garantindo a maximização da vibração. O engaste do dispositivo é simulado por molas linear k_w e torcional k_θ . Por meio da técnica de otimização via Programação Sequencial Quadrática (SQP), a FRF foi maximizada e os dispositivos projetados. Para estudo da média μ_f e variância σ_f dos dispositivos, um equacionamento utilizado é baseado em séries de expansão de Taylor de primeira ordem [1].

As seguintes propriedades geométricas são pré-definidas para o dispositivo da figura 1: distância da camada piezolétrica até o engaste $d_p = 5 \text{ mm}$; largura da viga e camada piezolétrica com resina (em vermelho) $b = 25 \text{ mm}$; espessuras da viga, camada piezolétrica e resina de $h_v = 1,0 \text{ mm}$, $h_p = 0,25 \text{ mm}$ e $h_c = 0,1 \text{ mm}$, respectivamente; camada piezolétrica com 80% do comprimento da viga ($l_p = 0,8l_v$). As propriedades da viga, que é de alumínio são: densidade de 2790 kg/m^3 e módulo de elasticidade de 69 GPa . Para a Resina Epoxy são considerados os valores de densidade de 1126 kg/m^3 e módulo de elasticidade $2,5 \text{ GPa}$ [2]. O sensor piezolétrico possui densidade de 7800 kg/m^3 , constante elástica $\bar{c}_{11}^D = 101,24 \text{ GPa}$, constante de acoplamento piezolétrico $\bar{h}_{31} = -1,4862 \times 10^9 \text{ NC}^{-1}$, constante dielétrica de $\bar{\beta}_{33}^c = 76,435 \times 10^6 \text{ mF}^{-1}$ e fator de correção de cisalhamento $k_2 = 0,83$. Considera-se uma entrada no engaste com amplitude $\tilde{w}_0 = g = 10 \text{ m/s}^2$ e frequência de 100 Hz . O amortecimento dos dispositivos é considerado com $0,3 \%$.

Cinco dispositivos são projetados conforme tabela 1, com valores de resistências já arredondados. Após os dispositivos projetados, um estudo de média e variância foi realizado, tomando valores de rigidez com $k_w = 3000 \text{ kNm}^{-1}$ e $k_\theta = 5 \text{ kNm}^{-1} \text{ rad}^{-1}$ e tolerância de 50% , enquanto que as tolerâncias para o amortecimento e resistência, foram consideradas com 10% e 2% , respectivamente. Assim, valores de variância são encontrados e os gráficos

¹paulo.martins@usp.br

²trindade@sc.usp.br

da figura 2 são gerados, considerado 6 desvios padrões como intervalo de confiabilidade, sendo que os dispositivos estão em ordem decrescente de comprimento da esquerda para a direita. Para cada um dos dispositivos, com massa e comprimento encontrados, a variância foi minimizada para valores de resistência entre $120\text{ k}\Omega$ e $260\text{ k}\Omega$, encontrado os valores mínimos para a resistência menor do intervalo, e os gráficos da figura 3 foram plotados.

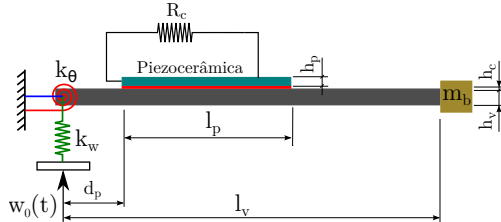


Figura 1: Dispositivo para estudo

Tabela 1: Parâmetros otimizados

	l_v (mm)	m_b (g)	R_c (k Ω)
dispositivo 1	50	13.978	215
dispositivo 2	53	11.683	213
dispositivo 3	56	9.800	210
dispositivo 4	59	8.2442	205
dispositivo 5	62	6.9391	200

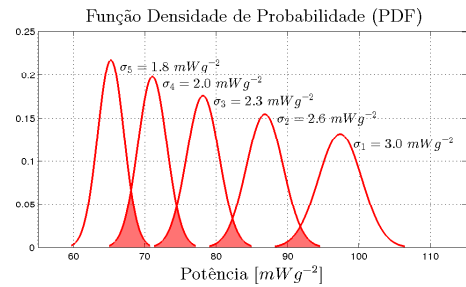
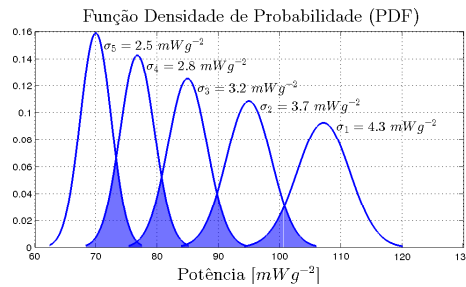


Figura 2: Casos com resistências otimizadas Figura 3: Casos robustos - menor resistência

Os resultados mostram que dispositivos com comprimento menores geram maior energia em relação aos de comprimento maiores, embora o valor de variabilidade aumente. Por outro lado, existe determinada probabilidade para um dispositivo de maior comprimento gerar maior energia em relação ao menor. Para valores menores de resistência elétrica, ocorre o aumento da robustez dos dispositivos, e as chances daqueles com menores comprimento serem melhor aumentam, nas mesmas condições consideradas.

Os autores deste trabalho agradecem o apoio financeiro da CNPq, por meio de projetos de pesquisas 574001/2008-5, 309193/2014-1 e da CAPES por bolsa de estudo.

Referências

- [1] K. H. Lee and G. J Park, A global robust optimization using Kriging based approximation model, *JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing.*, volume 49, number 3, pages 779-788, 2006.
- [2] H. Santos. Controle de vibrações estruturais usando cerâmicas piezoelétricas em extensão e cisalhamento conectadas a circuitos híbridos ativo-passivos, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2008.