

Maximização da potência gerada por um coletor de energia piezo-magneto-elástico

João Victor Ligier Lopes Peterson

Vinicius Gonçalves Lopes

Americo Barbosa da Cunha Junior

joao.peterson@uerj.br vinicius.lopes@uerj.br ameroico@ime.uerj.br

NUMERICO – Núcleo de Modelagem e Experimentação Computacional

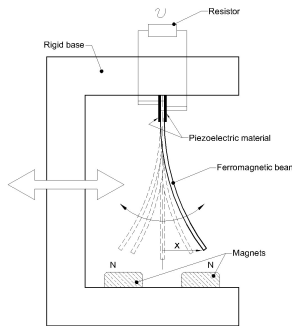


Introdução

Dispositivos coletores de energia possuem a capacidade de armazenar e utilizar energia subaproveitada do ambiente (e.g. diferenças de temperatura, pressão, vibrações etc.) e suas aplicações vão desde simples displays até sensores remotos em áreas de risco, onde os custos de se instalar e manter uma bateria podem encarecer ou até inviabilizar seu propósito. Tendo isso em vista, um melhor entendimento desse tipo de sistema se faz necessário para o desenvolvimento de tecnologias que utilizem os recursos energéticos de forma mais eficiente e sustentável.

Esse trabalho se propõe a analisar a dinâmica de um coletor de energia não-linear e solucionar um problema de otimização, encontrando valores de parâmetros (posição inicial e amplitude de forçamento) que maximizem a potência elétrica gerada e tendo como restrição o funcionamento do sistema em regime regular.

Dispositivo piezo-magneto-elástico



$$\ddot{x} + 2\xi\dot{x} - \frac{1}{2}x(1-x^2) - \chi v = f \cos \Omega t$$

$$\dot{v} + \lambda v + \kappa \dot{x} = 0$$

$$x(0) = x_0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0, v(0) = v_0$$

x - deslocamento

v - voltagem

t - tempo

x_0 - posição inicial

\dot{x}_0 - velocidade inicial

v_0 - voltagem inicial

ξ - fator de amortecimento

χ - acoplamento mecânico

λ - tempo característico inverso

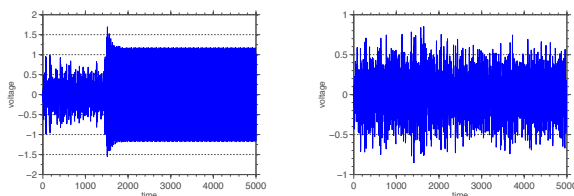
κ - acoplamento elétrico

f - amplitude de excitação

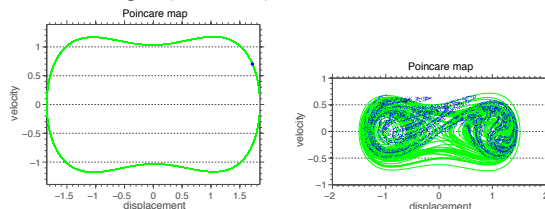
Ω - frequência de excitação

Explorando a dinâmica não-linear

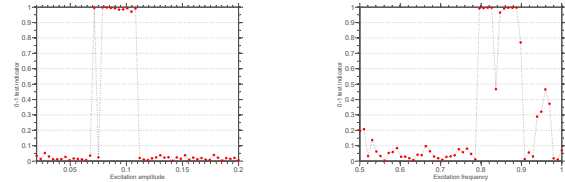
Séries temporais para $f = 0.12$ e $f = 0.10$:



Mapas de Poincaré para $f = 0.12$ e $f = 0.10$:



Teste 0-1 para caos [2]:



Um problema de otimização

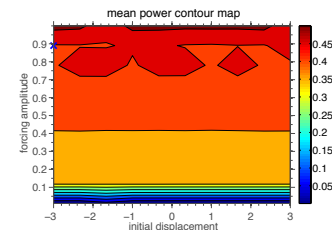
Encontre um part (x_0, f) que maximize

$$\langle \mathcal{P} \rangle = \frac{1}{\tau} \int_t^{t+\tau} v^2(t') dt' \quad (\text{potência média})$$

tal que

$$K = 0 \quad (\text{dinâmica do sistema é regular, i.e., não caótica})$$

Mapa de contorno da potência média:



Considerações finais

Esse trabalho analisa a dinâmica não-linear de um coletor de energia piezo-elétrico e soluciona um problema de otimização visando maximizar a energia coletada pelo dispositivo. O estudo do sistema através de séries temporais e mapas de Poincaré mostrou que o sistema pode apresentar comportamento regular ou caótico dependendo dos parâmetros analisados. Nesse sentido, o teste 0-1 se mostrou extremamente útil para que somente amostras de parâmetros admissíveis fossem utilizadas no problema de otimização e uma configuração ótima (x_0, f) foi encontrada numericamente.

Em trabalhos futuros, os autores pretendem solucionar o problema de otimização em comportamento caótico aplicando técnicas de controle de caos e aplicar técnicas de busca aleatória para aumentar sua eficiência.

Agradecimentos



Referências:

- [1] A. Erturk, J. Hoffmann, and D. J. Inman, A piezomagnetoelastic structure for broadband vibration energy harvesting, *Applied Physics Letters*, 94:254102, 2009. <http://dx.doi.org/10.1063/1.3159815>
- [2] G. A. Gottwald, and I. Melbourne, The 0-1 Test for Chaos: A review. In: C. Skokos, G.A. Gottwald, and J. Laskar (Eds.). *Chaos Detection and Predictability*, Springer Lecture Notes in Physics 915, 2016. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-48410-4>