

Estudo numérico sobre a influência da assimetria num dispositivo coletor de energia não linear

Roberto Luo¹

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ

João Pedro Canisso Valesse Norenberg²

Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP

Americo Cunha Jr³

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ

Um dispositivo coletor de energia é utilizado para captar energia dispersa da natureza (por exemplo, vibração, eólica, solar, etc.) gerando energia elétrica. Este tipo de dispositivo pode ser uma alternativa ao uso de baterias em aparelhos eletrônicos de baixa potência, o que é muito atrativo para uso em micro sensores, implantes médicos, monitoramento de estruturas etc. Note que no caso de implantes médicos como um marcapasso, essa tecnologia tem o potencial de aumentar a vida útil do dispositivo, reduzindo as cirurgias de manutenção para o usuário. De acordo com Erturk et al. [1], a presença de uma não linearidade geométrica pode ampliar significativamente a banda de frequências onde o sistema pode coletar uma quantidade de energia significativa, contornando a limitação de trabalhar apenas ao redor de uma ressonância, intrínseca aos sistemas coletores lineares. Visando entender os efeitos que assimetrias podem ter na dinâmica desse tipo de sistema não linear, o presente trabalho objetiva estudar como as bacias de atração de um sistema coletor de energia biestável são alteradas quando assimetrias são introduzidas na geometria do sistema eletromecânico, seguindo a mesma ideia apresentada por Wang et al. [3].

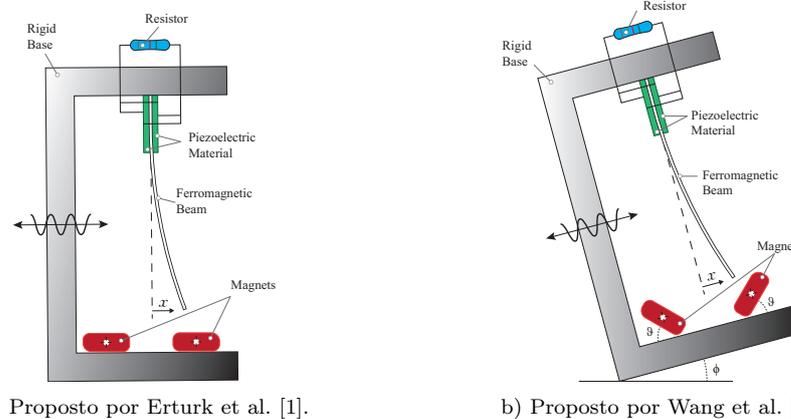


Figura 1: Ilustrações de um dispositivo coletor de energia piezo-magneto-elástico, (a) apresenta simetria no sistema, enquanto (b) a base rígida é inclinada tornando o sistema assimétrico.

A Figura 1 ilustra o sistema de colheita de energia analisado, que consiste em uma base rígida inclinada, com um circuito resistivo acoplado com um par de lâminas feitas de material piezoelétrico e uma viga de material ferromagnético fixa no topo e livre na base, onde ela sofre influência de um

¹cai.roberto@graduacao.uerj.br

²jp.norenberg@unesp.br

³americo@ime.uerj.br

par de ímãs. A base rígida é periodicamente excitada por uma força externa, ao mesmo tempo o campo magnético é gerado pelos ímãs induz vibrações na extremidade da viga. Os movimentos são percebidos pelas lâminas convertendo energia mecânica em energia elétrica que é dissipada pelo resistor.

A dinâmica do dispositivo é modelada pelo problema de valor inicial

$$\ddot{x} + 2\xi\dot{x} - 0.5x(1 + 2\delta x - x^2) - \chi v - p \sin \phi = f \cos \Omega t \quad e \quad \dot{v} + \lambda v + \kappa \dot{x} = 0 \quad (1)$$

onde os termos da equação (1) são descritos por ξ é o coeficiente de amortecimento; δ é um coeficiente de rigidez quadrática, que está associado à assimetria do sistema; χ é acoplamento piezoelétrico na equação mecânica; p é a força gravitacional equivalente; ϕ o ângulo de inclinação; f é a amplitude de forçamento; Ω a frequência de forçamento; λ é o inverso do tempo característico; κ é o acoplamento piezoelétrico na equação elétrica; as condições iniciais (x_0, \dot{x}_0, v_0) do sistema são posição inicial, velocidade inicial e tensão inicial, respectivamente. Ademais t é o tempo e o ponto em cima de x e v representa a derivada em relação ao tempo. Esses parâmetros são adimensionais.

Este sistema é analisado por meio das bacias de atração que mapeia a sensibilidade do sistema em relações às condições e a dinâmica é numericamente caracterizada por meio do teste 0-1 [2], ferramenta responsável por classificar o comportamento da dinâmica do sistema, se $K < 0.2$ é dito regular, para $K > 0.8$ caótico e para demais valores o teste é inconclusivo. A Figura 2 ilustra as bacias de atração geradas por uma malha de 1200×1200 pontos, para o ângulos de inclinação -5° , 15° e 35° à medida que esse ângulo aumenta, o poço se expande para o lado esquerdo do gráfico.

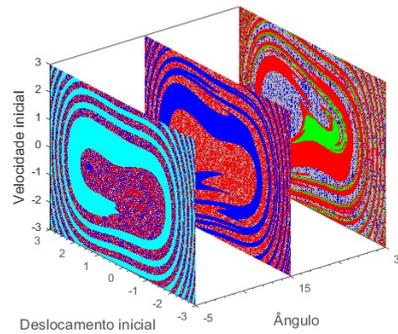


Figura 2: Bacias de atração do sistema de coletor de energia biestável com assimetria, utilizando os parâmetros $\xi = 0.01$, $\delta = 0.15$, $\chi = 0.05$, $p = 0.59$, $f = 0.083$, $\Omega = 0.8$, $\lambda = 0.05$, $\kappa = 0.5$, ϕ com valores de -5° , 15° e 35° e $(x_0, \dot{x}_0, v_0) = (1, 0, 0)$.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do CNPq processo 159170/2020-6 e da FAPERJ processos 211.304/2015, 210.021/2018, 210.167/2019 e 211.037/2019.

Referências

- [1] Erturk, A., Hoffmann, J. and Inman, D.J. A piezomagnetoelastic structure for broadband vibration energy harvesting, *Applied Physics Letters*, 94: 254102, 2009. DOI: 10.1063/1.3159815.
- [2] Gottwald, G. A. and Melbourne, I. A new test for chaos in deterministic systems, *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 603–611, 2004. DOI: 10.1098/rspa.2003.1183.
- [3] Wang, W., Cao, J., Bowen, C.R., Inman, D.J. and Lin, J. Performance enhancement of nonlinear asymmetric bistable energy harvesting from harmonic, random and human motion excitations, *Applied Physics Letters*, 112: 213903, 2018. DOI: 10.1063/1.5027555.