

ESTUDO DA CONVERSÃO DE ENERGIA USANDO DISPOSITIVOS BASEADOS EM MATERIAIS PIEZO-ELÉTRICO APOIADOS EM PLATAFORMAS APORTICADAS

ALINE DE OLIVEIRA SCHONARTH^{1,2*}, JORGE LUIS PALACIOS FELIX^{1,2}

¹Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo; ²Grupo de Pesquisa Saneamento Ambiental e Processos Tecnológicos

*Autor para correspondência: Aline de Oliveira Schonarth (alineschonarth@hotmail.com)

1 Introdução

Atualmente, o uso de piezoelétricos na geração de energia vem chamando a atenção de pesquisadores nos problemas de engenharia. As propostas de geração e armazenamento apresentadas surgem do conceito de *Energy Harvesting*, ou seja, o processo de retirar energia de fontes externas (solar, eólica, ondas, vibração, etc.) e armazená-la. Sendo assim, a conversão de vibração em energia elétrica uma das formas amplamente estudadas com a utilização de elementos piezoelétricos de tipo cerâmico e polímeros como, PZT (titanato zirconato de chumbo), MFC (Macro Fiber Composite) e PVDF (fluoreto de polivinilideno).

A uma crescente pesquisa, de acordo com a configuração do sistema na forma microestruturada ou de escala reduzida, como viga engastada modelada com equações diferenciais ordinárias não lineares sujeita a excitações de vibrações no suporte através da passagem de ressonância (ERTUK, HOFFMANN e INMAN, 2009). Recentemente, para aumentar a geração de energia foi utilizado o fenômeno de ressonância interna (conhecida como a transferência de energia entre dois modos de vibrar em relação 1:2), presente em uma estrutura aporticada flexível sujeita a uma excitação de frequência variável no topo ou na base da estrutura (FELIX et al., 2014; ROCHA et. al, 2017).

Sendo assim, tem-se a proposta, de estudar qualitativamente o comportamento dinâmico de um protótipo de geração de energia, através dos piezoelétricos colados na microestrutura na forma de pórtico flexível com ressonância interna e sujeita a uma excitação vertical na sua base, por sistema eletromecânico de pequeno porte chamado “shaker”, através de curvas de ressonância e das séries temporais, como ferramenta dinâmica linear no ambiente MATLAB®.

2 Objetivos

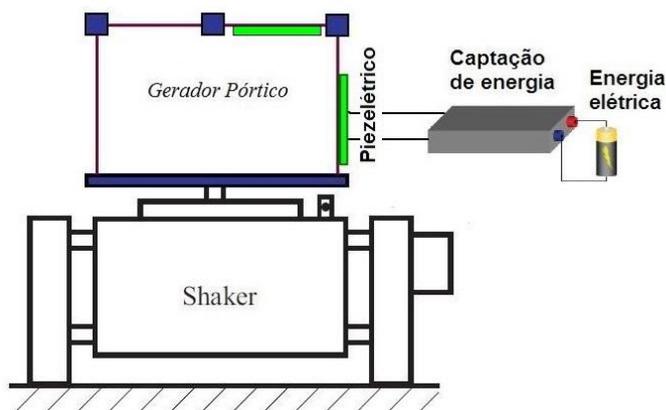
O presente projeto de pesquisa visa a realização de estudos de ensaios numéricos do

uso de piezoelétricos fixados na microestrutura aporticada com ressonância interna e na passagem de ressonância externa.

3 Metodologia

Considerou-se um protótipo de microestrutura na forma de pórtico flexível idealizado em escala reduzida para a geração de energia elétrica através dos piezoelétricos fixados, como mostra a Figura 1. São definidas as configurações físicas e geométricas para que as vigas sejam acopladas com massa pequenas a fim de manter a relação 1:2 de ressonância interna entre as frequências naturais dos modos de vibrar destas vigas, enquanto exista uma excitação externa harmônica na sua base produzida por um motor eletrodinâmico “shaker” com saída vertical.

Figura 1. Protótipo de gerador de energia de microestrutura aporticada



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

As equações de movimento (1) e (2) do sistema gerador são descritas pelos deslocamentos da coluna q_1 e da viga horizontal q_2 (MAZZILI E BRASIL, 1995). Os valores dos parâmetros do pórtico são similares de (FELIX et al., 2014).

$$\ddot{q}_1 + \hat{\mu}_1 \dot{q}_1 + \omega_1^2 q_1 + \gamma_1 q_1 q_2 = \alpha_1 \ddot{X}_a q_1 \quad (1)$$

$$\ddot{q}_2 + \hat{\mu}_2 \dot{q}_2 + \omega_2^2 q_2 + \gamma_2 q_1^2 = -\ddot{X}_a \quad (2)$$

A equação diferencial linear (3) define a saída da voltagem Q gerada pelos materiais piezoelétricos posicionadas na viga e coluna cuja modelagem e valores dos parâmetros são similares em (ERTUK, HOFFMANN e INMAN, 2009).

$$\dot{Q} + \frac{1}{RC_p} Q + \frac{\theta}{C_p} \dot{q}_1 + \frac{\theta}{C_p} \dot{q}_2 = 0 \quad (3)$$

A fonte de excitação harmônica expressa-se pela equação (4).

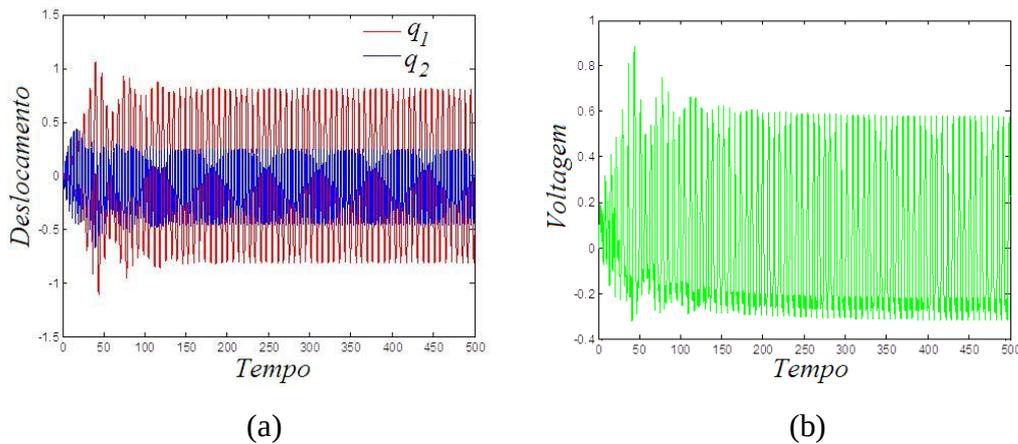
$$\ddot{X}_a = -F_o \cos(\omega t) \quad (4)$$

Além disso, foram reduzidas as equações para um sistema de primeira ordem nas variáveis de estado, a fim de utilizar o comando ode23 e aplicando assim algoritmo de integração de Runge-Kutta com passo de integração variável no software MATLAB®.

4 Resultados e Discussão

A figura 2 mostra a resposta do pórtico e da saída de voltagem. Na passagem de ressonância, acontece a transferência de energia de um modo a outro como mostra a figura 2(a), ou seja, quando está presente a ressonância interna, as amplitudes de oscilação da coluna q_1 (linha vermelha) cresce rapidamente enquanto a viga horizontal fica estagnada com oscilações de pequenas amplitudes q_2 (de linha azul). Considerou-se a frequência de excitação de $\omega = 1.85$. A figura 2(b) mostra a saída da voltagem Q de dois piezoelétricos.

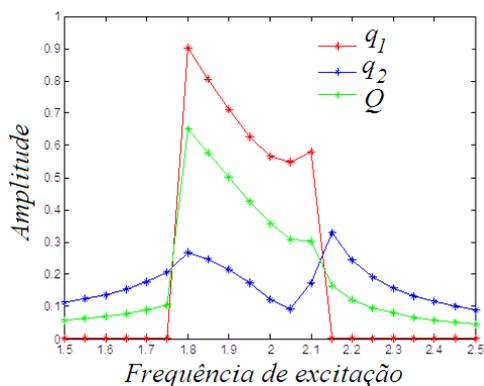
Figura 2. Representação do domínio em relação ao tempo (a) do Pórtico (b) da Voltagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Além disso, através da curva de ressonância, figure 3, pode-se observar que a energia de vibração de q_2 deixa de crescer (linha azul) e é transferida para q_1 (linha vermelha), na região de ressonância. A oscilação com amplitudes crescentes, obtém-se um aumento da saída da voltagem Q (linha verde) com piezoelétricos fixados na posição vertical e horizontal do pórtico.

Figura 3. Resposta do sistema gerado com o piezoelétrico fixado na viga e na coluna



Elaborado pelo autor, 2017.

5 Conclusão

Conclui-se, que o melhor desempenho ou aumento de geração de energia elétrica seria acoplar dois piezoelétricos no pórtico, ou seja, um na coluna vertical e a outro na viga horizontal, de acordo com a comparação das figuras obtidas, com o piezoelétrico acoplado apenas na viga horizontal e outro, somente, na coluna vertical. Considerando, também, a ressonância interna com relação 1:2 entre os modos de vibrar do pórtico e com uma excitação vertical na passagem de ressonância.

Referências

- ERTURK, A., HOFFMANN, J. e INMAN, D. J. A piezomagnetoelastic structure for broadband vibration energy harvesting. *Applied Physics Letters*, v. 94, n. 25, 2009.
- FELIX, J. L. P., BALTHAZAR, J. M., BRASIL, M. R. L. F e ALMEIDA, A. F. Um novo protótipo de gerador piezoelétrico de energia sujeito a uma excitação não-ideal e modos de saturação. CONEM 2014, *VIII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*, 2014.
- MAZZILLI, C. E. N. e BRASIL, R. M. L. R. F. **Effect of static loading on the nonlinear vibrations of a three-time redundant portal frame: analytical and numerical studies**, *Nonlinear Dynamics*. Vol.8, pp. 347-366, 1995.
- ROCHA, R. T., BALTHAZAR, J. M., TUSSET, A. M., PICCIRILLO, V. e FELIX, J. L. P. Nonlinear piezoelectric vibration energy harvesting from a portal frame with two-to-one internal resonance. *Meccanica*. DOI: 10.1007/s11012-017-0633-1, 2017.

Palavras-chave: Coleta de energia; plataforma apórticada; piezoelétricos.

Fonte de Financiamento

PROBIC-FAPERGS