圧電コンポジットを利用した振動発電装置の発電特性評価 Performance Evaluation of Vibration Energy Harvester with Piezocomposite

正 安達和彦 (神戸大院), ○学 田中 亨 (神戸大院), 正 神吉 博 (神戸大院)

Kazuhiko ADACHI, Kobe University Graduate School of Engineering, 1-1, Rokkodai-cho, Nada, Kobe 657-8501

Tohru TANAKA, Kobe University Graduate School of Engineering

Hiroshi KANKI, Kobe University Graduate School of Engineering

1. 緒言

産業界で動力源として広く用いられている回転機械では、不つり合い振動が不可避となる場合が多い。回転機械ではISO規格で許容される振動レベルが規定され、許容値以下の振動が常時生じている。この振動をエネルギー源と考え、電気エネルギーに変換することで、微小電力を持続的に得ることが可能となる⁽¹⁾⁽²⁾。本研究では、回転機械の振動状態監視センサへの応用を目指した圧電振動発電機構を開発する。著者らは、図1に示すような鋼製の片持ちはりの両面にd31型圧電コンポジット (Smart Material社, <http://www.smart-material.com/index.php>, Macro-Fiber Composite(MFC), M-2814P2) を貼付けた圧電振動発電機構を提案した⁽²⁾。本報告では、提案した圧電振動発電機構の設計指針を確立するために、圧電振動発電機構の振動発電シミュレーションのモデルを構築することを目的とする。

2. 圧電振動発電機構の支配方程式

本研究では、圧電振動発電機構は図1に示すような1自由度ばね・質量・ダッシュポット系でモデル化し、圧電基本式とラグランジュの運動方程式を用いて電気-機械連成系の支配方程式を導出する⁽³⁾。

Fig. 1 Schematic diagram of vibration energy harvester and its equivalent 2-dof model.

Fig. 2 Energy balance in proposed vibration energy harvester.

$$m\ddot{x} + c(\dot{x} - \dot{y}) + k(x - y) = m\ddot{y} + \theta q \quad (1)$$

$$(R_p + R_I)\dot{q} + \frac{q}{C_p} = \theta(x - y) \quad (2)$$

式(1)および式(2)の x, y および q は、片持ちはりの先端変位、固定端の変位および圧電コンポジットの電極での電荷を示す。機械系の支配方程式(1)の m, c, k および θ は、圧電コンポジットおよび先端質量を含む片持ちはりの等価質量、減衰、剛性および電気-機械連成係数を示す。また、電気系の支配方程式(2)の R_I, R_p および C_p は、圧電コンポジットの端子間に接続する負荷抵抗、圧電コンポジットの内部抵抗および静電容量を示す。

3. 発電量の評価

図2は、入力エネルギー P_{input} と圧電振動発電機構で回収可能なエネルギー P_{output} 間の損失を示す。入力エネルギー P_{input} は、圧電振動発電機構を取り付ける回転機械の不つり合い振動によるエネルギー入力を想定している。本研究では、圧電コンポジットの端子間に接続した負荷抵抗の消費電力が圧電振動発電機構で回収し利用可能な微小電力のエネルギーと考える。周期 T で圧電振動発電機構が加振されるとき、入力エネルギー P_{input} 、振動エネルギー P_{output} 、機械的減衰による散逸エネルギー P_m および回路の電気抵抗 R_p および R_I による散逸エネルギー P_e は、以下の式で評価する。

$$P_{input} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} m \dot{y}^2 dt \quad (3)$$

$$P_{output} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} m \dot{x}^2 dt + \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1}{2} k x^2 dt \quad (4)$$

$$P_m = \frac{1}{T} \int_0^T c(\dot{x} - \dot{y})^2 dt \quad (5)$$

$$P_e = \frac{1}{T} \int_0^T (R_p + R_I) \dot{q}^2 dt \quad (6)$$

式(3), (4), (5)および(6)から圧電振動発電機構で回収し利用可能な発電量と損失を評価することができる。本報告で提案するモデルを用いて圧電振動発電機構の設計が可能となる。

4. 結言

本報告では、圧電コンポジットを用いて振動エネルギーを電気エネルギーに変換する共振型振動発電機構のモデル化を行い、片持ちはり型圧電振動発電機構の電気-機械連成系の支配方程式を導出した。今後は、加振実験データを用いて式(1)および式(2)を数値積分して、 x と q の時刻歴応答を計算し、式(3)~(6)を用いて発電量と損失を評価する。

参考文献

- (1) J. P. Thomas, et al., *J. of Power Sources*, **159**(2), (2006), 1494-1509.
- (2) K. Adachi and T. Tanaka, *Proc. of ASME 2008 Conf. of SMASIS*, (2008), Paper No. SMASIS08-483.
- (3) 安達・磯邊・岩壺, 機論 (C), **65**(636), (1999), 3102-3107.