

공진 주파수 저역 변환을 통한 소형 압전 에너지 하베스터 개발

Development of a Miniaturized Piezoelectric Energy Harvester by Using Resonant-Frequency Down Conversion

선경호† · 김영철* · 김재은**

Kyung Ho Sun, Young-Chul Kim and Jae Eun Kim

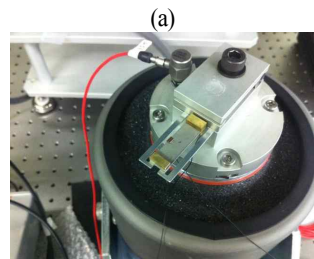
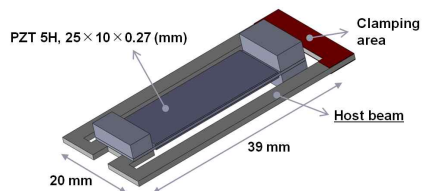
1. 서 론

압전 에너지 하베스터는 외부 가진 주파수와 장치의 공진 주파수가 근접할 때 발생하는 최대 전력을 이용하는 공진형 수확장치이다. 따라서, 에너지 하베스터의 성능은 작동 주파수 범위에 따라 좌우되는데, 이러한 작동 주파수 범위를 넓히기 위한 배열 구성 (array configuration), 주파수 조정법 (frequency tuning method), 비선형 진동 현상 (non-linear vibration) 및 외부 가진 주파수 고역 변환 (frequency-up conversion) 등의 방법 등이 연구되어 왔다⁽¹⁾. 일반적인 외팔보 형태의 하베스터는 기저에 발생된 변형이 압전물질에 변형을 인가하여 전압이 발생되는데, 하베스터의 크기가 작아질수록 공진주파수는 증가하게 되어 작동 주파수 범위가 높아지게 된다. 본 연구에서는 몇 가지 설계 구속조건을 제시하고 이를 충족시키는 소형 압전 하베스터를 제작하고 성능 평가하였다. (1) 하베스터의 전체 부피는 AA 건전지의 부피 (8,339 mm³) 이하로 한다. (2) 하베스터의 공진 주파수는 100 Hz 미만으로 한다. (3) 제한된 크기의 압전 재료를 사용한다. (PZT5H sheet 2ea: 25×10×0.27 mm)

일반적인 외팔보 형태의 공진형 하베스터는 위에서 제시한 설계제한 조건을 만족시키기 힘들기 때문에 본 연구에서는 동흡진기의 고유진동수 분리 현상을 이용하여 낮은 공진 주파수 대역을 갖는 소형 압전 하베스터를 제작/평가하였다.

2. 소형 압전 에너지 하베스터

진동 에너지 수확 장치의 설계에 있어서 동흡진 현상의 이용은 앞서 작동 주파수 대역을 조절하기 위한 방법으로서 연구된 바 있다⁽²⁻⁵⁾. 이러한 압전 진동 에너지 수확 장치는 고유 진동수가 일치하는 2개의 질량-스프링 계가 연결된 형태로서 원래의 고유 진동수는 저역과 고역으로 분리된다. 그러나, 이를 구현하기 위해 축 방향이 같도록 연결된 2개의 외팔보는 적지 않은 공간을 차지하기 때문에 소형의 진동 에너지 수확 장치를 구성하기에는 어려움이 있다. 따라서, 이를 극복하기 위해 Fig. 1(a)에 보인 바와 같이 구성 단위들의 부착 방향을 서로 반대로 함과 동시에 공진분리가 잘 이루어지는 특이한 형태의 하베스터를 설계하였다



(a)

(b)

Fig. 1 (a) The proposed design concept and (b) experimental setup

† 교신저자; 한국기계연구원 시스템디자인믹스실

E-mail : sunkh@kimm.re.kr

Tel : (042) 868-7247, Fax : (042) 868-7440

* 한국기계연구원 시스템디자인믹스실

** 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부

후 기

이 논문은 한국기계연구원 자체사업 (KM3180) 지원을 받아 수행된 것임.

참 고 문 헌

- (1) Tang, L., Yang, Y. and Soh, C. K., 2010, "Toward Broadband Vibration-based Energy Harvesting", Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 21, pp. 1867~1897.
- (2) Ma, P. S., Kim, J. E. and Kim, Y. Y., 2010, "Power-amplifying strategy in vibration-powered energy harvesters", Smart Structures /NDE (SPIE), San Diego, CA.
- (3) Aldraihem, O. and Baz, A., 2011, "Energy Harvester with a Dynamic Magnifier", Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 22, pp. 521~530.
- (4) Kim, J. E., 2011, "Development of a New Piezoelectric Vibration Energy Harvester for Improved Output Power: Analytical Verification", Proceedings of the KSNVE Fall Annual Conference, pp. 595~595.
- (5) Kim, J. E. and Kim, Y. Y., 2012, "Power enhancing by reversing mode sequence in tuned mass-spring unit attached vibration energy harvester", Applied Physics Letters, in review.

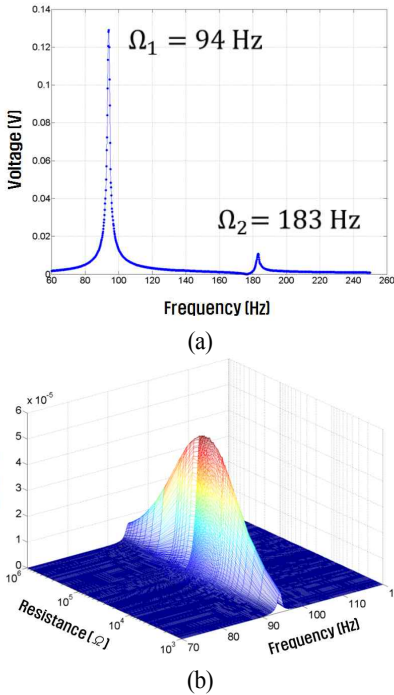


Fig. 2 (a) The measured frequency response in short circuit condition and (b) 3-D output power plot

공진주파수가 206 Hz인 외팔보 형태의 하베스터에 동일한 공진주파수를 갖는 동흡진기 (host beam in Fig. 1(a))를 부착하여 시험하였다. Fig. 2(a)와 같이 기존의 공진주파수 (206 Hz)에서 응답이 최소화됨과 동시에 새로운 주파수인 94 Hz, 183 Hz 로 분리되었으며, 이중 저역대인 94 Hz를 이용하여 에너지를 수확하였다. Fig. 1(b)와 같이 하베스터를 고정하고 가변저항의 변화에 따라 데이터를 얻은 결과 Fig. 2(b)와 같은 3-D 그림을 얻었다. 기저의 가진 가속도는 1 m/s^2 이며, 25 k Ω 에서 최대전압 1.65 V, 최대전력 55 μW 를 수확하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 동흡진 현상을 기반으로 새로운 구성의 소형 압전 진동 에너지 수확 장치를 설계하였다. 제시된 설계 제한 조건을 만족하는 범위 내에서 소형이면서도 94 Hz 근처의 고유 진동수를 갖는 압전 진동 에너지 수확 장치를 제작하고 평가하였으며, 제안된 구성은 압전 진동 에너지 수확 장치의 소형화에 효과적으로 활용될 수 있음을 검증하였다.