

자기-전기 효과 기반 진동 에너지 수확장치의 실험적 고찰

Experimental Investigations on Magneto-Electric Vibration Energy Harvesters

김홍진† · 김재은* · 김윤영**

Hongjin Kim, Jae Eun Kim, and Yoon Young Kim

1. 서 론

최근 들어 주변 환경으로부터 수확한 에너지를 이용하여 각종 무선센서를 구동하는 전력원으로 사용하려는 연구가 많은 주목을 받고 있다. 태양광과 풍력, 열 등 다양한 에너지원이 고려되고 있는 가운데, 특히 진동 에너지를 이용한 에너지 수확 기술에 대한 연구가 다른 에너지원에 비해 상대적으로 많이 진행되어 왔다. 이는 진동 에너지가 주변 환경 어디에나 존재할 뿐 아니라 출력 파워 밀도도 적지 않기 때문이다.

진동 에너지로부터 전기 에너지로의 에너지 변환은 주로 전자기 유도(electromagnetic induction), 정전기(electrostatic), 압전(piezoelectricity), 그리고 자기변형(magnetostriction) 현상 이라는 네 가지 기본 메커니즘과 이들의 조합을 통해 이뤄진다. 이 중 압전 현상과 자기변형 현상의 조합인 자기-전기 효과(Magneto-electric effect)는 기계적 변형을 매개로 자기장과 전기장이 연성된 현상으로써, 기본적으로는 자기변형 물질과 압전 소자가 적층된 복합체를 이용한 트랜스듀서로 구현할 수 있다.

이러한 트랜스듀서에서 자기변형 물질은 50 MPa 이상의 응력을 인가할 수 있다고 알려져 있다[1]. 이것은 인간이 직접적으로 인가할 수 있는 응력(약 10^4 Pa)이나 기계적인 운동으로 인가할 수 있는 응력 ($1\sim 2 \times 10^5$ Pa)보다도 상당히 큰 응력이기 때문에, 자기-전기 효과를 이용한 에너지 수확장치는 일반적인 압전 에너지 수확장치보다 큰 출력을 얻을

수 있을 것으로 기대할 수 있다[2].

따라서 본 연구에서는 이러한 자기-전기 효과 기반의 진동 에너지 수확장치를 제안하고 그 특성을 실험을 통해 고찰해 보고자 한다.

2. 에너지 수확장치 구성

기저 가진이 가능한 외팔보 형태의 진동 에너지 수확장치의 사진과 자기-전기 효과 기반의 진동 에너지 수확장치의 개략도를 fig. 1에 나타내었다. 실험장치 구성에 사용된 자기변형 물질로는 Etrema Products, Inc.의 Terfenol-D ($50 \times 20 \times 1 \text{ mm}^3$; 50 mm 방향으로 자화 됨)를 사용했으며, 압전 소자는 Piezo Systems, Inc.의 PSI-5H4E ($50 \times 20 \times 0.27 \text{ mm}^3$)를 사용하였다.

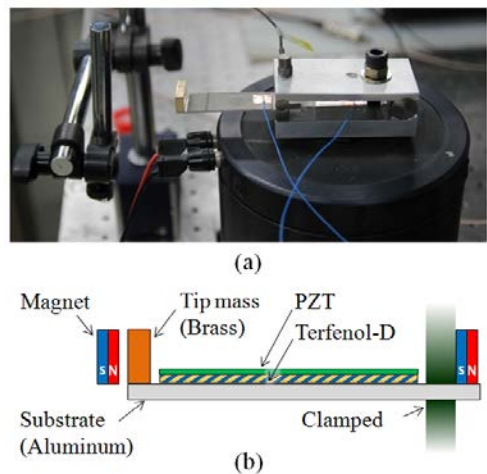


Figure 1 (a) A cantilevered magneto-electric vibration energy harvester tested under base excitation and (b) its schematic representation.

† 교신저자; 서울대학교 기계항공공학부, WCU
E-mail : hjkim4130@snu.ac.kr

Tel : (02)880-1689, Fax : (02)872-5431

* 정희원, 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부, 교수

** 정희원, 서울대학교 기계항공공학부, WCU, 교수

후 기

이 논문은 2011 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 (과제번호: 2011-0014430) 및 중견 연구자 지원사업 (과제번호: 2011-0017445)의 지원을 받아 수행된 것이며, 또한 WCU (과제번호: R31-2010-000-10083-0)의 지원을 받은 것으로 이에 감사 드립니다.

3. 실험

제안한 외팔보 형태의 자기-전기 효과 기반 진동 에너지 수확장치의 기본적인 특성인 개회로 상태의 공진주파수를 파악하고자 기저의 가진에 대한 압전 소자의 출력 전압의 주파수 응답을 측정하였다. 개회로 상태는 압전 소자의 양단을 HP35670A의 입력 단자에 직접 연결하는 방식으로 구현하였다. Figure 2에서는 주변 자기장의 방향성에 따른 자기-전기 효과 기반 외팔보의 주파수 응답 함수 차이를 확인할 수 있다. 주변 자기장이 자기-전기 효과 기반 진동 에너지 수확장치에 미치는 영향은 추가적인 연구가 필요한 부분이다. 또한 여기에 실지는 않았지만, 제안한 자기-전기 효과 기반 외팔보의 대조군으로서 압전 외팔보를 제작하였으며, 그 특성을 제안한 외팔보와 비교하고자 하였다.

참고문헌

- [1] Huang, J., O'Handley, R. C., and Bono, D., "New, high-sensitivity, hybrid magnetostrictive/electroactive magnetic field sensors", Proceedings of SPIE, San Diego, CA, USA, March 3-7, 2003.
- [2] Dai, X. et al., "Modeling, characterization and fabrication of vibration energy harvester using Terfenol-D/PZT/Terfenol-D composite transducer", Sens. Actuators A, 2009, 156, 350-358.

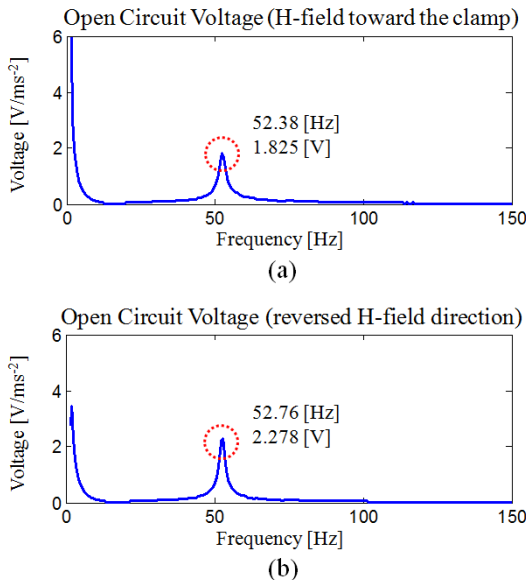


Figure 2 FRF result of the proposed magneto-electric vibration energy harvester (a) with bias magnetic field toward the clamping unit and (b) with bias magnetic field formed in the outward direction.