

전기 출력 향상을 고려한 압전 진동 에너지 수확 장치의 개발: 해석적 검증

Development of a New Piezoelectric Vibration Energy Harvester for Improved Output Power: Analytical Verification

김재은†
Jae Eun Kim

1. 서 론

압전 진동 에너지 수확 기술은 최근의 마이크로 에너지 수확 기술 중 가장 활발하게 연구되어 오고 있는 분야이다^(1,2). 이러한 연구의 결과로서 북미, 유럽에서는 이미 상당한 완성도의 상용화 제품도 출시된바 있으나, 진동 에너지 수확 장치의 여전히 적은 발생 전력량과 발생 전력의 가진 주파수 의존성은 아직도 극복해야 할 과제로 남아 있다. 이러한 시도의 하나로서 진동의 동흡진 현상을 이용하여 보다 넓은 가진 주파수 대역에서도 유용한 전력을 얻으려는 연구가 있었다^(3,4). 그러나, Fig. 1에 보인 바와 같이 주파수 대역이 넓어질수록 대역의 중심 주파수에서의 실용적인 발생 전력량이 미미하기 때문에, m_h/m_p 의 값이 20 내외가 되어야 한다. 그러나, 이를 구현하기 위해서는 m_h 의 값이 비현실적으로 커져야 하며, 결과적으로 압전 에너지 수확 장치의 전체 크기가 커지게 된다. 본 연구에서는 기존의 연구 결과⁽⁵⁾를 기반으로 전기 출력 향상을 위한 새로운 압전 에너지 수확 장치의 개념을 제안하고 ANSYS 상용 유한 요소 해석 소프트웨어를 사용하여 해석적인 성능 검증을 수행하였다.

2. 새로운 압전 에너지 수확 장치의 제안

2.1 압전 에너지 수확 장치의 구성

본 연구에서 제안한 압전 진동 에너지 수확 장치의 구성을 Fig. 2(a)에 나타내었다. 직사각형 외팔보

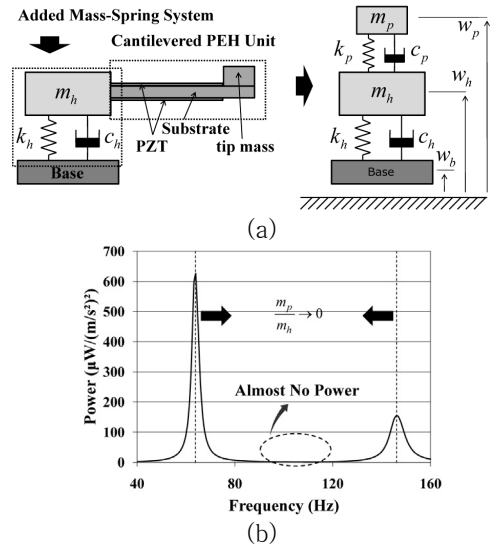


Fig. 1 (a) Elastically supported vibration energy harvester and (b) its characteristic output power

구조가 대각선을 따라 2개의 삼각형 형상의 단위 에너지 수확 모듈로 나뉘어 있으며, 부 구조물은 주 구조물이 진동 에너지 원에 부착되는 방향과 반대 방향으로 주 구조물에 부착되어 있다. 또한, 본 연구에서는 개별 에너지 수확 단위의 한쪽 면에만 압전 물질이 존재하는 경우를 대상으로 하였으며, 각각의 구성 단위는 폐회로 상태의 고유 진동수가 100 Hz가 되도록 설계되었다. 개별 에너지 수확 단위에 부착된 끝단 질량들은 각각 약 22 g (주 구조물) 및 3 g (부 구조물)이다.

Fig. 2(b)에는 ANSYS를 이용하여 얻어진 모드 형상을 나타내었다. 일반적인 모드 순서와는 달리 1차 모드 (93 Hz)에서 개별 에너지 수확 단위들이 반대 위상을, 2차 모드 (107 Hz)에서는 동일 위상을 나타내고 있다.

† 김재은 : 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부
E-mail : jekim@cu.ac.kr
Tel : (053) 850-2657, Fax : (053) 850-2710

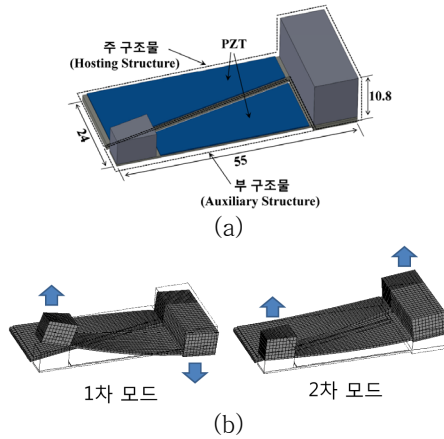


Fig. 2 (a) Configuration of the proposed vibration energy harvester of unimorph type and (b) calculated mode shapes

2.2 ANSYS를 이용한 전기 출력량 해석

제안된 진동 에너지 수확 장치에 대해 ANSYS를 이용하여 출력 전압 및 전력을 Fig. 3에 나타내었다. 각각의 에너지 수확 단위에서 발생하는 전력은 서로 독립된 정류 회로를 통해 합해지므로 그림에서의 실선은 개별 에너지 수확 단위가 병렬 연결이고 각 전기 출력량이 동일 위상인 경우를 가정하여 구한 것이다. 본 연구에서 사용된 에너지 수확 단위들이 일렬로 연결된 경우에는 각각의 고유 진동수가 66 Hz 및 150 Hz로 분리되지만 제안된 구성에서는 고유 진동수 분리가 크지 않으며 그림에서 보인 바와 같이 원래의 목적 가진 주파수 (100 Hz) 근처에서 에너지가 집중되는 효과를 가져온다.

2.3 기존 에너지 수확 장치와의 비교

Fig. 4에 제안된 압전 에너지 수확 장치의 성능을 기존 압전 에너지 수확 장치와 비교하였다. 기존 압전 에너지 수확 장치는 직사각형과 삼각형 형상의 외팔보 형태로서 전체 면적, 끝단 질량과 고유 진동

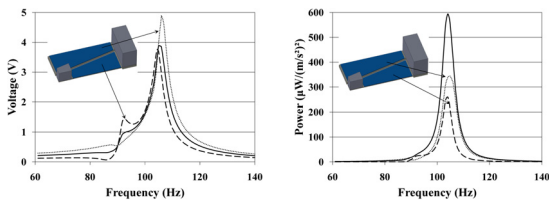


Fig. 3 (a) Output voltage and (b) power of the proposed energy harvester under the base input acceleration of 1 m/s^2

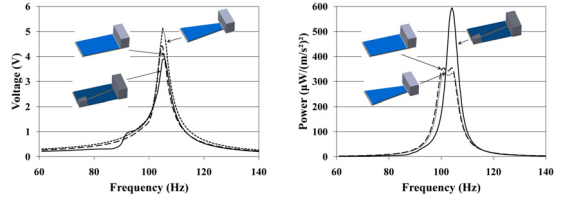


Fig. 4 Comparisons of (a) output voltage and (b) power among three types of energy harvesters

수가 제안된 장치의 값들과 같다. 그림에서 보인 바와 같이 제안된 에너지 수확 장치는 기존의 것과 비교하여 약 68% 향상된 전기 출력량을 나타내고 있다.

3. 결론

고유 진동수가 같은 삼각형 형상의 2개의 에너지 수확 단위를 이용하여 진동 에너지 수확 장치를 구성하였으며, 모드 순서 변경을 통해 대역폭에 우선하여 전기 출력량을 증가시킬 수 있었다.

후 기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.0014430).

참 고 문 헌

- (1) Erturk, A. and Inman, D. J., 2011, "Piezoelectric Energy Harvesting", John Wiley & Sons, Ltd., United Kingdom.
- (2) 김재은, "마이크로 에너지 수확: Still Scientific Curiosity?", 2011, 소음·진동, April, pp. 35~47.
- (3) 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.
- (4) Aldraihem, O. and Baz, A., 2011, "Energy harvester with a dynamic magnifier", Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 22, pp. 521~530.
- (5) Kim, J. E. and Kim, Y. Y., 2010, "A new dynamic vibration absorbing piezoelectric energy harvester: Analysis," Proceedings of the KSNVE Spring Annual Conference, pp. 519~520.