

광대역 가진 주파수를 고려한 압전 에너지 수확 장치

Piezoelectric energy harvester having a wide frequency bandwidth

김재은† · 김윤영*
Jae Eun Kim and Yoon Young Kim

1. 서론

무선 센서 네트워크의 센서 노드 또는 휴대용 소형 전자 장비의 전력 원으로서 에너지 수확 기술⁽¹⁾이 주목을 받고 있다. 특히, 그 대상이 되는 에너지 원 중 기계적 진동은 적지 않은 파워 밀도를 갖고 있을 뿐만 아니라 우리 생활 주변에 흔히 존재하여 에너지 수확이 용이하다. 이러한 이유로 기계적 진동 기반의 에너지 수확장치에 대한 연구는 다른 에너지 원에 대한 연구보다 더욱 활발하게 진행되어 왔다. 그러나, 기계적 진동 기반 에너지 수확 장치의 전력은 외부 가진력의 주파수가 장치의 고유 진동수와 일치하는 경우 최대로 발생하고, 이를 벗어난 주파수 대역에서 급격히 감소한다. 에너지 수확 장치의 고유 진동수는 시간이 지남에 따라 변할 수 있으며, 가진 진동수 역시 어떤 일정한 값에 항상 고정되어 있는 경우는 드물다. 따라서, 이를 해결하기 위해 능동, 또는 수동으로 고유 진동수를 외부 가진 진동수에 맞추는 방법⁽¹⁾ 및 에너지 수확 장치를 다자유도로 구성하여 일정한 공진 대역폭을 갖도록 하는 방법⁽²⁾ 등이 제안되어 왔다.

이러한 배경 아래 본 연구에서는 끝단 질량이 서로 다른 3 개의 외팔보 압전 에너지 수확장치를 1/4 원의 형태로 조립하여, 광대역 공진 주파수 대역폭을 갖도록 구성된 에너지 수확장치 모듈을 제안하였다 (Fig. 1). 이 모듈은 필요에 따라 1/2 원 및 원형의 형태로 제작 가능할 뿐만 아니라, 3 축의 에너지 수확장치로도 구성이 가능하여 외력이 임의의 방향에서 가해질 때 유용하게 사용될 수 있다. 각각의 개별 에너지 수확 장치는 출력 전류 및 전력을 향상시키기 위해 병렬 연결된 바이모프로 구성되었다. 그런데, 이러한 개별 에너지 수확 장치 상호간의 전기적 연결 방법에 따라서도 출력 교류 전압 및 전력의 특성이 상이하게 다르다. 따라서, 본 연구에서는 그 특성을 살펴본 후 보다 넓은 주파수 대역에 걸쳐서 출

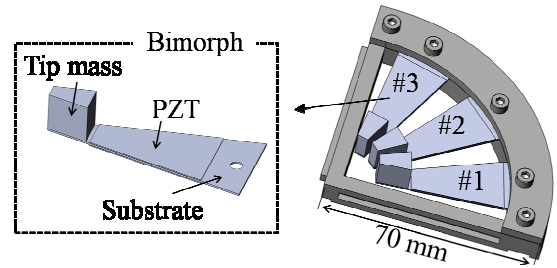


Fig. 1 Assembled quarter-circular piezoelectric energy harvester and its component
 력 전력이 큰 저감 없이 발생함을 보였다.

2. 개별 에너지 수확 장치의 성능 평가

개별 에너지 수확 장치는 단위 면적당 성능을 고려하여 원의 형태로 조립이 된다. 따라서, 각각은 부채꼴 형상으로서 변형율이 거의 균일하게 발생하기 때문에 피로 파괴 관점에서도 유리하다. 또한, 제작의 용이성 및 제작 비용을 고려하여 개별 에너지 수확 장치는 끝단 질량을 제외하고는 치수가 동일하게 제작되었다. 본 연구에서 사용된 개별 에너지 수확 장치의 폐회로 및 개회로 상태의 고유 진동수는 Table 1 에 나타낸 바와 같으며, 외부 가진 주파수가 각 고유 진동수에 상응하는 값을 갖고 작용할 경우 외부 등가 부하 저항에 따른 전압/ 전력을 Fig. 2 에 나타내었다.

3. 광대역 에너지 수확장치의 성능 평가

3.1 고유 진동수의 변화

개별 에너지 수확장치가 조립되어 전기적으로 병렬, 또는 직렬로 연결될 경우 이웃한 에너지 수확 장치가 부하로 작용하여 고유 진동수는 변하게 된다 (Table 2). 이를 통해 개별 에너지 수확 장치간의 연결이 병렬일 경우 폐회로 고유 진동수는 각각의 해 Table 1 Short- and open-circuit resonant frequencies of each constituent piezoelectric energy harvester by ANSYS

	#1	#2	#3
폐회로 고유 진동수 (Hz)	126.0	129.4	133.0
개회로 고유 진동수 (Hz)	130.3	133.7	137.4

† 김재은; 서울대학교 정밀기계설계 공동연구소
 E-mail : jekim@idealab.snu.ac.kr
 Tel : (02) 880-7130, Fax : (02) 872-5431
 * 서울대학교 기계항공공학부

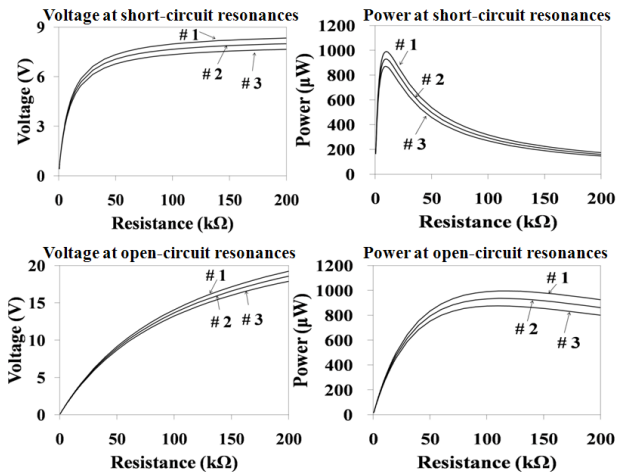


Fig. 2 Electrical outputs of each piezoelectric energy harvester by ANSYS

Table 2 Short- and open-circuit resonant frequencies of the assembled piezoelectric energy harvester by ANSYS

	1st	2nd	3rd
병렬 연결 (폐회로/ 개회로)	126.0/ 126.8	129.4/ 130.5	133.0/ 135.4
직렬 연결 (폐회로/ 개회로)	127.9/ 130.3	132.6/ 133.7	136.6/ 137.4

당값과 동일하나 개회로 고유 진동수가 낮아지며, 이와 달리 직렬일 경우에는 개회로 고유 진동수가 각각의 해당 값과 동일하나, 폐회로 고유 진동수는 높아짐을 알 수 있다.

3.2 주파수 대역 대비 전압/ 전력

3 개의 개별 에너지 수확 장치를 직렬 또는 병렬로 연결시킨 후 전기적 응답을 Fig. 3 및 4 에 외부 가진 주파수의 함수로 나타내었다. 각각의 전기 응답은 압전 에너지 수확 장치의 내부 임피던스의 크기가 외부 부하 저항값과 일치할 때의 값이며 이는 ANSYS 를 이용한 임피던스 해석을 통해서 얻을 수 있었다. 개별 에너지 수확 장치가 서로 병렬 연결되었을 때의 출력 전류는 각각의 출력 전류의 합이 되며, 출력 전압은 내부 임피던스의 차이에 의해서 정해진다. 직렬 연결시에는 전류와 전압의 출력 특성이 이와는 반대가 된다. 제안된 에너지 수확 장치의 전력은 병렬 연결시에 부품 #3 의 고유 진동수에 근사한 값에서 최대값을 갖지만 직렬 연결시에는 부품 #1 의 고유 진동수에 근사한 값에서 최대값을 갖는다.

4. 결 론

본 연구에서는 끝단 질량의 크기를 달리 한 3 개의 부채꼴형 외팔보 압전 에너지 수확 장치를 1/4

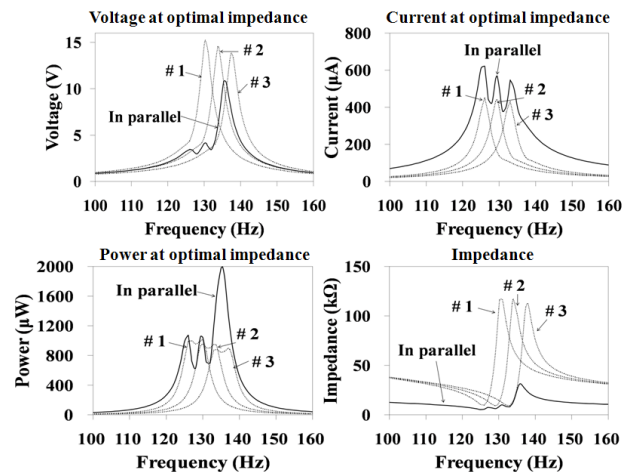


Fig. 3 Electrical outputs and the magnitude of impedance of the present piezoelectric energy harvester in parallel

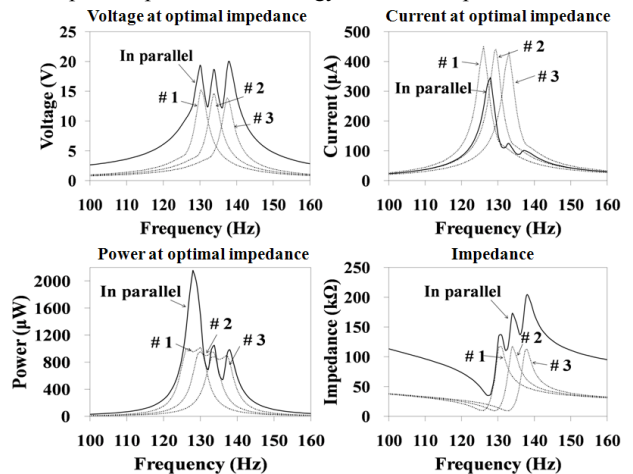


Fig. 4 Electrical outputs and the magnitude of impedance of the present piezoelectric energy harvester in series

원안에 배치하여 공진 주파수 대역폭이 확장된 에너지 수확 장치를 제안하였다. 출력 전류를 증가시키기 위해 개별 에너지 수확 장치의 전기적 연결은 병렬로 하였고, 개별 에너지 수확 장치간의 연결 방법에 따른 광대역 에너지 수확 장치의 성능을 비교하였다.

후 기

본 연구는 서울대학교 정밀기계설계공동연구소를 통해 체결된 창의적연구진흥사업 (한국과학재단, 과제번호 2009-0083278)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) Priya, S. and Inman, D. J., 2009, "Energy Harvesting Technologies", Springer Science+Business Media, LLC.
- (2) Ferrari, M. Ferrari, V. Guizzetti, M. Marioli, D. and Taroni, A., 2008, "Piezoelectric multifrequency energy converter for power harvesting in autonomous microsystems", Sens. Actuator A-Phys., Vol. 142, 329-335.