

# 진동 주파수에 따른 압전에너지수확기의 특성

## Character of Piezoelectric Energy Harvester by Vibration Frequency

#윤소남<sup>1</sup>, \*김동건<sup>1</sup>, 부혜민<sup>2</sup>, 서우석<sup>1</sup>, 공태우<sup>1</sup>

#S. N. Yun(ysn688@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, \*D. G. Kim<sup>1</sup>, H. M. Boo<sup>2</sup>, W. S. Seo<sup>1</sup>, T. W. Kong<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국기계연구원 나노기계연구본부, <sup>2</sup> 제주대학교 생명화학공학과

Key words : Piezoelectric, Energy Harvesting, Vibration Frequency

### 1. 서론

과학기술의 발전에 의해 사람들은 좋은 환경에서 윤택한 삶을 살아가고 있으며, 미래에는 현재보다 더 좋은 환경에서 생활할 수 있도록 하기 위해 과학의 기술을 발전시켜 나갈 것이다. 그 일환으로 오래전부터 연구가 진행되어 2010년부터 상용화될 USN(Ubiquitous Sensor Network)에 관한 관심이 높아지고 있다. USN은 RFID 태그와 센서를 통해 사물 및 환경정보를 감지하고 실시간으로 모니터링 할 수 있는 네트워크 시스템이다. 이런 시스템을 구현하는데 있어 전력공급은 배터리를 주기적으로 교환을 하거나 전원을 이용하기 위하여 전선을 연결하는 방법은 현실적으로 매우 힘든 일이다. 따라서 무의식적으로 버려지고 있는 태양열, 진동, 열, 풍력, 파력 등의 에너지를 쉽게 전기에너지로 변환시킬 수 있는 에너지수확기를 이용하여 USN을 상용화하기 위한 연구가 진행 중이다.<sup>1,2)</sup>

에너지수확기에 적용이 가능한 에너지원으로는 바람, 파도, 태양광, 진동, 온도차 등 많은 방법들이 있으나 그 중에서도 응용이 쉽고 깨끗한 에너지를 얻을 수 있는 바람과 압전 효과를 이용하여 에너지를 얻고자 한다.<sup>3,4,5)</sup>

본 연구는 기존의 바람에서 얻어지는 기계에너지를 직접적으로 압전소자에 가하는 방법을 사용함에 따라 고유 주파수가 높아 효율이 떨어지게 되어 고유 주파수를 낮출 수 있는 캔틸레버를 이용하여, 고유 주파수를 낮춰 발전 효율을 높이고자 본 연구를 수행하였다.

### 2. 실험방법

Fig. 1은 실험에서 사용하기 위하여 제작된 캔틸레버의 개략도를 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용한 캔틸레버의 재질은 탄성이 우수한 알루미늄 판을 사용하였고, 기관의 크기는 L×20×1.5[mm]이며, 길이 L의 크기를 150, 170, 190으로 제작하였다. 사용한 압전소자는 Hard PZT계 Bimorph형 세라믹(PI, PL140.10, piezoelectric constant  $d_{31} = -130 \times 10^{-12} \text{C/N}$ ,  $k_p = 55\%$ )으로 크기는 45×11×0.6[mm]을 사용하였다.

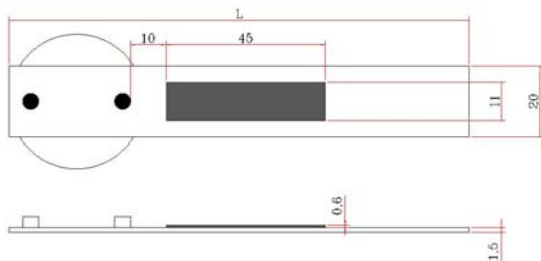


Fig. 1 Schematic of the piezoelectric cantilever

실험은 Fig. 1과 같이 아크릴 원통과 캔틸레버의 고정부분을 고정하고 아크릴 원통을 Exciter에 흔들리지 않도록 고정하고 압전소자를 캔틸레버에 부착한 후 캔틸레버에 진동을 가하였고, 캔틸레버의 고유 주파수를 변화시키기 위하여 5, 10, 15, 20[g]의 분동을 캔틸레버 끝에 달아 무게를 변화시키며, 실험을 수행하였다.

캔틸레버는 고유 주파수 대역으로 들어갔을 때 출력 전압이 최대가 된다. 캔틸레버의 고유 주파수는 Function generator의 주파수를 변화시켜 변하는 출력 전압이 최대가 됐을 때 주파수

값을 고유 주파수로 결정하였으며, 캔틸레버의 길이 및 분동 무게 변화에 따른 고유 주파수와 출력 전압을 관찰하였다.

Fig. 2는 압전 바이몰프형 캔틸레버를 이용한 실험 장치로서 캔틸레버에 진동을 가하기 위한 exciter(HEV-50), Amplifier, Function generator와 캔틸레버의 고유 주파수와 출력 전압을 측정할 수 있는 DAQ System(DEWETRON 5000)으로 실험 장치를 구성하였다.

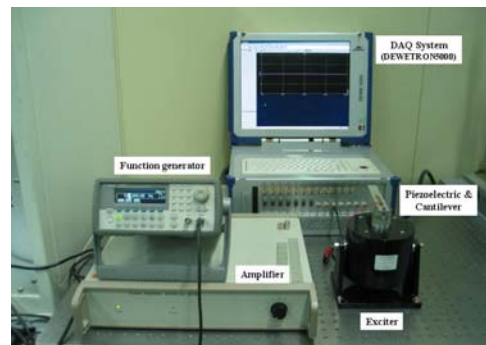
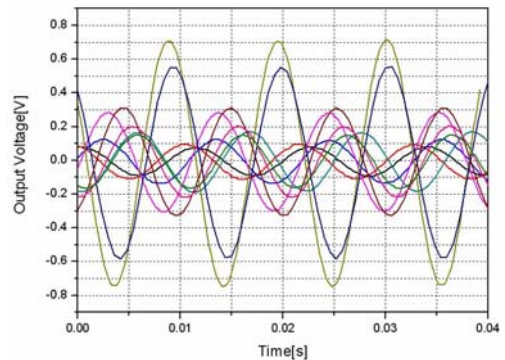


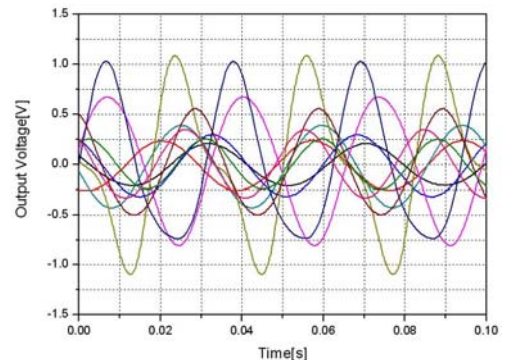
Fig. 2 Photo view of experimental setup

### 3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 3은 고유 주파수를 확인하는 과정에서 출력 전압의 특성을 나타낸 결과이다. 캔틸레버의 길이가 170일 때 끝에 분동 0[g], 20[g]를 달았을 때 출력전압 peak-peak 값은 각각 1.43[V], 2.2[V]가 출력된다는 것을 알 수 있었다.



(a) Voltage variation at cantilever length 170mm and weight 0g



(b) Voltage variation at cantilever length 170mm and weight 20g

Fig. 3 Voltage variation by frequency

Fig. 4는 캔틸레버의 끝 분동 무게 및 길이를 변화시키면서 측정된 고유 주파수를 나타낸 것이다. 무게를 가하지 않을 때의 고유 주파수는 각각 121, 94, 48[Hz]로 나타났으며, 캔틸레버의 끝에 달아 놓은 분동의 무게가 증가할수록 고유 주파수가 감소하였다. 캔틸레버의 고유 주파수( $f_n$ )는 캔틸레버 끝에 가해주는 무게에 반비례하는 것으로 알려져 있으며( $f_n \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$ )<sup>6)</sup>, 본 연구의 실험 결과에서 나타나는 것처럼 비슷한 결과를 얻을 수 있어 캔틸레버에 무게를 증가시켰을 때 고유 주파수를 낮출 수 있음을 확인 할 수 있었다.

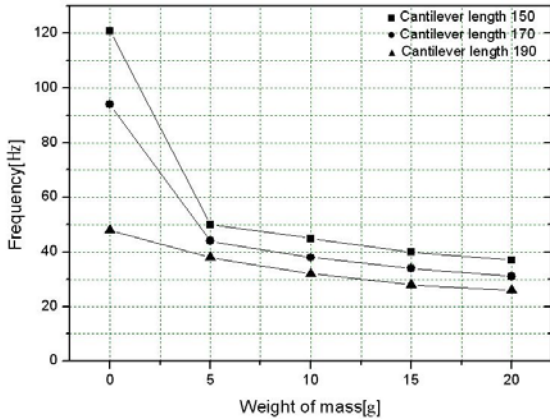
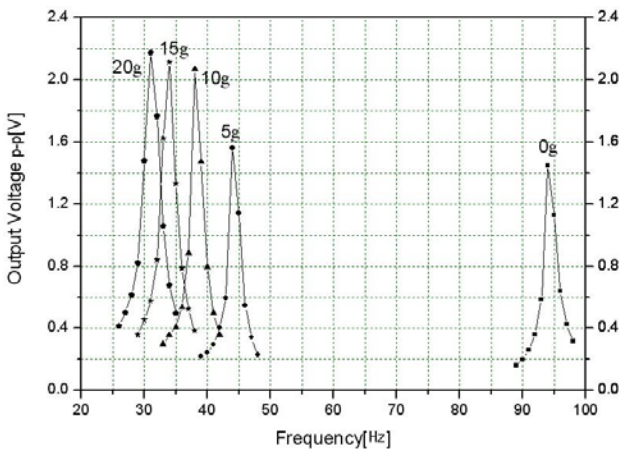
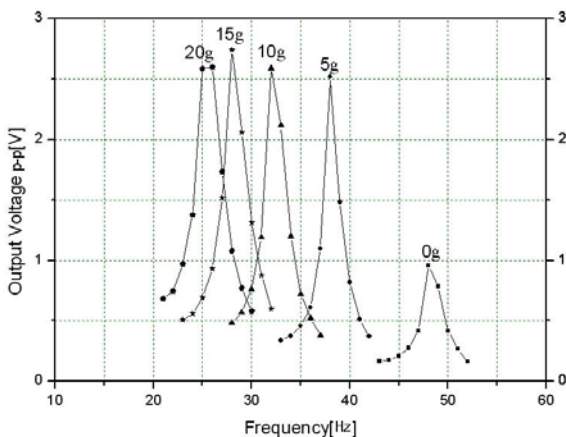


Fig. 4 Resonant frequency by change of cantilever length and weight

Fig. 5는 캔틸레버의 길이가 170, 190[mm]인 두 종류의 캔틸레버 끝에 분동 0, 5, 10, 15, 20[g]를 달았을 때 입력 주파수에 따른 출력 전압을 측정된 결과이다. 주파수를 낮추기 위해 캔틸레버 끝에 달아두었던 분동의 무게의 변화에 따라서 고유진동수가 낮아짐과 동시에 출력 전압의 크기가 커진다는 사실을 확인할 수 있었다.



a) Cantilever length, 170mm



b) Cantilever length, 190mm

Fig. 5 Output voltage characteristics by weight variation

Fig. 5의 a)와 b)의 캔틸레버 끝에 무게를 달아놓지 않았을 때 a)와 b)의 경우를 비교하여 보면 캔틸레버의 길이를 늘일수록 캔틸레버 끝에 무게를 달아놓지 않더라도 캔틸레버의 길이만을 조절하여도 고유 주파수를 낮출 수 있을 것으로 사료된다. 그리고 Fig. 5 b)에 나타난 것처럼 캔틸레버의 길이가 190이고 끝에 무게를 20g 달았을 때 출력 전압의 크기가 감소하는 현상을 보이고 있으며, 실험 진행과정에 다른 요인에 의해 이러한 결과가 나타난 것으로 사료되어, 이 부분에 대한 면밀한 검토를 진행할 계획이다.

#### 4. 결론

본 논문은 바람과 압전 소자만을 이용하는 방법보다 더 낮은 효율을 얻기 위한 기초연구로서 캔틸레버를 이용하여 본 연구를 수행하였다. 캔틸레버 끝의 무게와 캔틸레버의 길이를 각각 증가시켰을 때 고유 주파수가 낮아지면서 출력 전압은 높아지는 것이 관찰되었다. 캔틸레버 끝의 무게와 캔틸레버의 길이 두 조건을 적절하게 조절하여 사용한다면 압전소자의 단점으로 지적되고 있는 취성(깨어지는 성질)에 대한 문제점이 개선되어 압전에너지수확기를 효율적으로 사용이 가능하게 되고, 기존에 배터리를 사용하고 있던 야생동물 추적시스템, 오지의 생태관찰 시스템 및 USN 시스템 등에 압전에너지수확기를 이용한 자가발전 시스템을 적용할 수 있어 무선네트워크 시스템의 골칫거리인 배터리 문제를 해결할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. Steven R Anton and Henry A Sodano, "A review of power harvesting using piezoelectric materials (2003-2006)", Smart Materials And Structures, Vol. 16, No. 3, 1-21, 2007.
2. H. A. Sodano, G. Park and D. J. Inman, "Estimation of Electric Charge Output for Piezoelectric Energy Harvesting", Blackwell Publishing Ltd, Vol. 40, No. 2, 49-58, 2004.
3. 윤소남, 김동진, 함영복, 박중호, 최상규, "압전 액추에이터를 이용한 에너지 수확", 대한기계학회 2007년도 춘계학술대회, 2247-2252, 2007
4. 윤소남, 김동진, 최상규, 안병규, 임중환, "압전액추에이터를 이용한 풍력활용기술", 한국정밀공학회 2007년도 춘계학술대회, 457-458, 2007
5. Shashank Priya, "Modeling of Electric Energy Harvesting Using Piezoelectric Windmill", APPLIED PHYSICS LETTERS, Vol. 87, No. 18, 184101-1-3, 2005.
6. 김형찬, 송현철, 정대용, 김현재, 윤석진, 주병권, "주파수 조정에 따른 에너지 하베스팅용 압전 캔틸레버의 특성", 한국재료학회지, Vol. 17, No. 12, 660-663, 2007.