

# Study of efficiency optimization by input power in piezoelectric energy harvester

Tae Hyun Sung† • Se Bin Kim\* • Seong Kwang Hong\* • Chan Ho Yang\*  
• Jeong Hun Kim\*

## 1. 서 론

압전을 이용한 에너지 하베스팅 기술이 수년 전부터 많이 소개되고 있다. 압전 하베스팅의 경우 주로 판 형태의 압전체를 사용한다. 그리고 힘을 받았을 때 쉽게 변형이 일어나 효율 높게 발전하기 위해 외팔보 형태를 많이 사용한다. 본 실험에서도 이 같은 판 형태, 외팔보 형태를 선택하여 시스템을 구성하였다.

압전 하베스팅의 경우 기존의 논문들에서 중요하게 다룬 부분이 에너지 변환 효율이었다. 압전 하베스팅에서 다루어지는 많은 변수들에 대해 최적의 에너지 변환 효율을 구하는 것이 기존의 논문들의 목적이었다. 그 많은 변수들 중 입력에너지의 크기에 대한 내용은 없었다. 그래서 본 논문에서는 변수를 입력에너지의 크기로 두고 최적의 에너지 변환 효율을 구하는 것을 그 목적으로 하였다.

본 논문에선 입력에너지의 크기를 정확하게 측정하기 위해 무게 추의 위치에너지 변화를 입력에너지로 두었으며, 압전체의 진동에 의한 전기적 출력을 출력에너지로 두었다. 효율을 일반적으로 사용되듯이 출력에너지에 대한 입력에너지의 크기로 두었다.

## 2. 실험

### 2.1 장치 구성

실험을 위해 그림 1 에서 보는 것처럼 장치를 설치하였다. 그림 2 에서 보는 것과 같이 압전체인 압전판과 스테인리스판을 면 접촉을 통해 하나의 모듈(이하 압전모듈)을 이루어 그림 1 과 같이 설치하

였다. 추의 경우 실을 이용하여 압전모듈의 끝에 매달았으며, 레이저 변위 센서를 이용하여 압전모듈 끝단의 위치 변화를 측정하였다.

압전모듈(압전판, 스테인리스판)의 규격은 그림 2 에 표시된 것과 같으며, 실험을 위해 사용된 추의 무게 종류는 40, 80, 120, 160, 200 g 으로 총 5가지였다.

### 2.2 실험 진행 및 이론

먼저 압전모듈에 아무것도 매달지 않은 상태에서 끝단의 위치가 0 (z축 기준)이라고 했을 때, 5가지 무게의 추를 각각 매달아 압전모듈의 끝부분이 완전히 정지했을 때의 변위를 측정하였다. 그 때의 변위는 그림 3 에서 보는 것과 같았다. 이것은 변위 무게에 비례한다는 훅의 법칙에 따라 거의 직선형태의 그래프를 보여주는 것을 알 수 있다. 그림 4 는 무게에 따른 위치에너지의 크기를 보여준다. 이때 위치에너지의 크기는 곧 압전모듈에 저장된 입력에너지의 크기가 된다. 위치에너지는 훅의 법칙과 위치에너지 공식을 이용해서 분석해보면 무게의 제곱에 비례한다는 것을 이론적으로 알 수 있으며, 그림 4 에서 보듯이 측정된 값이 그러한 이론에 거의 부합하는 것을 확인할 수 있다.

매달린 추를 절단하게 되면 추가 떨어지면서 휘어져 있던 압전 모듈이 진동운동을 하게 된다. 이 때, 압전판을 통해 전기적 출력이 나오게 되며, 동시에 가변저항을 통해 임피던스 매칭을 한 각 무게에 대한 전압파형은 그림 5 와 같다.

그것을 임피던스 매칭을 위해 주어진 저항과 출력 전압의 RMS 값을 이용하여 출력 전력을 구할 수 있으며 그것은 그림 6 과 같다.

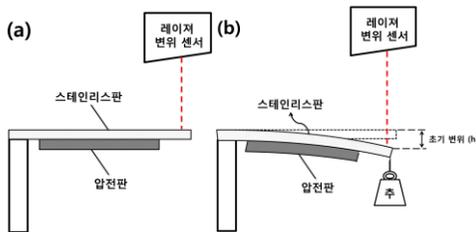
## 3. 결 론

각 추 무게에 대한 입력에너지와 출력에너지를 이용하여, 또한 각 추 무게에 대한 효율을 구하였으며, 그것은 그림 7 과 같다.

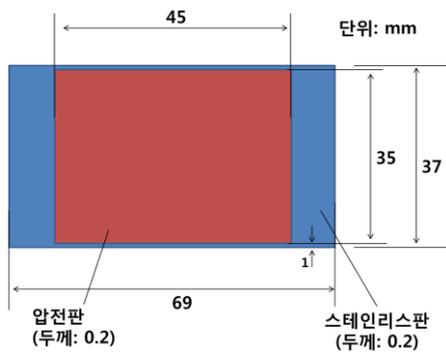
† 교신저자; 정회원, 한양대학교 전기공학과  
E-mail : sungth@hanyang.ac.kr  
Tel : 02-2220-2317, Fax : 02-2220-4316  
\* 한양대학교 전기공학과

본 실험을 통해 입력에너지의 크기에 대한 발전 효율의 최적점이 있다는 것을 확인하였다.

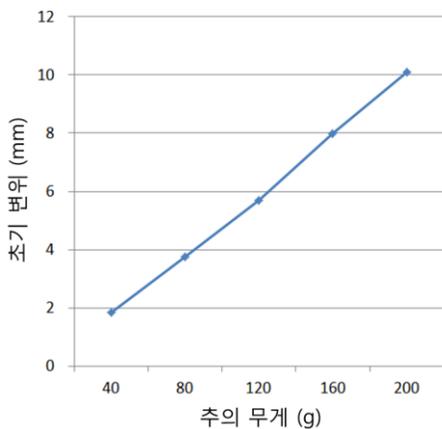
입력에너지가 클수록 출력에너지가 크다는 사실은 이미 알려진 바이다. 그러나 최적의 효율을 보이는 입력에너지의 크기에 대해선 이 논문에서 처음으로 다루었다. 본 실험을 통해 동일한 에너지라도 최적의 효율을 내는 에너지의 크기로 나누어서 압전체에 인가하는 것이 효율을 증가시킬 수 있으며, 곧 수확되는 총 에너지를 증가시킬 수 있다는 결론을 얻었다.



**Figure 1** Schematic diagram of (1) Non-mass condition and (2) Prestrain condition.

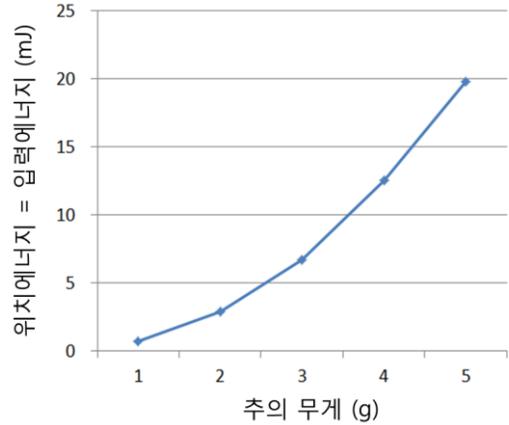


**Figure 2** Schematic figure of Piezoelectric Module

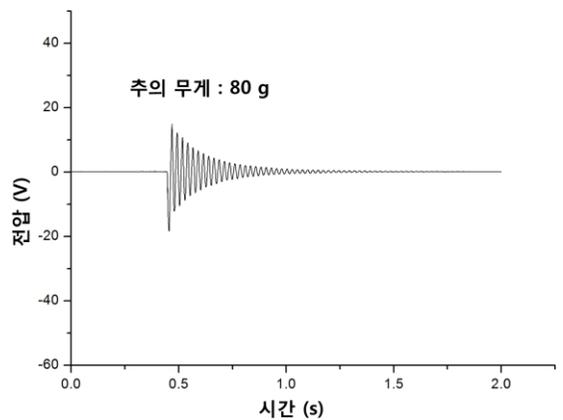
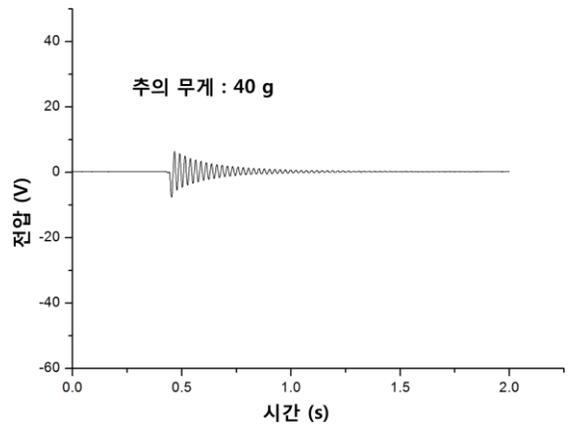


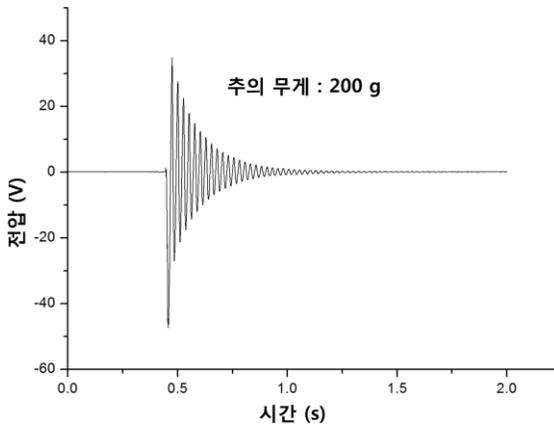
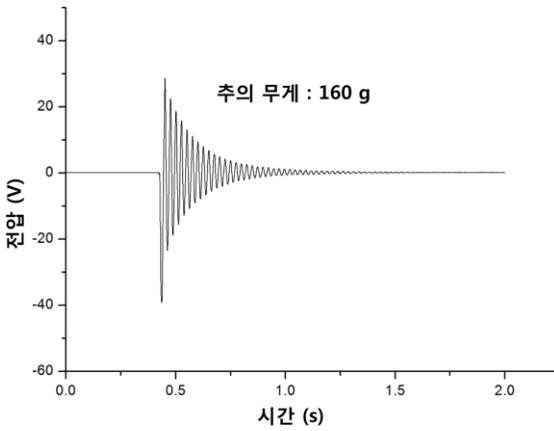
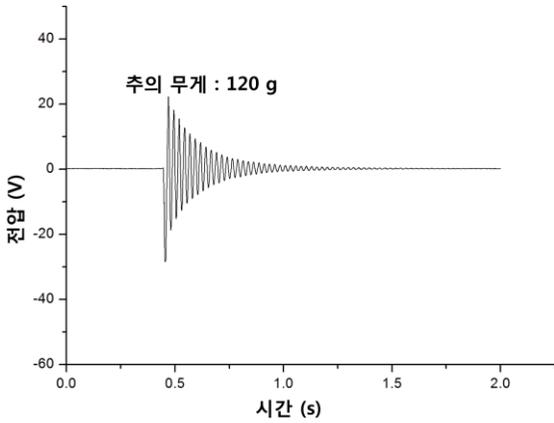
**Figure 3** Prestrain of free end of Piezoelectric Module with

respect to mass.

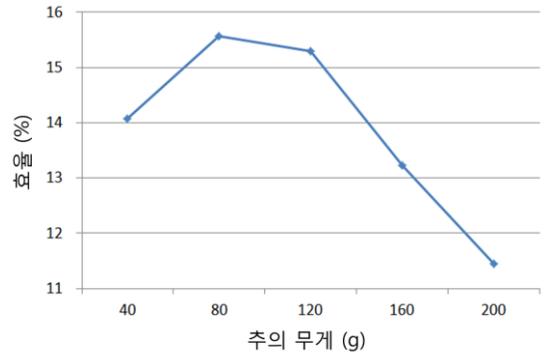


**Figure 4** Measured value of input (potential) energy of Piezoelectric Module with respect to mass.





**Figure 5** Output voltage of Piezoelectric Module by mass in impedance matching condition.



**Figure 6** Efficiency with respect to mass.