

주름형 평판을 이용한 에너지 수확 시스템의 성능평가

Performance evaluation of piezoelectric based energy harvesting device utilizing corrugated cantilever beam

김인호* ·진승섭* ·장선준** ·정형조†

In-Ho Kim, SeungSeop Jin, Seon-Jun Jang and Hyung-Jo Jung

1. 서 론

진동 기반 에너지 하베스팅 시스템중 압전 재료를 활용한 시스템은 전자기 유도 방식과 함께 많은 관심을 받고 있다. 최근에는 소재기술의 발달로 인해 기존의 세라믹 형태에서 PVDF나 MFC와 같은 유연한 소재가 활용되고 있으며 더욱 많은 형태의 시스템에 적용이 가능해졌다. 대다수의 압전 기반 시스템은 외팔보 형태이며 질량에 비해 강성이 크기 때문에 150Hz 이상의 영역에서 공진 주파수를 가진다. 하지만 우리가 흔히 접하는 진동은 50 Hz 미만의 공진주파수를 가지며 특히 토목구조물이나 빌딩 같은 대형 구조물은 10 Hz미만의 공진주파수를 가지기 때문에 압전 기반의 에너지 하베스팅 시스템을 적용하는데 제한이 된다. 따라서 본 연구에서는 질량의 변화없이 기존 시스템과 동일한 부피내에서 압전 기반 시스템의 공진주파수를 낮출 수 있는 새로운 시스템을 제안하고 이에대한 성능평가를 수행하였다.

에너지 하베스팅 시스템을 구성하기 위해 그림 1과 같이 주름형 외팔보 시스템을 제안하였다. 주름 형태에 적용이 가능하도록 PVDF 필름을 사용하였으며 외팔보의 길이는 60 mm, 두께 0.3 mm 그리고 질량은 10 g으로 동일하게 제작하였다. 그림 1은 제안된 주름형 시스템과 기존의 압전기반 외팔보 시스템의 부피가 동일하다는 개념의 개요도이다. 주름의 개수, 높이에 따른 시스템의 성능을 파악하기 위해 기존시스템과 별도로 4가지 케이스를 고려하였다.

2. 주름형 에너지 하베스팅 시스템

2.1 시스템의 개념

본 연구에서는 시스템의 질량이나 부피의 증가 없이 낮은 진동수의 공진주파수를 가지는 압전 기반

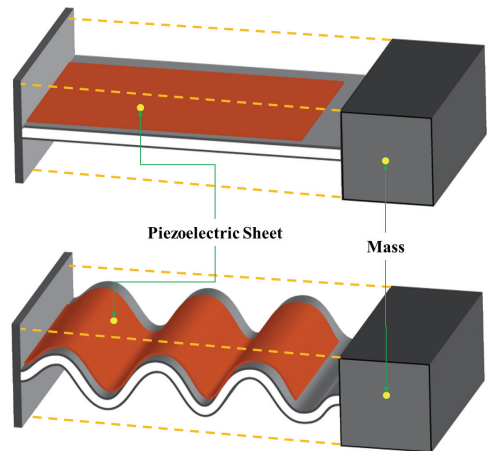


Fig.1 Schematic of corrugated cantilever beam

주름형 시스템의 이론적 검증을 위해 그림 2와 같이 xy 좌표계를 고려하였고 주름의 형태와 주파수의 관계를 확인하기 위해 x 방향에 대한 휨강성으로부터 관계식을 유도하였다.

† 교신저자; 정회원, 한국과학기술연구원
E-mail : hjung@kaist.ac.kr
Tel : 042-350-3626 , Fax : 042-350-3610
* 한국과학기술원
** iKR

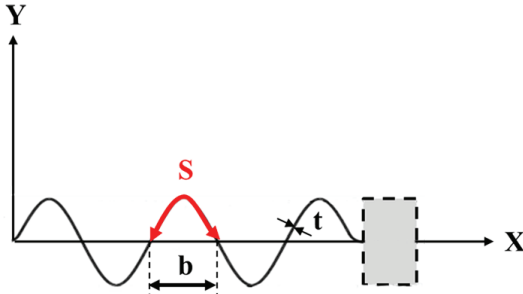


Fig.2 Coordinate of system

$$D_x = \frac{b}{s} \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad (1)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{b}{s} \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}} \frac{1}{ML^4} \quad (2)$$

$$\omega_n \propto \sqrt{\frac{b}{s}} \quad (3)$$

2.2 시스템의 성능 평가

본 연구에서는 시스템의 성능 평가를 위해 이론적인 식과 ANSYS를 이용한 1차 고유진동수의 변화를 확인하고 소형 진동대 실험을 통해 발생 전압에 대한 성능 평가를 수행하였다.

그림 3은 이론적 모델과 유한요소 프로그램을 이용해 도출된 주파수 변화에 대해 정규화 시킨 결과이다.

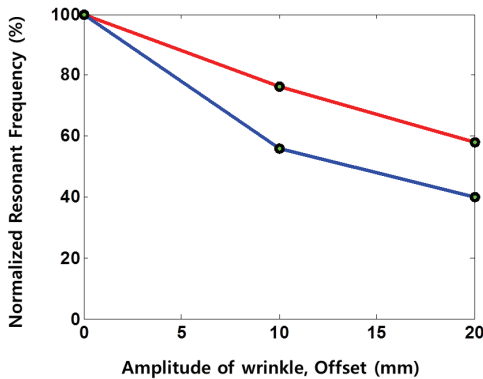


Fig.3 Normalized resonant frequency for each system

그림에서 파란 선은 빨간 선에 비해 주름이 많은 경우를 나타내며 기존 시스템의 고유 진동수를 100%로 고려하여 정규화하여 나타내었다. 그 결과 주름이 많고, 주름의 크기가 높은 경우 다른 경우에 비해 더 낮은 주파수에서 공진 주파수를 나타내는 것을 확인하였다.

그림 4은 소형 진동대 실험 setup이다. 가속도 재하로 실험하였으며, 가속도계를 설치하여 정규화하였다.

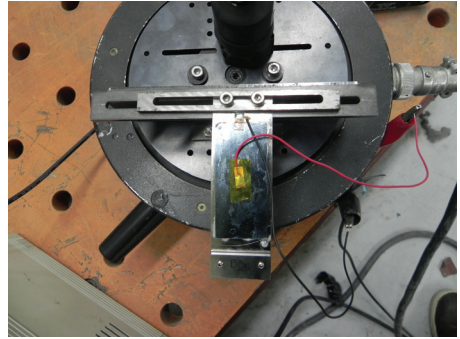


Fig.4 Experimental setup

실험 결과에서 모든 주름형 시스템은 기존 시스템에 비해 200% 이상의 발생 전압을 확인하였으며 공진주파수 변화폭에 따라 더 좋은 성능을 확인하였다.

3. 결론

본 연구에서 제안된 시스템은 낮은 주파수에서 발전 가능한 주름형 평판을 이용한 압전기만의 에너지 하베스팅 시스템의 개발과 성능 평가를 수행하였다. 성능 평가 결과 기존 시스템에 비해 50% 수준까지 공진 주파수의 변동이 가능하였고, 200% 이상의 발전 효율을 확인하였기 때문에 다양한 분야에 적용이 가능하리라 사료된다.

후 기

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2013R1A1A2011351) 및 국토해양부에서 후원하는 U-City 석박사과정 지원사업에 의해 수행되었습니다.