

PZT 시스템과 전기 시스템의 최적 설계를 통한 Energy Harvesting 효율 향상

Energy Harvesting Efficiency Enhancement by Optimal Design of PZT and Electric System

오재응[†] · 김진수[‡] · 정운창* · 윤정민* · 노정준*

Jae-Eung Oh, Jin-Su Kim, Un-Chang Jeong, Jung-Min Yoon, Jeong-Joon Roh

Key Words : Energy Harvesting Efficiency Enhancement (에너지 하베스팅 효율 향상), PZT (압전소자), Optimal Design(최적 설계)

ABSTRACT

The purpose of this study is intended to improve the efficiency of energy harvesting through the optimal design of the PZT system and the electrical system. To improve the efficiency of energy harvesting, it is necessary to increase the output voltage generated from the PZT. In this study, first the mounting position and shape of the PZT which is attached to the cantilever were optimized. Second electric circuit was optimized by using a series connection of a circuit and the electrical resonance frequency. As a result, we improve the output voltage about 5V.

기 호 설 명

- Z : 임피던스
- V_{in} : 입력 전압
- V_{output} : 출력 전압
- V_{DC}^{series} : 직렬 연결된 출력 직류 전압

1. 서 론

기계구조물은 필수적으로 진동이 발생하며 이로 인해 구조물의 미소 변형이 일어난다. Energy harvesting 기술 중 PZT 를 이용한 harvesting 은 energy 변환 효율이 크고 소형·경량화가 가능하여 다양한 영역에서 응용 연구가 진행되고 있으며, 이

중 Energy harvesting 효율을 향상 시키기 위한 연구가 국내외에서 진행 중에 있다.

Energy harvesting 효율을 향상 시키기 위해서는 PZT 로부터 발생하는 출력 전압을 상승시켜야 한다. 이를 위해서는 PZT 가 부착된 시스템과 전기적 시스템(회로)를 개선하는 방법이 있다. 따라서 본 연구에서는 최적화 기법을 이용하여 PZT 의 형상 및 부착위치를 최적화하고 전기적 공진을 이용하여 회로 소자 값을 최적화함으로써 Energy harvesting 효율을 향상 시키는 연구를 진행하였다.

2. FE Analysis를 이용한 PZT의 형상 및 부착 위치 최적화

2.1 FE analysis를 이용한 PZT의 최적 크기 및 위치 결정

최적화를 진행하기 실험계획을 이용하여 데이터를 구축한 후 크리깅 법을 통해 메타모델을 생성하였다[1]. 메타모델에 유전자 알고리즘을 이용하여 PZT의 최적형상 및 부착위치를 결정하였다 [2]. 실험계획법을 이용하여 27개의 FE model을 구축한 후, 각각의 모델에 대한 Strain 해석을 진행하였다.

[†] 교신저자; 한양대학교 기계공학부
E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr
Tel : 02-2220-0452, Fax : 02-2299-3153
[‡] 발표자; 한양대학교 융합기계공학과
* 한양대학교 융합기계공학과

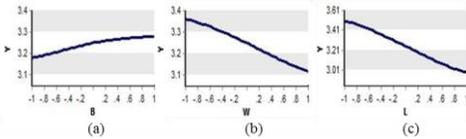


Fig.1 2D plot according to change of design parameter

PZT를 부착하여 Strain 해석을 진행 한 후, PZT에서 발생하는 Strain값을 목표 값으로 도출하였고, 7번 조합, PZT가 고정단에 가깝고 폭이 작을 때 가장 높은 Strain 값이 발생함을 알 수 있다.

2.2 실험을 통한 PZT의 최적 크기 및 위치에 대한 energy harvesting 효율 향상 평가

PZT 최적화 전/후의 크기를 외팔보에 부착하여 Energy harvesting 실험을 진행하였다.

Table 1을 통해 실험을 통해 PZT에서 발생하는 AC voltage를 비교한 결과 PZT1,2에서 최적화 후 전압 값이 증가 함을 알 수 있다.

3. 기계-전기 공진 주파수를 이용한 전기 시스템의 최적화

3.1 전기적 임피던스를 이용한 공진 주파수 수식 유도

기계 - 전기 상사 모델을 이용하여 harvesting 회로 모델링 하였다. 전기적 공진 주파수를 유도를 통해 식(1)과 같은 출력 전압 식을 유도하였다[3].

$$V_{output} = \frac{-j/\omega(C_1+C_2)}{R_1 + j\left[\omega L_1 - \frac{1}{\omega(C_1+C_2)}\right]} V_{input} \quad (1)$$

3.2 시뮬레이션을 통한 energy harvesting 효율 향상 평가

PZT의 부착위치 및 형상을 최적화한 후 실험을 통해 구한 6.9V(1차 공진), 5.4V (2차 공진)를 Vinput 값으로 이용하여 Simulation 진행하였다. 전기적 공진을 이용한 결과, output AC voltage가 1차 고유 진동수에서 6.6V, 2차 고유 진동수에서 5.8V 증가 하였다. 따라서, 회로 내에서 전기적 공진을 발생시킴으로써 harvesting 되는 전압의 크기를 증가시킬 수 있다.

Table 1 Comparison of AC voltage before/after optimization

| | | Unit: V | | | |
|---------------------|--------|-----------|------|-----------|------|
| | | PZT 1의 전압 | | PZT 2의 전압 | |
| Before Optimization | 23 Hz | 3.48 | | 0.61 | |
| | 103 Hz | 1.15 | | 2.3 | |
| | | PZT 1의 전압 | | PZT 2의 전압 | |
| After Optimization | 23 Hz | 전압 | 증가량 | 전압 | 증가량 |
| | 103 Hz | 6.88 | 3.4 | 1.01 | 0.4 |
| | | 4.41 | 3.26 | 5.41 | 3.11 |

4. 결 론

본 연구는 PZT 시스템과 전기 시스템을 개선하여 Energy harvesting 효율을 향상 시키는 연구를 진행하였으며 이를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 크리깅 법 및 유전자 알고리즘을 이용하여 PZT에 발생하는 Strain이 최대가 되기 위한 PZT의 형상 및 부착 위치를 최적화함
- 전기적 공진 주파수를 유도하고 진동 공진 주파수와 매칭을 통하여 harvesting 회로의 output AC voltage를 상승시킴

후 기

본 연구는 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 (재)한국연구재단의 지원을 받은 것으로 이에 감사 드립니다.

(연구과제번호 : 2012R1A1A2043208)

참 고 문 헌

- (1) Simpson, T. W., 1998, Comparisons of response surface and kriging models for multidisciplinary design optimization, Proc. 7th AIAA symposium on optimization, Vol.1, pp. 38~45
- (2) Won, Y.J., 2013, A study on the structural optimum design method of composite rotor blade cross-section using genetic algorithm, Journal of korean society for aeronautical and space, Vol.5, pp.12~17.
- (3) Ogata, K., 2007, System dynamics, PEARSON, London, United Kingdom.