한국소음진동공학회 2011년 추계학술대회논문집, pp.46~47

자가발전 무선센서를 위한 스킨형 에너지 하베스터
Skin-type Energy Harvester for Self-powered Wireless Sensors.

윤한솔* · 김홍진* · 조철민* · 윤헌준* · 김윤영† · 윤병동**
Hansol Yoon, Hongjin Kim, Chul Min Cho, Heonjun Yoon, Yoon Young Kim, and Byeng Dong Youn

1. 서 론

최근 일본의 후쿠시마 원전 사고 및 국내외의 플랜트들에서 발생한 각종 화재, 폭발사고 등으로 인해 안전하고 효율적인 생산환경을 구축하는 스마트 플랜트에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 스마트 플랜트는 센서 네트워크를 이용하여 제조 공정을 실시간으로 모니터링/관리함으로써 구현이 가능하다[1].

스마트 플랜트에 장착된 수많은 센서에 전원을 공급하기 위해서는 전선을 연결하거나 주기적으로 배터리를 교환하는 작업이 필요하다. 이 과정에서 겪는 어려움을 해결하고 보다 친환경적이고 지속 가능한 스마트 플랜트의 구축을 위해 주위에서 버려지는 열, 진동, 유체 흐름 등의 에너지를 유용한 전기 에너지로 변환하는 에너지 하베스팅에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

특히 대형 플랜트에는 파이프, 압력용기, 보일러, 변압기, HVAC(Heating Ventilation and Air Conditioning)와 같이 다양한 박막구조(Shell structure)의 진동에너지원들이 존재한다. 본 연구에서는 이러한 박막구조에 압전(Piezoelectric) 소자를 직접 부착하는 방식의 스킨형 에너지 하베스터를 제안하고, 시제품을 직접 제작하여 무선 가속도/온도 센서 작동에 충분한 전력을 생산할 수 있는지 여부를 검증하였다.

† 교신저자; 정회원, 서울대학교 기계항공공학부 차세대 자동차 연구센터
E-mail : yykim@snu.ac.kr
Tel : (02) 880-7154, Fax : (02) 872-5431
* 서울대학교 기계항공공학부 대학원
** 서울대학교 기계항공공학부

2. 스킨형 에너지 하베스터 설계

효과적인 스킨형 에너지 하베스터의 설계를 위해서는 신뢰성 높은 해석 모델이 필요하다. 앞선 연구에서는 에어컨 실외기의 상판부에 통계적 모델 보정(Statistical model calibration)을 수행하여 신뢰성 높은 해석 모델을 개발하였다[2]. 본 연구에서는 앞서 개발한 해석 모델을 이용하여 조화 해석을 수행한 후 에너지 소멸(Energy cancelation) 효과를 최소화하기 위해 전위가 (+)에서 (-)로 변화하는 부분을 선별하고 이를 Inflection line 이라 명명했다[3].

3. 스킨형 에너지 하베스터 제작 및 평가

3.1 시험대의 구성

스킨형 에너지 하베스터의 제작 및 무선 온도/가속도 센서의 구동을 위하여 두께 1 mm의 철로 된 박판구조물을 제작하였다. 구조물의 4 면은 완전 고정하였으며 가진기를 이용하여 박판구조물의 중심점을 원하는 주파수와 세기로 가진할 수 있게 구성하였다.

3.2 실험을 통한 물성치 보정

Table 1 은 해석을 통해 예측된 시험대의 공진주파수 값과 실제 실험을 통해 관찰된 공진주파수 값을 나타낸 것이다. 이 결과를 토대로 탄성계수 등의 물성치를 수정하여 해석결과를 보정 하였다. 또한 보다 정확한 전력량 예측을 위해 압전 소자를 이용한 빔 형태의 에너지 하베스터를 10 개 제작하였다. 실험을 통해 각각

의 하베스터가 가진 정확한 감쇠비를 측정하고 감쇠비의 평균값을 물성치로 적용하여 해석에 사용했다.

3.3 스킨형 에너지 하베스터 제작

앞서 설계한 Inflection line을 제외한 박판의 나머지 부분에 압전 소자를 부착하기 위하여 Fig. 1의 과정을 통해 압전 소자를 가공한다. 가공의 용이성을 위해 Inflection line의 경계를 직선으로 근사화 하였으며, 압전 소자는 레이저 재단기를 이용하여 가공하였다. 마지막으로 전도성 에폭시를 이용하여 압전 소자를 박판 표면에 부착한다.

3.4 자가 발전 무선 센서의 구현

Table 2는 실험을 통해 측정된 각 압전 소자 부위에서의 수확 가능한 전력량의 평균을 보여준다. 또한 제작된 스킨형 에너지 하베스터를 이용하여 무선 온도 및 가속도 센서[4]의 동시 작동이 가능함을 확인하였다. (Fig. 2)

4. 결 론

본 논문에서는 통계적 해석 모델을 이용하여 스킨형 에너지 하베스터를 설계하고, 직접 제작하여 시연함으로써 실제 스마트 플랜트 등에서 무선 센서의 전력원으로 사용 가능함을 검증하였다. 스킨형 에너지 하베스터는 이처럼 에너지 자립형 스마트 플랜트를 구성할 수 있다는 장점 외에도 구조 진동 저감, 효율적 공간 이용 등의 다양한 장점으로 기존에 주로 사용되었던 빔 구조의 에너지 하베스터보다 뛰어나며, 스마트 플랜트, 건물 자동화, 시설물 구조 건전성 모니터링 등 다양한 분야에서 응용이 가능하다.

Table 1 Natural frequency of test bed [unit: Hz]

Mode	Simulation	Experiment
1	48.4	54
2	91.9	97

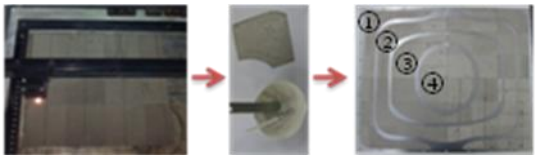

Fig. 1 Process of harvester fabrication

Table 2 Predicted power [unit: mW]

Mode	①	②	③	④
1	0.115	0.044	0.119	0.427
2	0.472	0.001	0.887	0.024

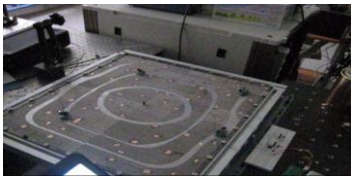

Fig. 2 Demonstration of functioning LED module and temperature wireless sensor

후 기

본 연구는 한국 연구재단의 중견 연구자 지원 사업 (과제번호: 2011-0017445)과 WCU (과제번호: R31-2010-000-10083-0)의 지원을 받은 것으로 이에 감사 드립니다.

참고문헌

[1] D. C. White, 2003, “ The smart plant: economics and technology”, FOCAPO 2003 Proceedings.
[2] Lee, S. and Youn, B. D., 2011, “ A design and experimental verification methodology for an energy harvester skin structure”, Smart Mater. Struct. Vol.20, 057001.
[3] Lee, S., Youn, B. D., and Jung, B. C., 2009, “ Robust segment-type energy harvester and its application to a wireless sensor,” Smart Material and Structures, Vol. 18, 095021.
[4] http://www.ambiosystems.com.