한국소음진동공학회 2014년 춘계학술대회논문집, pp. 79~80

플랜트 무선 센서 노드의 전원공급을 위한 전자기형 에너지 하베스터 개발

Development of An Electromagnetic Vibration Energy Harvester for Powering Wireless Sensor Nodes for Industrial Plants

이한민† · 김영철* · 서종호*. 박성환*

Hanmin Lee, Young-Cheol Kim, Jongho Seo and Seong-Whan Park

1. 서 론

산업용 플랜트 장비의 상태 감시를 위하여 무선 센서 노드가 널리 사용되고 있다. 기존 센서의 전원으로 사용되는 배터리 수명의 한계로 인해 주변에서 버려지는 진동이나 열 에너지를 전기 에너지로 변환하여 센서 전원으로 활용하고자 하는 요구가 늘어나고 있다.

본 연구에서는 무선 센서 노드의 전원공급을 위하여 60Hz, 0.5G의 외부 진동이 존재할 때 20mW 이상의 출력을 낼 수 있는 전자기형 에너지 하베스터를 개발하였다. 최적설계를 통하여 주어진 체적 하에서 최대 파워를 낼 수 있는 레이아웃을 결정하였고, 설계 검증을 위해 해당 레이아웃에 대한 기계-전기 변환 계수를 실험을 통해 확인하였다. 이러한 최적설계를 바탕으로 시제를 제작하여 해석과 실험 결과가 잘 일치함을 확인하였다.

2. 최적설계 검증

자석의 운동방향과 코일의 회전축이 평행하면서 자석이 코일 내부로 들어가지 않는 타입의 전자기형 에너지 하베스터에 대한 최적설계를 수행하였다. Figure1과 같이 체적이 25cm^{3}로 일정하다는 조건 하에서 최적 설계안은 초기 설계안에 비해 전체적으로 높이가 늘어난 형상을 얻었다. 전체적으로 높이가 커짐으로써 진동 방향으로의 자속 변화율이 늘어났고 이를 통해 기계-전기 변환 계수가 높아져 출력 파워가 향상된 것으로 분석할 수 있다. 또한, 코일의 높이가 커지고 내경이 줄어듦으로써 코일 단면을 지나는 유효 자속의 수가 늘어난 것도 출력 향상의 원인이라고 볼 수 있다.

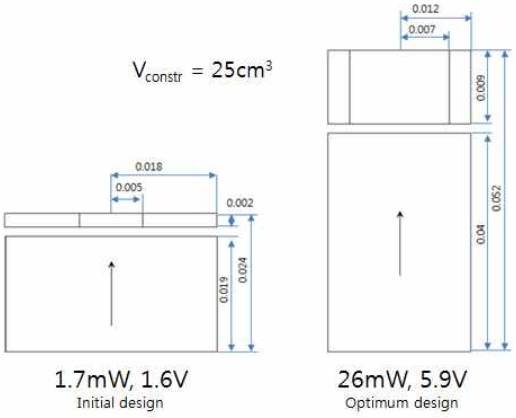

Figure 1 Initial and optimum design of the energy harvester

최적설계안에 대한 검증을 위해 Figure 2와 같이 기계-전기 변환 계수를 직접 구할 수 있는 실험을 수행하였다. 초기설계와 최적설계에 대해 각각 코일을 고정시키고 자석을 가진기로 직접 가진시켜 출력 전압을 속도로 나눈 값을 변환 계수로 계산해 본 결과 해석에서 구한 값과 5% 이내의 정확성을 보였다.

† 교신저자; 정회원, 한국기계연구원 기계시스템안전연구본부
E-mail : hmlee@kimm.re.kr
Tel : 042-868-7812, Fax : 042-868-7186
* 한국기계연구원 기계시스템안전연구본부

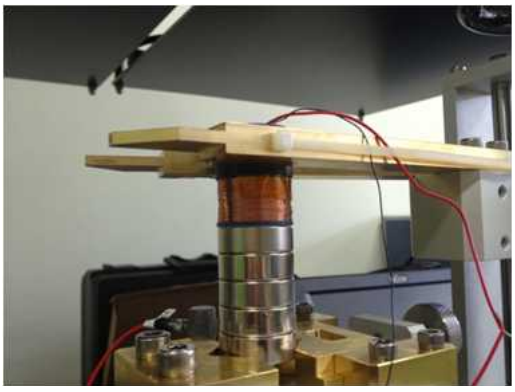

Figure 2 Measurement setup for the experimental setup for the simulation models

3. 시제 제작 및 실험결과

최적설계안을 바탕으로 전자기형 에너지 하베스터를 제작하고 실험을 수행하였다. 분해 조립의 용이성을 위해 중앙 원통을 중심으로 아래, 위로 두껑을 결합시키는 형태로 설계하였으며, 마찰을 최소화하기 위하여 스프링을 판 형태로 제작하였다. 자석 끝단은 브라켓에 압입하고 브라켓과 스프링은 볼트로 연결하여 스프링을 교체해가며 공진 주파수를 조절할 수 있도록 설계되었다. 판 스프링을 다양한 형상으로 설계하여 테스트를 수행하였으며, 이 중 선정된 나선형 구조에 대해서 항복 응력 이하에서 요구하는 강성을 만족하는 최적 형상(두께 및 외경 최소화)을 도출하였다. 자화가 잘 되지 않는 스프링 재질 중 항복 응력이 높으면서 탄성계수가 비교적 낮고 경제적인 구리를 이용하여 스프링을 가공하였다.

Figure 3 Assembly and components of the energy harvester

Figure 5는 시제품의 출력 파워에 대한 주파수 응답 결과를 보여준다. 공진 주파수는 60Hz에 가까운 값을 보여주며 출력 파워도 23.5mW로 목표치를 상회하였다. 출력 파워에 대한 해석결과(26mW)와 비교하면 약간의 오차가 존재하지만 비교적 정확한 결과를 얻었다. 저항을 바꿔가며 실험해본 결과 700 Ω에서 파워가 최대가 됨을 알 수 있었다. 최대 파워가 나타나는 주파수에서 출력 전압은 5.74V로 해석값(5.9V)과 근사한 결과가 나타났으며, 주파수 대역폭은 2.3Hz로 측정되었다.

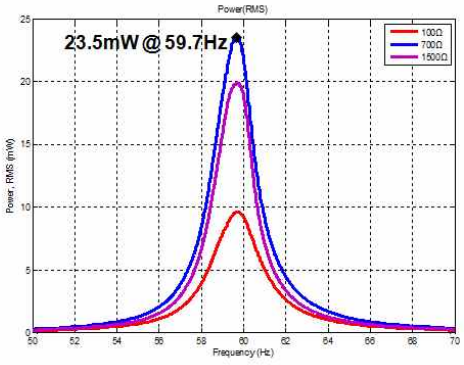

Figure 5 Frequency response of output power

3. 결 론

본 연구에서는 최적설계를 통하여 주어진 체적 하에서 최대 파워를 낼 수 있는 레이아웃을 결정하였고, 설계 검증을 위해 해당 레이아웃에 대한 기계-전기 변환 계수를 실험을 통해 확인하였다. 이러한 최적설계를 바탕으로 시제를 제작하여 해석과 실험결과가 잘 일치함을 확인하였다.

후 기

본 연구는 2014년도 한국기계연구원 자체사업의 지원을 받아 수행한 연구입니다.