

가변 공진형 회전 진동 에너지 하베스터의 타당성 분석 연구

Feasibility Study of a Tunable Rotational Energy Harvester

김인호* · 장선준** · 정형조†

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

1. 서 론

최근 들어 교량 및 빌딩과 같은 대형 토목 구조물과 같이 낮은 공진 주파수를 가지는 구조물에 적용하는 에너지 하베스팅에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 이러한 구조물은 낮은 공진 주파수로 인해 기존의 시스템을 적용하는데 어려울 뿐 아니라 외부 하중에 따라 주파수 성분이 쉽게 변하기 때문에 이에 대한 대책을 필요로 한다. 본 연구에서는 공진 주파수 조절이 가능한 시스템을 제안하고, 이에 대한 타당성 분석 연구를 수행하였다.

2. 시스템 개요

2.1 공진주파수 조절기능을 갖는 회전 진동계
그림 1은 제안된 회전 진동계의 정면도를 보여주 고 있다. 전체 시스템은 크게 무게추, 무게추가 매달린 줄이 감겨있는 실패, 그리고 실패에 연결된 태엽 스프링 시스템으로 구성되어 있다. 외부에서 가해지는 가진에 의한 무게추의 관성력과 스프링의 복원력에 의해 그림 1의 진동시스템은 병진 및 회전 진동운동을 하게 된다[1]. 제안된 진동시스템은 일반적으로 특정 단일 공진주파수를 가지며, 외부주파수가 공진주파수와 일치할 때 가장 높은 에너지 변환 효율을 나타내게 된다. 시스템의 공진주파수는 일반적인 진동시스템의 경우 무게와 강성 2가지 물리적 값에 의해서 결정되게 된다. 그러나 그림 1과 같은

회전 진동계에서는 실패의 직경의 크기를 변화시켜 강성을 조절할 수 있으며 이와 같은 연구 결과는 참고문헌 [1]에 소개된 바 있다. 그러나 실제 작동 중에 실패의 직경을 바꾸어주거나 참고문헌 [1]에서와 같이 크기가 다른 실패로 무게추를 옮기는 것은 현실적으로 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 복수의 태엽스프링을 사용하여 스프링간의 연결관계를 변화시키므로써 강성을 조절하여 결과적으로 시스템의 공진주파수를 조절할 수 있는 시스템을 제안하였다.

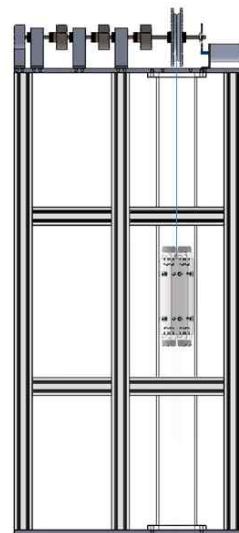


Fig.1 Schematics of the proposed system

그림 2는 제안된 시스템의 상부를 자세히 나타내 고 있다. 총 4개의 태엽스프링들이 직렬로 연결되었으며 각 스프링 사이에는 스프링의 연결상태를 조절할 수 있는 잠금장치가 삽입되었다. 회전축이 원활하게 작동하기 위해 각 태엽스프링 사이에는 베어링이 설치되었다. 이 경우 잠금장치의 작동여부에 따

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

라 총 4가지의 태엽스프링의 연결이 가능하며 이는 곧 4가지크기의 강성 및 공진주파수의 구현이 가능하게 됨을 의미한다.

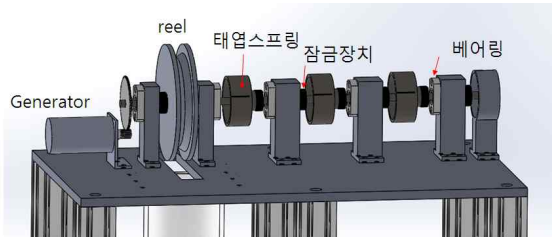


Fig.2 Composition on upper side

2.2 대역 설계

제안된 진동에너지 하베스터는 총 4개의 공진주파수를 갖는다. 본 연구에서는 진동시스템의 주기가 2에서 5초 사이, 즉 외부 가진 주파수의 주기가 3초 이내로 변화할 경우 Half power 이상을 갖는 대역폭을 설계하고자 한다. 그림 3은 주어진 조건을 만족하는 시스템의 공진주파수 값이다. 총 4개의 태엽스프링의 강성은 서로 조합하였을 때 그림 3의 공진주파수 값들을 만족하도록 결정되었다. 또한 2에서 5초 사이의 주기 즉, 0.2 Hz에서 0.5 Hz 사이에서 최대 생산 파워의 절반, 즉 Half power 조건을 만족하는 감쇠 값을 결정하여 적용하였다. 설계된 시스템에 0.1g 크기를 갖는 가진을 가하였을 때 예상되는 출력의 주파수 특성을 그림 4에 표시하였다.

2.2 성능 평가

회전 진동에너지 하베스터를 제작하여 2축 수직 진동대를 이용하여 가진 시험을 수행하였다.

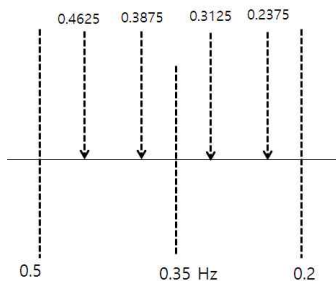


Fig. 3. Designated frequencies

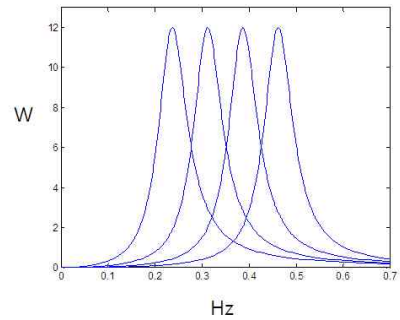


Fig. 4 Simulation result on the performance of the proposed system

3. 결 론

본 연구에서는 외부 하중의 변화에 따라 공진 주파수가 쉽게 변하고, 낮은 공진 주파수 성분을 가지는 환경에서 진동에너지를 전기에너지로 변환시키기 위해 가변 공진형 회전 진동 에너지 하베스터를 제안하고 타당성을 분석하는 연구를 수행하였다. 4개의 태엽스프링 조절을 통해 시스템은 강성 및 공진주파수가 변하는 것을 수치해석과 Lab-scale의 실험을 통해 검증하였다.

후 기

본 연구는 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원 (KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제 (No.20133030071230)와 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 (NRF-2013R1A1A2011351)으로 수행하였습니다.

참고문헌

[1] S-J Jang, I-H Kim, H-J Jung, and Y-P Lee, "A tunable rotational energy harvester for low frequency vibration," Applied Physics Letters, 99, 134102 (2011)