

낮은 주파수에서 발전이 가능한 복합형 진동기반 전자기유도 시스템 개발

Development of a hybrid electromagnetic energy harvesting device for low frequency vibration

김인호* · 민동이* · 장선준** · 정형조†

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

1. 서 론

최근 토목 구조물의 노후화로 인해 유지관리의 중요성이 부각되면서 다양한 센서들을 이용하여 구조물의 안전성을 진단하는 연구의 필요에 따라 무선 센서 기반의 건전도 모니터링에 대한 연구와 함께 외부 전력으로부터 독립적인 시스템 구축을 위해 에너지 하베스팅 (energy harvesting)이 혼합된 연구가 활발히 진행되고 있다. 에너지 하베스팅이란 시설물 주위의 태양광, 풍력 그리고 진동과 같은 다양한 에너지를 전기에너지로 변환 시키는 기술로 본 연구에서는 진동에너지를 이용한 에너지 하베스팅 시스템을 개발하였다. 일반적으로 진동기반의 에너지 하베스팅 방법은 크게 압전 방식, 정전기 방식 그리고 전자기 유도 방식으로 나눌 수 있으며 본 연구에서는 전자기 유도 방식을 이용하여 효율적인 발전 시스템에 대한 연구를 수행하였다.

2. 에너지 하베스팅 시스템

2.1 전자기유도 에너지 하베스팅의 개념

전자기 유도 형식의 에너지 하베스팅 방법은 자석과 코일의 상대 속도에 따라 기전력이 발생하는 페러데이의 전자기 유도 법칙을 이용한 방식으로 최근 토목 분야에서 무선센서의 전력원으로 활용하기

위해 많이 연구되고 있다. 그림 1과 같이 전자기 유도시스템은 스프링에 매달린 자석을 질량으로 하여 단자유도 시스템으로 구성할 수 있다.

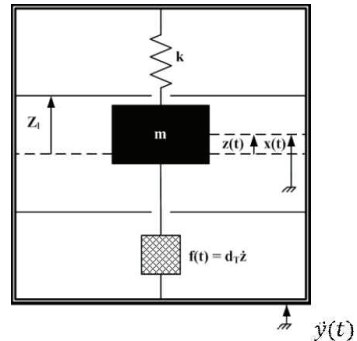


Fig.1 Schematic of single-degree-of-freedom

이러한 개념을 토대로 사장케이블의 진동을 활용한 시스템을 제안하였고, 실제 계측된 가속도 데이터를 토대로 진동대 실험을 수행하여 타당성을 검증하였다. 그러나 기본적인 형태의 시스템은 사장케이블은 경사가 있기 때문에 마찰이 발생하여 적용시키기 어렵고, 케이블의 낮은 고유진동수로 인해 고려된 시스템의 질량은 커져서 큰 정적 변위를 가지며, 시스템을 튜닝하는 것이 어려운 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 새로운 형태의 시스템의 개발이 필요하다.

2.2 개선된 진동기반 발전 시스템

본 연구에서는 현장 적용시 문제가 되는 전자기 유도 시스템의 단점을 극복하기 위해 다양한 형태의 시스템을 제안하고, 발전 효율을 높이기 위해 고도화 하는 연구를 수행하였다.

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

(1) 복합형 전자기 유도 시스템

본 연구에서는 3가지 형태 시스템의 동시 비교가 가능하고, 활용하여 발전 효율을 높일 수 있는 시스템을 제안하였다. 그림 2는 각각의 개별적인 형태를 나타낸 그림이다.

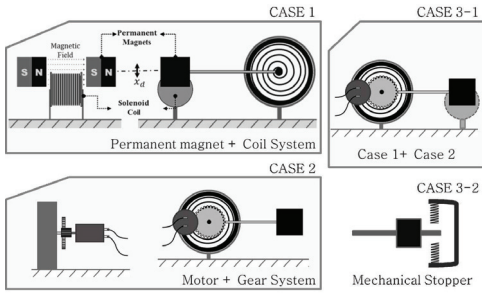


Fig.2 Schematic of the hybrid system

제안 시스템은 기존의 압축 및 인장스프링을 사용하던 전자기 유도시스템과 달리 회전 스프링을 사용하여 경사진 케이블에 적용이 가능하도록 하였으며, 이로 인해 단점을 극복할 뿐 아니라 다양한 방식을 동시에 적용하여 단위 부피에서 더 많은 전기 수확이 가능하다.

(2) 제안 시스템의 성능 평가

그림 3은 낮은 주파수에서 발전이 가능한 복합형 전자기 유도 시스템의 시작품으로 그림 2에서 제시된 형태를 모두 활용 가능하도록 제작되었다. 시스템은 크게 전자기 유도 파트와 모터 파트 그리고 낮은 진동수의 입력 하중 작용시 진동수를 높일 수 있게 고려된 mechanical stopper 파트로 나눌 수 있다.

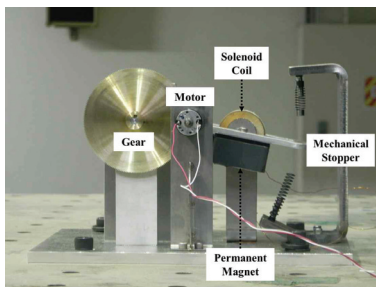


Fig.3 Prototype of proposed system

성능 평가를 위해 수직 진동대를 활용하여 실험을 수행하였고, 입력하중은 0.03g의 조화하중을

0.5Hz~5Hz까지 재하였다. 그림 4와 그림 5는 실험 결과를 나타낸다.

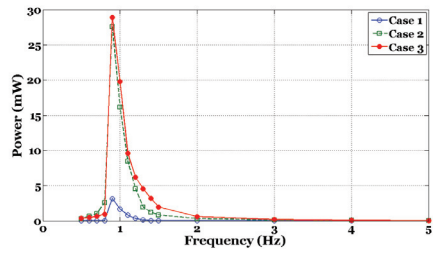


Fig.4 Generated power

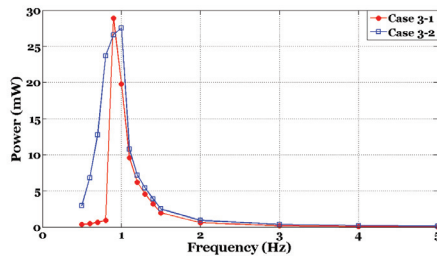


Fig.5 Performance of mechanical stopper

실험 결과에서 제안 시스템은 하나의 시스템을 활용하여 전기를 생산할 때에 비해 더 많은 전력 생산이 가능함을 그림 4를 통해 확인할 수 있으며, 그림 5에서는 mechanical stopper를 활용할 경우 활용하지 않은 경우에 비해 발전 가능 주파수 영역이 넓어짐을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 연구에서 제안된 시스템은 발전가능 영역확대가 가능한 효율적인 진동기반 발전 시스템으로 기존 시스템에 비해 넓은 영역의 공진 주파수를 가지기 때문에 토목구조물과 같이 낮은 주파수를 가지는 시스템에 적용하여 좋은 성능과 효율을 가질 수 있는 시스템이다.

후 기

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(11첨단도시G08) 및 국토해양부에서 후원하는 U-City 석박사과정 지원사업에 의해 수행되었습니다.