

교량 센서노드 전원공급용 효율 향상을 위한 진동형 광대역 에너지 하베스트에 관한 연구

The research of the wideband vibration energy harvester to improve energy efficiency from bridge for sensor node applications.

한기봉*·신동찬*·김영철†

Kibong Han, Dongchan Shin and Young-Cheol Kim

1. 서 론

최근 저 전력 무선센서노드는 센서와 마이크로프로세서, 통신기능을 가지고 있어 구조물의 안전진단, 유지관리, 방재시스템에 사용하는데 제일 적합하다. 이를 동작시키는 데에는 전원이 필요하며 이를 해결하기 위해 주변에 널려있는 에너지를 유용한 전기에너지로 변환하는 에너지 하베스터 기술이 각광을 받고 있다. 진동을 이용한 에너지하베스터는 우리 주변에서 쉽게 발생할 수 있는 소음, 떨림과 같은 진동에너지를 전기에너지로 변환하여 충전하는 기술이다. 특히 일상적인 움직임으로 시간에 제한 없이 지속적인 발전, 충전이 가능하기 때문에 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 진동 에너지 하베스터는 외부에서 들어오는 진동주파수와 에너지하베스터를 구성하는 진동시스템의 고유진동수가 일치할 때 최대 전력을 얻을 수 있지만 이를 벗어난 주파수 대역에서는 에너지 전환이 현저히 감소하는 단점을 갖는다. 이를 극복하기 위해서 광대역진동에너지 하베스터 연구를 수행하였다. 이 방법은 주파수 별로 여러 개의 장치를 제작하여 외부로부터 유입되는 진동에 따라 그 주파수에 맞는 장치가 각각 진동을 하여 최대의 전력을 생산하게 하는 것이다. 그러나 이는 여러 개의 장치 중 하나만 작동하기 때문에 비효율적이다. 이를 보완하기 위해서 에너지하베스터를 구성하는 진동시스템의 고유진동수를 외부에서 들어오는 진동주파수와 일치시키는 방법을 연구하였다. 그러나 이 방법은 진동시스템의 고유진동수를 일치시키는데 투입되는 에너지와 이 장치에서 발생하는 에너지의 차이를 고려

하면 오히려 발전량이 떨어짐을 알 수 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 광대역 진동 에너지하베스터를 제안하였다. 진동구조물과 연결하는 스프링, 에너지하베스터를 보호하는 하우징, 하우징에 고정된 권선코일, 권선코일과 상대운동을 일으키는 영구자석과 스프링 으로 구성된 에너지 하베스터에 커패시턴스와 부하저항을 연결하여 공진회로를 구성함으로써 발전효율을 극대화하였다.

2. 진동형 광대역 에너지하베스터

2.1 진동형 광대역 에너지하베스터의 구조

Figure 1은 광대역 진동형 에너지하베스터의 구조를 나타낸다. Figure 2는 진동형 광대역 에너지하베스터의 등가 모델을 나타낸다. Figure 2를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 M\ddot{z}_1 + d\dot{z}_1 + Kz_1 - C_g\dot{z}_2 - K_gz_2 &= -M\ddot{y} \\
 m\ddot{z}_1 + m\ddot{z}_2 + C_g\dot{z}_2 + K_gz_2 + NBli(t) &= -m\ddot{y} \\
 NB\dot{z}(t) - R_i i(t) - L\frac{di}{dt} - \frac{1}{C}\int idt - R_L i(t) &= 0 \quad (1)
 \end{aligned}$$

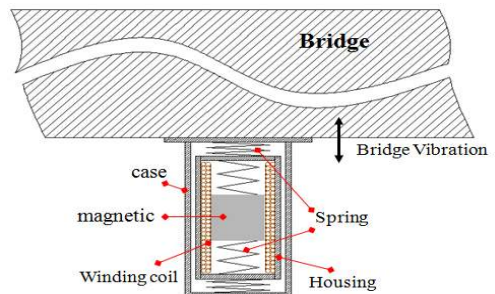


Figure 1. The schematic of wideband vibration energy harvester.

† 교신저자; 정회원, 한국기계연구원

E-mail : kyc@kimm.re.kr

* 중원대학교

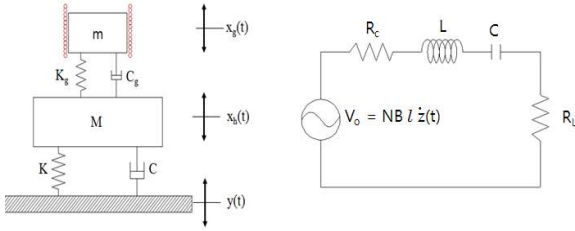


Figure 2. The mathematical model of vibration system energy harvester.

Figure 2의 회로도에서 부하저항 R_l 에 걸리는 전압 $V_o(j\omega)$ 는 다음과 같다.

$$V(j\omega) = I(j\omega) R_l = \frac{R_l}{R_c + R_l + L_C j\omega - j \frac{1}{\omega C}} V_o(j\omega) \quad (2)$$

식(2)에서 $L_C j\omega - j \frac{1}{\omega C} = 0$ 일 때 부하저항에 걸리는 전압이 최대가 된다. 즉

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{C L_C}} \quad (3)$$

본 논문에서는 진동시스템의 고유진동수와 전기회로 방정식의 고유진동수를 같게 하였다. 즉

$$\omega_n = \omega \quad (4)$$

2.2 시뮬레이션결과 및 고찰

Table 1은 시뮬레이션에 사용한 시스템매개변수를 나타낸다. Figure 3은 외부진동에 대한 부하저항(50 Ω)에 걸리는 전압의 주파수 응답을 나타낸다. 실선은 커패시턴스가 있는 것을 나타내고, 점선은 없을 때를 나타낸다. 이때 22.5rad/sec일 때는 동일 하지만 4rad/sec일 때는 커패시턴스가 있을 때 공진이 발생함을 알 수 있다.

본 논문에서는 교량진동을 고려하여 진동 입력을

Table 1. system parameters.

파라미터	값	파라미터	값
M	2Kg	d	0.89N·S/m
K	967.2N/m	m	0.05Kg
C_g	0.11N·S/m	K_g	24.2N/m
N	500	B	1.22T
l	0.0628m	L	1.25H
C	0.0017F	R_c	50 Ω

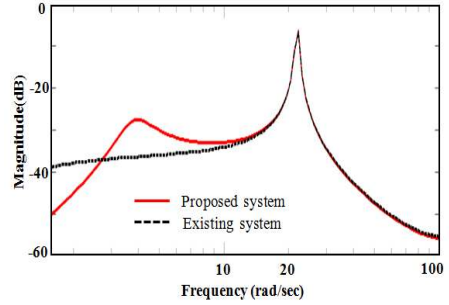


Figure 3. Frequency response of voltage in load resistance.

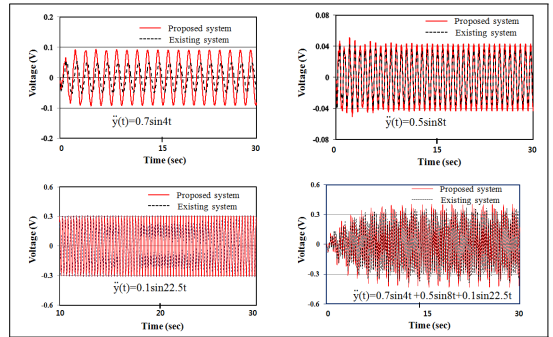


Figure 4. Voltage output in load resistance.

다음과 같이 선정하였다.

$$\ddot{y}(t) = 0.7\sin 4t + 0.5\sin 8t + 0.1\sin 22.5t \quad (5)$$

Figure 4는 부하저항(50 Ω)에 걸리는 전압을 나타낸다. 이때 22.5rad/sec에서는 동일하지만 4rad/sec일 때는 커패시턴스가 있는 쪽이 약 2배 이상 크음을 알 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 진동시스템의 고유진동수와 진동발진기에 커패시턴스와 부하저항을 연결하여 공진회로를 만든 결과 고주파대역(22.5rad/sec)는 거의 동일하지만 저주파대역(4rad/sec) 근처에서는 부하저항만 있을 때 보다 훨씬 큰 전압을 발생함을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 방법은 다양한 주파수를 갖는 진동에너지로부터 전기에너지를 얻는데 효과적일 것으로 기대된다.

후 기

이 연구는 2012년 기계연구원 자체창의 연구사업의 지원 하에 수행되었습니다.