

저 진동수에서 코일과 자석을 이용한 초소형 발전기 연구

이동호, 김성일*, 이윤표, 박민철

A study of the micro power generators with a coil and a magnet using vibration of low frequencies

Dong ho Lee, Seong-il Kim, Yoon pyo Lee, Min chul Park

Abstract We have fabricated a micro power generator which changes vibrational energy into useful energy. With vibrating a magnet on the surface of a winding coil, the micro power generator produce alternating voltage. We have changed the vibrational frequency from 0.5Hz to 10Hz. AC voltage of 20~25mV was generated at the frequency of 1Hz. When the vibration was 3Hz, AC voltage of 80mV was obtained. We have rectified and stepped up the input voltage using a quadrupler circuit. The voltage was stepped up to 130mV.

Key words Micro power generator(초소형 발전기), Vibration(진동), Magnet(자석), Coil(코일), Rectifying circuit(정류회로)

* 한국과학기술연구원 시스템 연구부
 ■E-mail : s-ikim@kist.re.kr ■Tel : (02)958-5737 ■Fax : (02)958-5739

Nomenclature

Hz : hertz
 mV : milli voltage

subscripts

RPM : revolution per minute
 AC : alternating current
 DC : direct current

1. 서론

전자산업분야에서 기술이 발전됨에 따라 제품의 크기는 작아지고 또한 소비전력이 점점 작아지는 추세이다. 일반적으로 거의 대부분의 휴대용 전자제품 안에 전원공급 장치인 전지가 들어있다. 전자제품을 사용하면 전지에 내장된 에너지를 소모하게 되고, 제품에 전원을 공급할 수 없게 되면 충전을 하거나 새 전지로 교환을 하여야한다. 이 경우 문제점은 전지가 소모됨이고 환경을 오염시키는데 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 무공해 전원 즉 외부에서 전원의 공급이 없이 기전력을 발생시킬 수 있는 자가발전의 형태나 광전효과를 이용한 태양 전지 또는 압전소자^(1,2) 등을 이용하는 연구가 활발하게 진행 중

에 있다. 이 기술 중에서 자석을 이용한 발전기의 형태는 우리가 사용하는 여러 가지 전력원의 형태 중 가장 많은 부분을 차지하고 있다. 크게는 대형 수력발전기부터 연료소비형 자가발전기, 작게는 자전거에 사용하는 소형 자가발전기 까지 그 종류도 다양하다. 본 연구는 자석과 코일을 이용하여 전압을 얻을 수 있는 소형 자가 발전기의 연구이다. 본 연구의 목표는 우리 주위에 많이 존재하는 버려지는 에너지원인 미세한 진동에너지를 자석과 코일을 사용하여 전기에너지로 변환하는 초소형 발전기^④에 관한 것이다.

2. 개념

본 연구에서는 원형 또는 다각형으로 감겨진 고정된 코일 위에서 외부의 진동에너지에 의해 자석이 수평으로 움직이거나, 또는 그와 반대로 평면위에 놓인 고정된 자석 위에서 수평방향으로 원형 또는 다각형으로 감겨진 코일이 진동하여 움직일 때 코일의 내부에서 기전력이 발생하는 현상을 이용한다. Fig. 1은 교류발전기의 간단한 개념도이다. 자석이 외부 진동에 의해 직선 왕복운동을 하게 되면 전자기 유도현상에 의해 교류전압 V 를 얻게 된다. 일반적인 발전기의 형태는 자석이 코일의 안쪽에 위치를 하는 솔레노이드 타입이 대부분이다. 하지만 전력원의 크기가 작아지면 코일을 입체적으로 감는 것이 어려워지게 되어 평면 코일의 형태가 적합하다. 이 발전기에서 발생하는

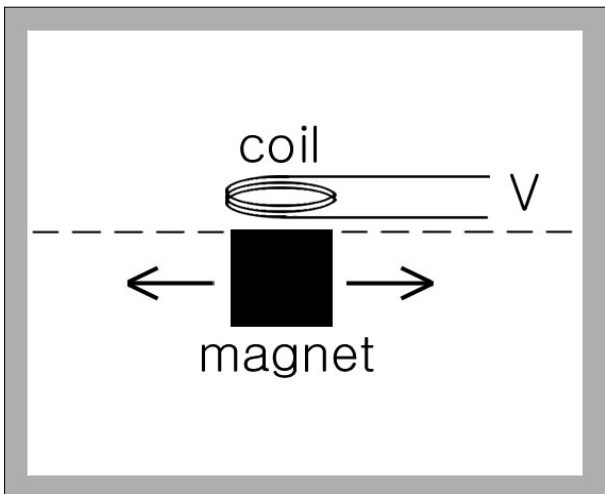


Fig. 1 자석과 코일을 이용한 초소형 발전기의 개요도

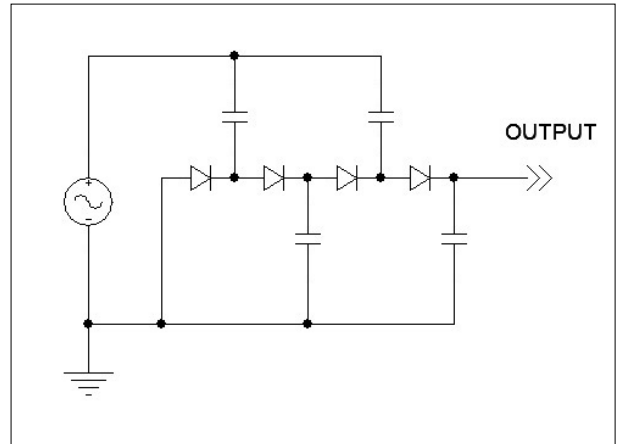


Fig. 2 다이오드 4개와 커패시터 4개를 이용한 채배정류회로

전류는 교류이기 때문에 일반적인 회로를 구동하기 위해서는 직류로 정류해 주는 작업이 필요하다. 전력원의 크기가 작아지게 되면 전압 값 또한 작아지게 되므로 필요에 따라 적당한 값으로 전압을 높여주는 작업이 필요하다. 또한 Fig. 2는 교류를 직류로 정류하고 또한 전압을 증가 시켜주는 회로도이다^④.

3. 실험

전자기 유도현상에 의하여 자석과 코일을 이용하여 교류전압을 얻는 실험과 이를 채배정류회로를 통하여 직류전압을 얻는 실험을 하였다.

3.1 교류전압

직경이 약 0.1mm인 코팅된 구리선을 사용하여 160턴을 감아 코일을 만들었고 코일의 지경은 약 10mm이다. 직경1.5cm 두께 1cm인 자석을 사용하였다. 이때 코일의 내부저항은 11.3 Ω 이다. 주파수의 변화에 따라 정확하고 일정하게 수평방향으로 진동하는 진동 발생장치를 제작하였다. Fig. 3은 제작한 진동 발생장치의 사진이다. 진동 발생장치의 속도 변환모터와 속도 조절장치, 선형베어링, 일반베어링 및 아크릴 몸체 등으로 이루어져있다. 선형베어링 위에 슬라이더를 장착하여 자석을 움직일 수 있게 하였다. 모터의 축에 원형 아크릴 판을 달았고, 코일의 크기에 따라 자석의 진폭을 조절하기 위하여 원형 아크릴 판 위에 1cm단위로 베어링을 설치하였다. 아크릴 판이 회전

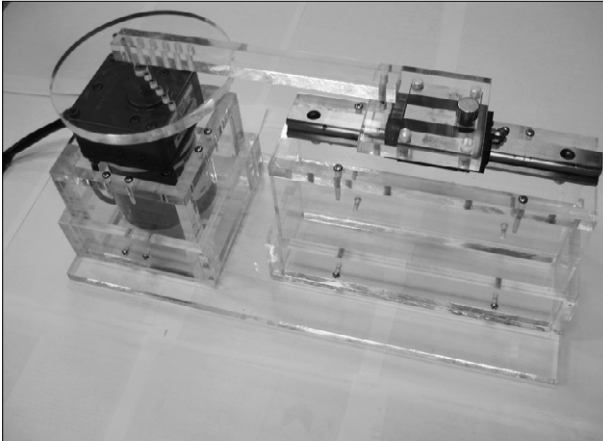


Fig. 3 모터의 회전운동운동을 직선운동으로 바꾸는 진동발생장치

을 하면 막대의 형태인 아크릴이 슬라이더에 직선 운동의 형태로 에너지를 전달해준다. AC 속도변환 모터는 최대 600RPM 까지 가능하고 이를 직선운동형태로 변환할 경우 진동수단위로 환산하면 10Hz가 된다. 샘플 홀더를 사용하여 코일을 올려 놓고 속도 조절장치를 사용하여 진동 발생장치의 진동수를 0.5Hz에서 6Hz까지 1Hz단위로 변환해 가며 코일에서 발생하는 전압 값을 측정하였다. 측정에 사용한 장비는 Agilent technology의 MSO6034A 오실로스코프였다. 오실로스코프의 측정범위는 전압을 50mV 시간을 250ms로 하였고 이때 측정된 전압 값은 교류 전압으로 Fig. 4와 5에 나타나있다. Fig. 4에서 진동수를 3Hz인가했을 때 80mV의 교류전압을 얻었고, Fig. 5에서는 진동수를 6Hz인가 했을 때 133mV의 교류전압을 얻었다. 진동수를 0.5Hz에서 1Hz, 6Hz까지 1Hz단위로 변화시켜가며 오실로 스코프로 출력전압을 측정하였고 그 결과 값을 Fig. 6에 나타냈다. 진동수 증가량의 함수일 때 출력전압의 변화량 기울기는 거의 직선의 형태로 나타난다. 이때의 기울기를 보면 1Hz증가할 때마다 출력전압은 약20~25mV씩 증가한다.

3.2 채배된 직류전압

Fig. 2의 채배정류회로를 이용하여 교류전류를 직류로 바꾸고 전압을 채배하는 실험을 하였다. 이때 전압의 크기가 수십에서 수백mV 정도의 작은 값이므로 다이오드선정에서 순방향 전압이 작은 쇼트키다이오드를 사용하는 것이 바람직하다. 이

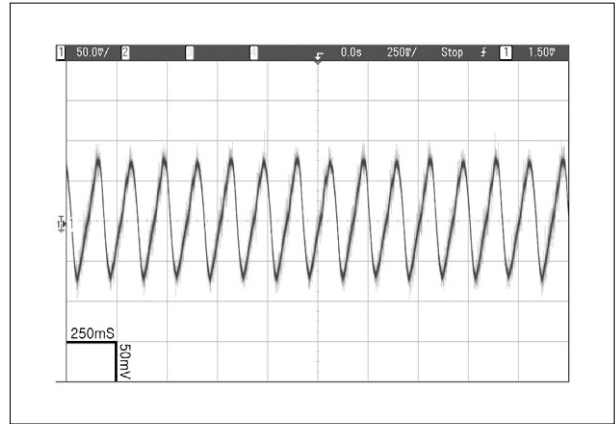


Fig. 4 진동수 3Hz에서 발생한 전압 AC 80mV

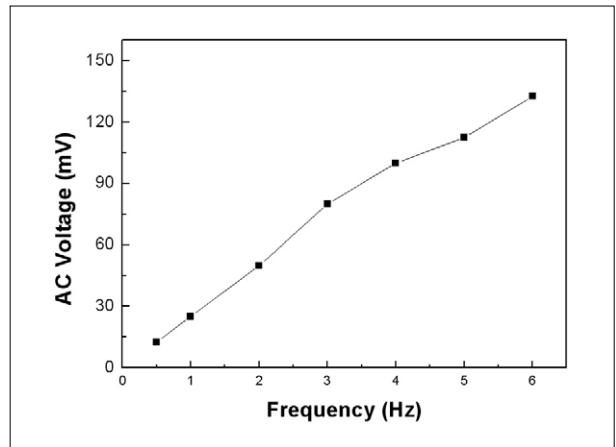


Fig. 5 진동수의 함수일 때 코일에서 발생한 출력 전압

실험에서 사용한 커패시터의 용량은 47uF이었다. 위의 실험방법과 같이 진동발생장치를 이용하여 3Hz의 진동수를 만들고 코일로부터 교류전압을 발생시켰고, 채배정류회로를 통과시켜 직류전압을 얻었다. 앞의 실험과 동일한 장비를 사용하고 동일한 방법(측정범위 50mV, 250ms)으로 측정 하였다. Fig. 7은 3Hz로부터 발생한 교류전압과 채배정류된 직류전압을 측정한 그림이다. 이 저주파수 영역대는 일상생활에서 활용 가능한 진동에너지가 작다는 것을 감안하여 결정한 것이다. 예를 들 면 자동차가 시내에서 주행할 때(약 시속 60Km/Hr) 발생하는 미세 진동수가 평균 10Hz, 사람들이 걸거나 달릴 때 발생하는 진동수가 수Hz이다.

Fig. 7에서 알 수 있듯이 3Hz의 교류전압 80mV로부터 채배정류회로를 통해 130mV로 약1.6배의 승압된 값을 얻었다.

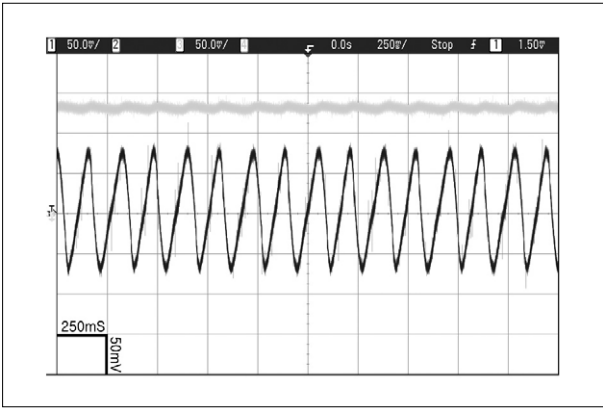


Fig. 6 진동수 3Hz에서 발생한 교류전압과 채배정류회로를 통한 직류전압

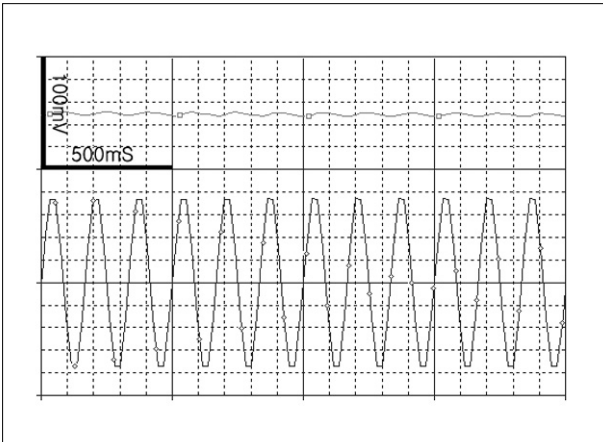


Fig. 7 Pspice에 의한 구동 진동수 3Hz에서 발생한 교류전압과 채배정류회로를 통한 직류전압

따라서 채배정류회로를 사용하면 일반적으로 정류할 때 발생하는 전압 감소현상을 개선하였다. Fig. 8은 컴퓨터로 계산한 Pspice의 시뮬레이션 결과이다. Fig. 8에서 세로는 출력전압으로 1칸이 100mV이고 가로는 시간의 축으로 1칸이 500ms이다. Fig. 4와 Fig. 6을 보면 구동 진동수가 3Hz인데 시간 축 1초안에 사인파가 6개가 들어있다. 이는 자석이 한번 왕복운동을 할 경우 2개의 사인파형을 만들어 내기 때문이다. 시뮬레이션 상에서는 자석이 진동할 때 발생하는 진동수의 2배로 된다. 그러므로 시뮬레이션에서는 구동진동수의 2배에 해당하는 값

을 입력해야 한다. Pspice에서 교류전압 6Hz 80mV를 입력을 하여 채배정류회로를 통과하여 직류 전압 150mV를 얻었고 실제 측정값과 시뮬레이션 값을 비교해보면 20mV차이가 난다. 실제 측정에서 부품의 내부저항과 기생 축전용량, 배선에서 발생하는 저항 등에 의한 손실을 고려하면 비교적 좋은 결과이다.

4. 결론

평면상에 원형으로 감긴 코일 및 자석을 이용하여 진동에너지를 전기에너지로 바꾸는 소자 및 특성 측정 장치를 제작하고 특성을 측정하였다. 실험결과 진동수가 작은 영역(~수Hz)에서부터 진동수가 1Hz씩 증가함에 따라 출력전압이 20~25mV로 일정하게 증가하였다. 3Hz의 진동수를 발생시켜 80mV의 전압을 얻었고 이를 채배시켜 약 1.6배정도로 승압된 130mV를 얻었다.

References

- (1) J.H. Ryu, A.V. Carazo, K. Uchino and H.E. Kim, Magnetroelectric Properties in Piezoelectric and Magnetrostrictive Laminate Composites. Jpn. J. Appl. Phys. 40 (2001) 4948-4951
- (2) P. Smalser, Power Transfer of Piezoelectric Generated Energy, US patent 5703474, Patent and Trademark Office, Washington, D.C., 1997
- (3) C.B. Williams, R.B. Yates, Analysis of a micro-electric generator for microsystem. Sensors and Actuators A 52 (1996) 8-11
- (4) N.N.H. Ching, H.Y. Wong, W.J. Li, P.H.W. Leong, Z. Wen, A laser-micromachined multi-modal resonating power transducer for wireless sensing systems, Sensors and Actuators A 97-98 (2002) 685-690

이동호



현재 : 국민대학교 물리학과 한국과학기술연구원 시스템 연구부
(E-mail : dhlee7902@kist.re.kr)

김성일



현재 : 한국과학기술연구원 시스템 연구부
(E-mail : s-ikim@kist.re.kr)

이윤표



현재 : 한국과학기술연구원 시스템 연구부
(E-mail : yplee@kist.re.kr)

박민철



현재 : 한국과학기술연구원 시스템 연구부
(E-mail : minchul@kist.re.kr)