

보행에너지를 이용한 압전식발전장치개발에 관한 연구

김동석, 박관수, 최형식\*, 이병우\*  
 부산대학교, 한국해양대학교\*

Study on Development of Piezoelectric Generator Device using Walking Energy

Dong Sok Kim, Gwan Soo Park, Hyeung Sik Choi\*, Byeong Woo Lee\*  
 Pusan National University, Korea Maritime University\*

**Abstract** - 현대 정보사회는 교통수단의 발달과 더불어, 휴대용 기기의 급속적인 발전을 가져왔다. 따라서, 휴대용 기기의 전원에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 여전히 시간적 제약을 받는 배터리에 대부분의 휴대용 기기가 의존하고 있다. 이에 본 연구에서는 사람들이 동작하는 동안 항상 버려지는 체중에 의한 에너지를 이용한 발전장치를 설계하였다. 이 발전장치는 외력을 주었을 때, 대전압·소전류를 발생하는 평판형 압전소자의 특성을 이용한 장치이다.

하기 어려운 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 Fig. 3의 RC회로를 이용하여 충전전력량을 계산하였다. 또한, 브리지 다이오드를 이용하여 Fig. 2와 같이 발생하는 정현파를 정류하였다.

1. 서 론

현대 정보사회는 교통수단의 발달과 더불어, 휴대용 기기의 급속적인 발전을 가져왔다. 또한, 앞으로 다가올 유비쿼터스시대에는 더욱더 휴대용기기의 사용이 확대 될 것이다. 따라서 휴대용기기의 전원공급장치는 가장 중요한 부분이 되고 있다. 전원공급장치의 종류에 따라 휴대용기기의 성능, 크기, 무게, 용도가 결정되기 때문이다. 이러한 중요성 때문에 지금까지 많은 연구가 진행되어왔고, 발전해왔다. 그러나 대부분의 휴대용기기가 여전히 일정 에너지소비 뒤 재 충전이 필요한 배터리에 의존하고 있다. 이에 본 연구에서는 사람들이 움직이고 있는 동안 항상 공급되는 체중을 이용한 발전장치를 개발하고자 하였다. 이 발전장치는 외력을 주었을 때 대전압을 발생하는 압전소자의 특성을 이용하였다.

압전소자의 동작특성은 2가지로 분류되는데 첫 번째가 압력을 가하면 전압을 발생하는 압전 직접효과(퀴리 효과)이며, 두 번째는 전압을 주면 결정체가 변형을 일으키는 압전 역효과(리프먼 효과)이다. 본 연구에서는 첫 번째의 압전 직접효과를 이용하였다. 이러한 특성을 가지는 압전소자의 재료는 초기에는 로셀염 계통과 인산화수소가리계통의 두 종류가 있었고, 그 후 티탄산바륨 계통의 압전소자가 개발되었으나 센서로 사용하기에는 몇 가지 문제점이 있었다. 그 이후, 이성분계로 PZT라고 불리는 압전 세라믹이 발견되면서 넓게 활용되고 있다. 최근에는 박막기술의 발전으로 평판형태의 압전소자 및 매우 얇은 형태의 압전필름이 개발되어 이를 활용한 연구가 많이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 평판형 구조를 가지는 압전소자를 이용하여 발전장치를 설계하였다.

2. 평판형 압전소자의 특성

본 연구에 사용된 압전소자는 Fig. 1와 같이 직경이 27 [mm]로 매우 작고, 평판형 구조이다. 이 압전소자에 외력을 가하면 Fig. 2.에서 보는 것과 같이 매우 큰 전압을 발생한다. 전압은 외력에 따라 다르지만 수천볼트 정도까지 발생할 수 있다. 이에 센서나 스위치로 많이 활용되고 있다. 그러나 큰 전압발생에 비해 발생 전류가 매우 작기 때문에 기존의 기기로는 정확한 충전전력량을 측정

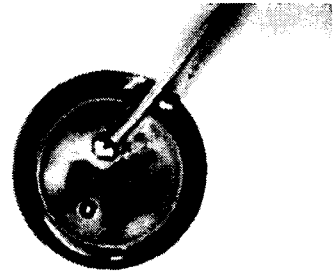


Fig. 1 평판형 압전소자

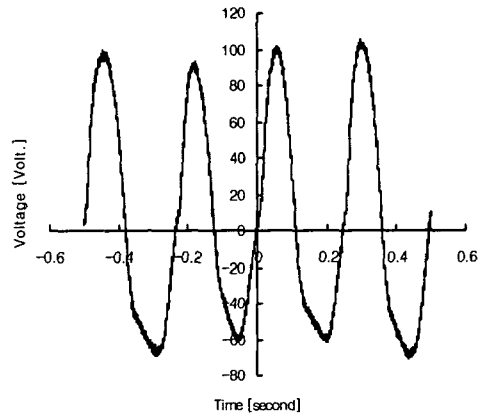


Fig. 2 압전소자에서 발생하는 전압파형

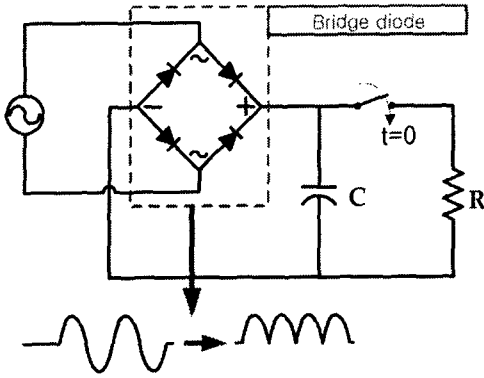


Fig. 3 브리지 다이오드를 이용한 R-C회로

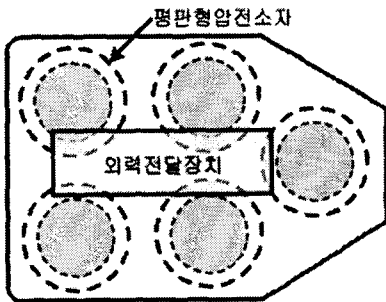
식 (1)은 발전장치의 충전에너지를 계산하기 위해 사용된 R-C회로의 정전용량 계산식이며, 식 (2)는 식 (1)로부터 구한 콘덴서의 정전용량을 이용한 충전에너지 계산식이다.

$$C = t_1 / (R \cdot \ln(V_0 / V_t)) \quad [F] \quad (1)$$

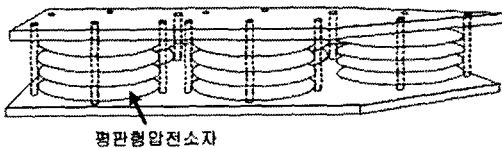
$$W(t) = CV_0^2 / 2 \quad [Watt \cdot sec] \quad (2)$$

### 3. 체중을 이용한 발전장치

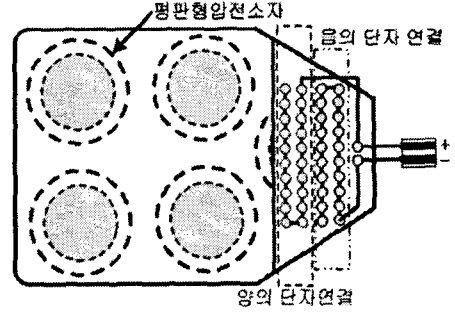
인간이 서서 움직일 경우 체중은 항상 발에 집중된다. 이에 신발의 뒤꿈치 모양을 하면서 일반 성인의 체중을 견딜 수 있는 구조의 발전장치를 설계하였다. Fig. 5는 설계한 발전장치이다. 이 발전장치는 두 개의 알루미늄 판이 약 20 [mm]간격으로 고정되어 있고, 그 사이에 20개의 압전소자가 일정간격으로 4개씩 적층 되어 5개의 그룹을 이루고 있다. 그리고 모든 압전소자는 병렬로 연결 되어 한 개의 커넥터를 통해 Fig. 3의 회로와 연결된다.



(a) 정면



(c) 측면



(c) 후면

Fig. 4 제작한 발전장치의 구조

- (a) 정면도(외력전달장치 중앙에 위치)
- (b) 측면도(압전소자는 가는 볼트에 끼워진 너트를 이용하여 일정간격으로 고정)
- (c) 후면도(20개의 압전소자를 연결)

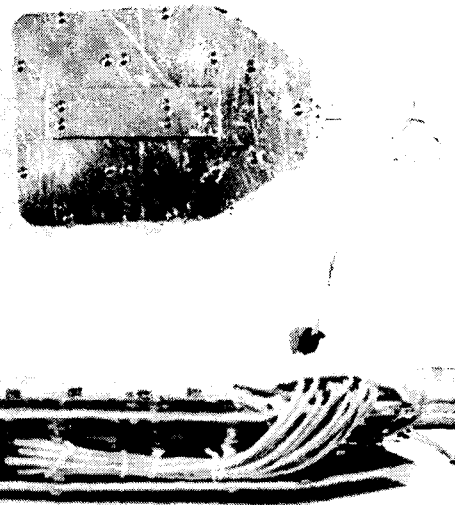


Fig. 5 제작한 발전장치의 실제모습

이러한 구조로 되어 있는 발전장치에 체중에 의한 외력을 가하면, 발전장치 정면의 중앙에 위치한 사각형 모양의 알루미늄 바를 누르게 되고 눌러진 알루미늄 바는 다시 4개씩 5쌍으로 되어 있는 20개의 압전소자 끝을 동시에 누르게 된다. 이렇게 함으로써 20개의 압전소자에서 전력이 발생하게 된다. 발생된 전력은 Fig. 4. (c)의 커넥터를 통해 충전장치에 충전된다.

### 4. 발전장치에 의한 충전에너지

발전장치를 이용하여 콘덴서에 일정시간 동안 충전된 에너지를 계산하기 위해 Fig. 3의 R-C회로를 이용하여 방전그래프를 측정하였다. 그리고 이 그래프의 결과를 식 (1)과 식 (2)에 적용하여 충전에너지를 구하였다. Fig. 6은 약 20[N]의 외력을 5분간 일정하게 주었을 때의 발전장치를 이용하여 충전한 R-C회로의 방전그래프이다.

그리고 충전에너지는  $3 \times 10^{-3}$  [Watt · sec]이었다. 한편, 이 실험을 10분과 20분에도 동일하게 진행하고, 이때의 방전그래프와 충전에너지를 측정된 결과, 10분간의 실험에서는 충전에너지가  $6.2 \times 10^{-3}$  [Watt · sec]이었고, 20분간의 실험에서는  $10.9 \times 10^{-3}$  [Watt · sec]이었다. Fig. 9는 이때의 충전에너지 누적그래프이다.

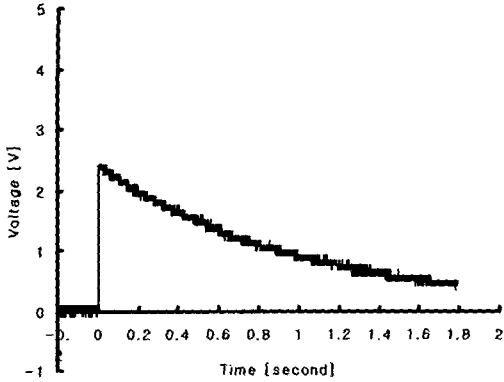


Fig. 6 5분 동안 충전한 R-C회로의 방전 그래프

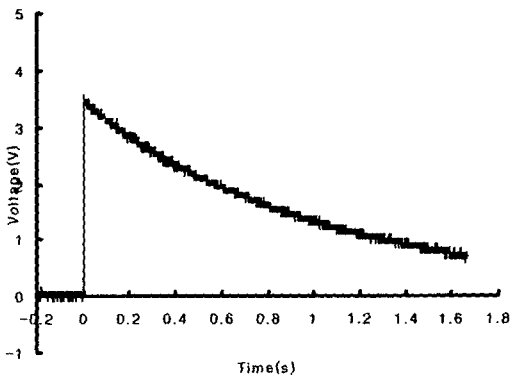


Fig. 7 10분 동안 충전한 R-C회로의 방전 그래프

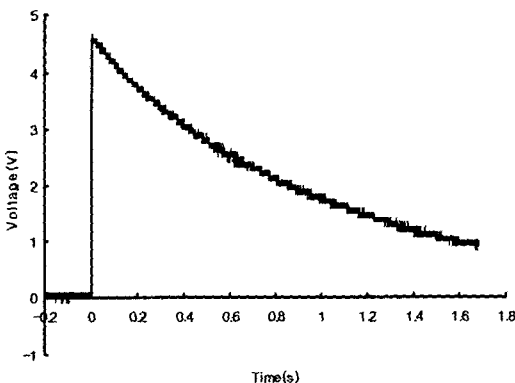


Fig. 8 20분 동안 충전한 R-C회로의 방전 그래프

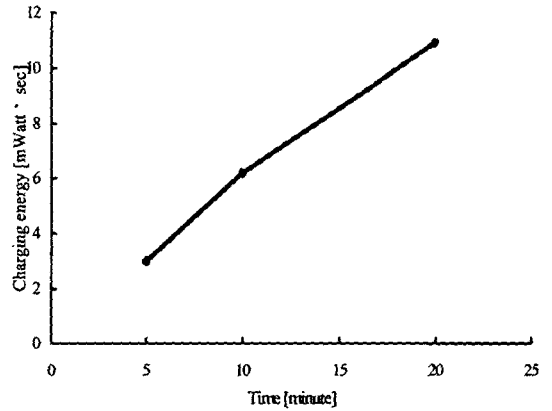


Fig. 9 일정시간 동안의 충전 에너지량

## 5. 결론

휴대용기기의 발달로 인해 전원공급 장치의 중요성이 커지고 있다. 이에 본 연구에서는 인간이 서서 움직이는 동안 항상 발생하는 체중에 의한 외력을 이용한 발전장치를 설계하였다. 이 발전장치는 직경이 약 27 [mm]인 20개의 평판형 압전소자를 4개씩 적층한 구조로 되어 있으며, 외력이 동시에 20개의 압전소자에 작용하도록 설계되었다. 특히 이 장치는 일반성의 체중을 지탱하면서 신발에 넣어 무겁지 않도록 알루미늄 재질로 되어 있다. 이러한 구조의 발전장치를 이용하여, 충전가능 여부를 판별하기 위해 일정시간동안 발전장치에 동일한 외력을 주고 그 충전전력량을 측정하였다. 이때 일정시간 동안 충전된 에너지를 측정하기 위해 브리지 다이오드로 구성된 R-C회로를 이용하였다. 그 결과 충전에너지가 선형적으로 누적됨을 보였다. 즉, 압전소자를 이용한 에너지 충전이 가능하다. 그리고 제작한 발전장치의 발전량은 20[N]의 외력에 대해 약  $1 \times 10^{-5}$  [Watt]이었다. 여기에 압전소자의 수를 늘리고, 압전소자의 변형률을 높일 경우 약 1[Watt]까지 향상시킬 수 있다.

## [참고 문헌]

- [1] Liao, W.H.; Law, W.W.; Chan, K.W., "Implementation of adaptive structures with enhanced self-sensing piezoelectric actuators," Industrial Technology, 2002. IEEE ICIT '02. 2002 IEEE International Conference on, Volume: 2, 11-14 Dec. 2002. Page(s): 955 -960 vol.2.
- [2] Keawboonchuay, C. ; Engel, T.G. "Design, Modeling, and Implementation of a 30-kW Piezoelectric Pulse Generator," Plasma Science, IEEE Transactions on, volume: 30 Issue: 2, April 2002 Page(s): 679-686