

장력을 이용한 EYE-type 압전 발전기의 출력 특성

하용우¹, 정성수¹, 김나리¹, 김명호², 강신출³, 박태곤^{1,a}

¹ 국립 창원대학교 전기공학과

² 국립 창원대학교 신소재융합공학과

³ 경남도립 남해대학 전기공학과

Generating Characteristics of EYE-type Piezoelectric-generator Using Tension

Yong Woo Ha¹, Sung Su Jeong¹, Na Lee Kim¹, Myong Ho Kim¹,
Shin Chul Kang², and Tae Gone Park^{1,a}

¹ Department of Electrical Engineering, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

² Department of Ceramic Science & Engineering, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

³ Department of Electrical Engineering, Gyeongnam Provincial Namhae College, Namhae 668-801, Korea

(Received July 19, 2013; Accepted July 24, 2013)

Abstract: Generating output characteristics of a EYE-type piezoelectric generator depending on ceramic size and materials of the elastic body were studied. EYE-type piezoelectric-generating device consist of the ceramic was attached between the both elastic body. piezoelectric-generating is that if the tension occurred at both ends of an elastic body, the piezoelectric effect occurs at ceramics through the form change of the elastic body. The structure of this EYE-type generator use various area. than a existing type generator, because the ceramic position of the directly force at does not apply. Resonance and output characteristics of the generator were analyzed by using FEM program. Generators were fabricated on the basis of analyzed results and attached on a frequency controllable vibrator to measure output characteristics. Also, the experimental results were compared with the simulated results. As a result, output characteristics of the generator increased depending on the increase in ceramic thickness. In case of increase in ceramic width, resonance frequency of the generator also decreased.

Keywords: Tension, Piezo, Haversting, Generating device, FEM

1. 서 론

최근 들어 발생하고 있는 에너지 부족 현상에 의해 대체에너지에 대한 관심이 점점 커지며 대체에너지에 대한 연구가 끊임없이 이루어지고 있다. 그 중에서도 압전 하베스팅 기술은 주변에 존재하는 미세 진동이나 인간의 움직임 등으로 발생하는 작은 운동 에너지를 전기 에너지로 변환하여 사용할 수 있는 친환경 에너지 발전이라는 장점을 가지고 있다 [2]. 하지만 선

a. Corresponding author; tgpark@changwon.ac.kr

행된 연구에서는 직접적인 압력을 이용한 방식들이 주를 이루고 있다. 따라서 압전 발전기의 사용 범위 또한 한정되어 있다. 본 논문에서는 압전 발전기의 활용 범위를 넓히기 위해 장력형 EYE-type 압전 발전기를 제안하고 변수에 따른 출력 특성을 해석 및 실험하였다.

2. 실험 방법

2.1 EYE-type 압전 발전기의 구조 및 원리

본 논문에서 설계 한 EYE-type 압전 발전기는 그림 1과 같이 위 방향으로 분극을 가진 압전 세라믹의 양면에 각각 탄성체의 중앙 부분이 접착되어 있고, 탄성체 양끝이 붙어있는 구조이다. 선행 연구되었던 심벌타입 압전 발전기에서 압력을 이용하여 발전하는 모양을 응용하여 장력을 이용하는 방법을 고안하였다. 이 발전기는 선행 연구되었던 모델과 달리 세라믹에 직접적인 충격을 받지 않아 세라믹의 파손을 줄일 수 있는 장점이 있다. EYE-type 압전 발전기의 원리는 탄성체의 양끝이 장력에 의해 당겨지며 생기는 변위가 접착되어 있는 세라믹에 수축력의 변위를 발생시켜 전압을 출력한다. EYE-type 압전 발전기의 설계 변수로 지정한 각 부분 명칭은 표 1과 같다.

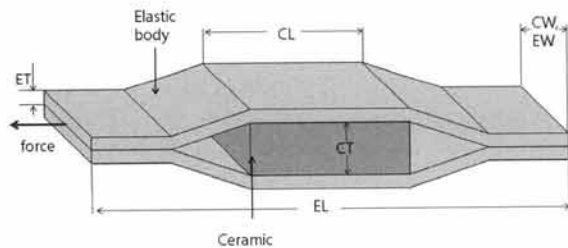


Fig. 1. Structure of EYE-type piezoelectric-generator.

Table 1. EYE-type piezoelectric-generator's part names.

CT	Ceramic thickness
ET	Elastic body thickness
EL	Elastic body length
CW	Ceramic width, Elastic body width
CL	Ceramic length
force	Direction of force

2.2 유한요소 해석

설계된 모형을 바탕으로 EYE-type 압전 발전기의 출력 특성을 알아보기 위하여 유한요소해석 프로그램인 ANSYS를 사용하여 모달 해석을 통한 진동모드를 확인하고 하모닉 해석을 통하여 변수변 출력전압을 확인하였다.

2.2.1 모달해석

그림 2는 모달해석의 결과이다. 모델링된 EYE-type 압전 발전기의 고유 진동 모드를 모달해석을 통해서 확인해 보았다. EYE-type 압전 발전기가 장력이 가해지는 방향인 x축의 방향으로 수축 팽창하는 것을 볼 수 있다.

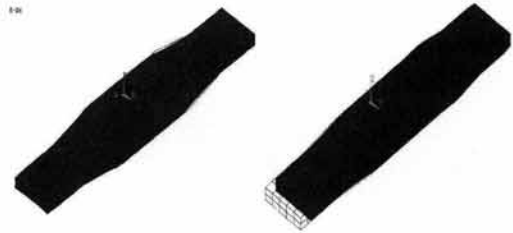


Fig. 2. Result of modal analysis.

2.2.2 하모닉 해석

주파수 변화에 따른 출력전압을 하모닉 해석을 통해서 확인하였다. 하모닉 해석은 고정변수 세라믹의 길이 (TOP) 10[mm], 대각선 부분의 길이 (ECAP) 5[mm], 탄성체 접합부의 길이(EF) 5[mm], 재질 SUS, 가진력은 일반적인 교량의 케이블에서 발생하는 18[N]으로 정하였다. 세라믹의 두께 (CT), 탄성체의 폭, 세라믹의 폭 (CW), 탄성체의 두께 (ET) 순으로 변수를 변화하며 각 변수마다 가장 좋은 출력이 나타나는 모델을 선정하였다 [1].

그림 3은 세라믹 두께 변화에 따른 출력 전압 결과를 나타낸다. 고정변수 이외의 나머지 변수는 CW 5[mm], ET 0.5[mm], SUS, 18[N]으로 정하고 세라믹의 두께를 1.5[mm], 2[mm], 2.5[mm], 3[mm] 총 4가지로 해석을 하였다. 해석 결과 출력전압은 1.5[mm]일 때 19.99 V, 2[mm]일 때 22.27 V, 2.5[mm]일 때 23.65V, 3[mm]일 때 25.53 V로 최대전압을 발생하였다. 따라서 세라믹의 두께가 두꺼워 질수록 출력이 증가하고 공진주파수가 낮아지는 것을 확인하였다.

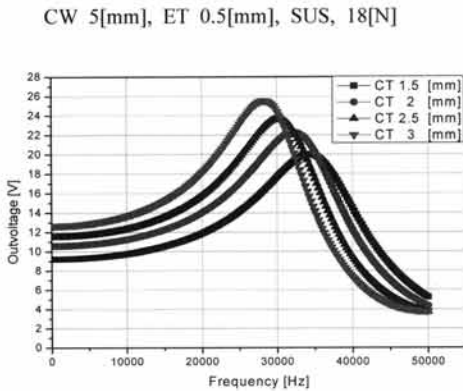


Fig. 3. Output characteristics depending on ceramic thickness.

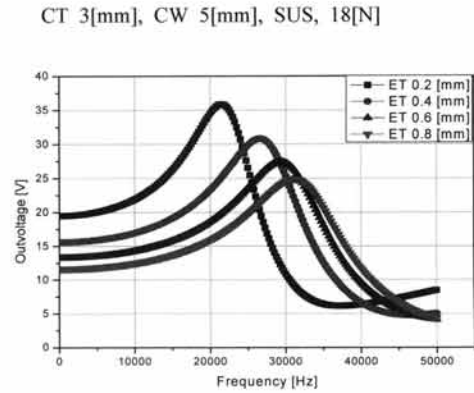


Fig. 5. Output characteristics depending on elastic body thickness.

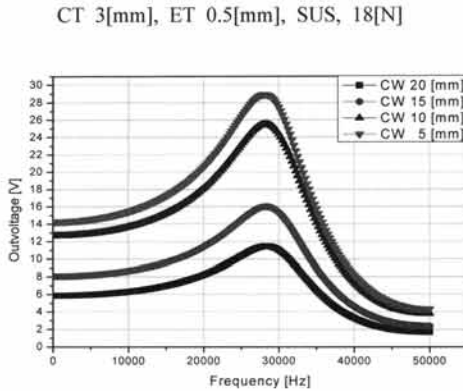


Fig. 4. Output characteristics depending on ceramic width.

그림 4는 세라믹 폭 변화에 따른 출력 전압의 결과를 나타낸다. 앞선 해석에서 출력이 가장 좋았던 모델인 CT 3[mm], ET 0.5[mm], SUS, 18[N]으로 정하고 세라믹의 폭을 5[mm], 10[mm], 15[mm] 20[mm] 총 4가지로 해석을 하였다. 해석 결과 5[mm]일 때 28.93 V, 10[mm]일 때 25.53V, 15[mm]일 때 15.98V, 20[mm]일 때 11.45 V로 최대전압을 발생하였다. 따라서 세라믹의 폭이 얇아질수록 출력이 점점 증가하는 것을 확인하였다.

그림 5는 탄성체의 두께 변화에 따른 출력 전압 결과를 나타낸다. 앞선 해석에서 출력이 가장 좋았던 모델인 CT 3[mm], CW 5[mm], SUS, 18[N]으로 정하고 탄성체의 두께는 0.2[mm], 0.4[mm], 0.6[mm], 0.8[mm] 총 4가지로 해석을 하였다.

해석 결과 0.2[mm]일 때 35.85V, 0.4[mm]일 때 30.78V, 0.6[mm]일 때 27.39V, 0.8[mm]일 때 24.89 V로 최대전압을 발생하였다. 따라서 탄성체의 두께가 얇아질수록 출력이 증가하며 공진주파수가 낮아지는 것을 확인하였다.

2.3 제작 및 실험

그림 6은 제작된 EYE-type 압전 발전기이다. 앞서 실행된 유한요소해석 결과를 바탕으로 출력이 가장 높았던 모델인 CT 3[mm], CW 5[mm], ET 0.2[mm]의 변수를 적용하여 EYE-type 압전 발전기를 제작 및 실험하였다.

2.3.1 제작

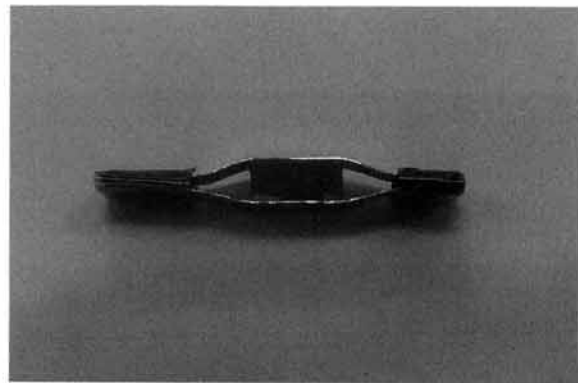


Fig. 6. Manufactured EYE-type generating characteristics.

EYE-type 압전 발전기의 압전세라믹은 독일 PI사의 PZT 계열의 세라믹을 다이아몬드 커터를 사용하여 가공하여 사용하였으며 탄성체의 재질은 SUS로써 와이어 커팅기를 사용하여 제단하여 사용하였다. 탄성체와 세라믹의 접착은 에폭시 접착제를 사용하였으며 탄성체 양 끝부분에는 내열성 절연테이프를 이용하여 절연 처리하였으며 고온에서 30분 이상 건조하였다 [3,4].

2.3.2 실험

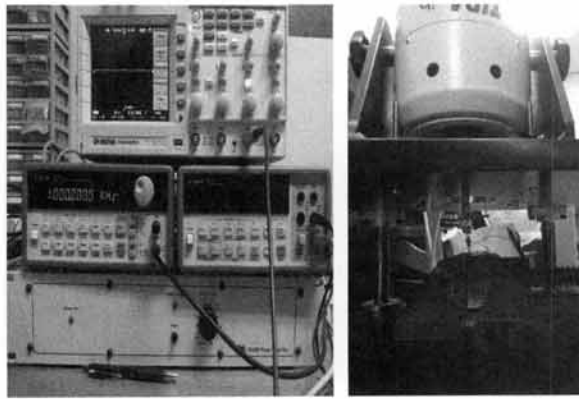


Fig. 7. Experiment equipment.

그림 7은 출력 특성을 측정하기 위한 실험 장비이다. 함수발생기에서 교류파형을 전력증폭기에 인가하면 전력증폭기에서 이득값 만큼 증폭시킨 전원을 가진기에 인가한다. 입력된 교류파형의 크기에 따라 가진기가 상하로 진동하면서 EYE-type 압전 발전기를 당겨 발생된 출력전압을 오실로스코프로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 8은 EYE-type 압전 발전기에 가진기에서 생성된 진동을 전달하여 측정한 출력 전압 (V_p) 값이다. 주파수는 10 Hz로 고정하고, 유한요소해석에서 실행한 18[N]의 힘을 실험 장비에서 구현하지 못하여 1.5[N], 3[N], 4.5[N], 6[N]으로 가진력 변화에 따른 출력전압을 측정하였다. 실험 결과 1.5[N]일 때 1.3 V, 3[N]일 때 3.52V, 4.5[N]일 때 4.1 V, 5[N]일 때 4.7 V의 최대전압을 발생하는 것을 확인하였다.

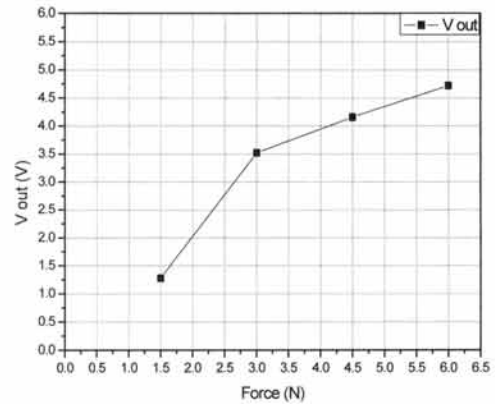


Fig. 8. Result of experiment.

따라서 가진력의 크기가 증감함에 따라 출력전압이 증가하는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 압전세라믹에 수평으로 힘이 전달되는 디자인의 EYE-type 압전 발전기를 제안하여 다양한 분야에 적용하기 위하여 새로운 장력형 압전 발전기를 제안하였다. 실험 변수를 지정하여 변수에 따른 출력특성을 유한요소해석 프로그램을 이용하여 해석하였다. 해석결과 출력전압은 세라믹의 두께에 비례하였고, 세라믹의 폭과 탄성체의 두께에는 반비례하는 결과를 보였다. 해석을 바탕으로 가장 출력이 높았던 CT 3[mm], CW 5[mm], ET 0.2[mm]의 모델을 제작하고 실험하였다. 실험 결과 가진력이 증가할수록 출력전압은 높아지는 것을 확인하였다. 실험 결과와 유한요소해석 결과를 힘의 크기 비율로 비교 분석한 결과 전압의 크기 차이는 보였지만, 비교적 선형적인 결과 값을 보임을 확인하였다. 따라서 교량에서의 발생하는 장력인 18[N]에서는 더 높은 출력이 발생할 것으로 예상된다. 그리고 실험 결과 10 Hz라는 낮은 주파수에도 전압이 출력된 것을 확인하였다. 따라서 EYE-type 압전 발전소자는 사장교, 현수교와 같은 장력이 발생하는 다양한 분야에서 발생하는 응력의 크기에 따라서 최적화를 통하여 응용될 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부[미래창조과학부]의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2011-0030806). 본 연구는 교육부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임 (No. 2013H1B8A2032206).

REFERENCES

- [1] H. I. Jun, *J. IEEME*, 9, 315 (2008).
- [2] J. Hu, *JJAP*, 38, 3208 (1999).
- [3] C. H. Park and T. G. Park, *Applied Mechanics and Materials*, 217, 217 (2011).
- [4] J. H. Lim and T. G. Park, *J. Electroceram.*, 10, 1007 (2012).