

## 강압용 압전변압기 제작 및 전기적특성

권주남, 신훈범, 한득영, 안형근  
건국대학교 전기공학과

### Process and Electrical Characteristics of Step-down Piezoelectric Transformers

Junam Kwon, Hoonbum Shin, Deukyoung Han, Hyungkeun Ahn  
konkuk univ

#### Abstract

We have explained process and electrical characteristics of a step-down Rosen type piezoelectric transformer for AC-adaptor. When the electric voltage is applied to the driving piezoelectric vibrator polarized in the thickness direction, then output voltage is generated at the generating piezoelectric vibrator polarized in the thickness direction due to the piezoelectric effects. Output voltage and current from a single-layered piezoelectric transformer were measured under the various condition of loads and frequencies. It was shown from experiments that output voltage has increased and resonance frequency has changed according to various resistor loads. Output current has decreased inversely proportional to the loads.

**key Word** : Step-down Rosen type Piezoelectric transformer, Piezoelectric vibrator, Output voltage, Output current

#### 1. 서론

최근에 전자 산업이 급속도로 발전됨에 따라 전자부품의 소형화에 대한 요구가 증가하고 있으며 거기에 따르는 전원장치에도 또한 소형화가 요구되고 있다. 이 요구에 부응하기 위한 과제로 부품의 고 성능화, 초 소형화, 초 고주파화 및 신뢰성이 요구되고 있으며, 이러한 과제를 해결하는 방안의 하나로 압전변압기가 주목받고 있다[1]. 초기에는 전자부품의 전원 장치로 소형 권선형 변압기(coil transformer)가 제안되었다. 그러나 권선형 변압기를 LCD banklight로 사용하기 위하여 소형

박막으로 제작하려면 권선의 길이가 증가하게 되었고 이로 인해 전기 저항이 증가하여 저항에 따른 열손실이 많이 되었을 뿐만 아니라 부하측 임피던스를 일정하게 유지하게 위해 ballast 콘덴서가 별도로 추가 되어야 했다[2].

그러나 압전 변압기는 이러한 문제가 없을 뿐만 아니라 특히 저항에 의한 손실이 없기 때문에 효율이 90% 이상이다. 기본적으로 압전변압기는 전기적 에너지를 압전 역효과에 의해 기계적 에너지로 변환시키고 그 기계적 에너지를 압전 정효과에 의해 다시 전기적 에너지로 변환시키는 소자로 알려져 있다[3][4]. 이러한 압전효과의 응용에는 부저(buzzer), 필터(filter), 공진기(resonator), 스피커

(speaker) 등 저 전력소자(low-power devices)뿐만 아니라 초음파 모터(ultrasonic motor), 액추에이터(actuator), 변압기(transformer) 및 소나(sonar) 등 고 전력소자(high-power devices)까지 폭 넓게 응용되고 있다. 압전변압기는 1957년 G. E. 社の C.A. Rosen에 의해 기본적인 형태의 압전변압기가 제안되어 이론적, 실용적 연구가 시작된 후, 최근까지 다양한 용도와 형태를 가진 압전변압기가 제안되고 거기에 따른 분극 방향과 진동방향에서의 압전변압기의 전기적 기계적 특성 연구가 진행되고 있다[5][6]. 이어 이 논문에서는 AC-adpater의 기초 연구로 강압용 Rosen형 압전변압기를 제작하였고 그 전기적 특성에 대해 고찰하였다.

## 2. 강압용 압전변압기의 이론적 고찰

그림1은 두께 방향으로 분극된 길이방향 진동자로 전극이 상·하면에 있고 길이방향의 공진주파수를 갖는 전계를 인가하면 폭(L)과 두께(T)와 비교하여 길이(L)방향으로 훨씬 큰 진동을 일으킨다. 이와같이 두께 방향의 전계와 길이방향의 진동을 이용할 때의 압전방정식은 식(1)과 (2)로 표현할 수 있다.

$$S_1 = s_{11}^E T_1 + d_{31} E_3 \quad (1)$$

$$D_3 = d_{31} T_1 + \epsilon_{33}^T E_3 \quad (2)$$

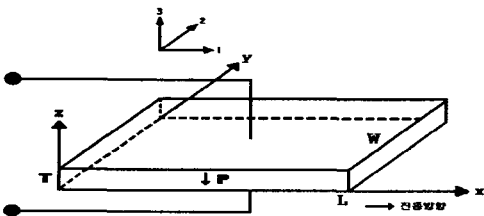


그림 1. 구동 진동자.

Fig. 1. A driving piezoelectric vibrator.

그림2도 그림1과 마찬가지로 두께 방향으로 분극된 진동자로 길이방향의 공진주파수를 갖는 전계

를 인가하면 구동진동자와 마찬가지로 폭(L)과 두께(T)와 비교하여 길이(L)방향으로 훨씬 큰 진동을 일으킨다. 이때의 압전방정식은 식(3)과 식(4)로 표현할 수 있다.

$$S_1 = s_{11}^E T_1 + d_{31} E_3 \quad (3)$$

$$D_3 = d_{31} T_1 + \epsilon_{33}^T E_3 \quad (4)$$

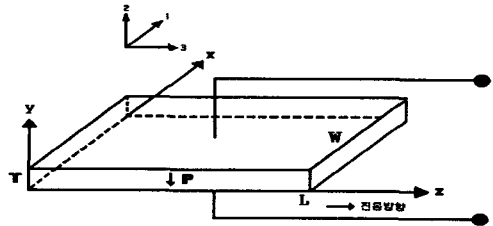


그림 2. 발전 진동자.

Fig. 2. A generating piezoelectric vibrator.

$S_1, T_1$  은 각각 X축 방향의 변형(strain)과 응력(stress)이고  $D_3, E_3$  은 각각 전속밀도와 전계의 세기이며  $s_{11}^E$ 는 전계 E가 일정할때의 탄성 컴플라이언스(elastic compliance),  $\epsilon_{33}^T$ 는 응력 T가 일정할때의 유전율(permittivity),  $d_{31}$ 는 압전상수(piezoelectric constant)를 나타낸다.

## 3. 강압용 압전변압기 제작

본 연구에 사용한 Powder는 PMS-PZT계 세라믹으로 높은 전기기계결합계수( $K_p$ )와 기계적 품질계수( $Q_m$ )를 가지고 있는 압전 변압기용으로 적합한 조성으로 이 PMS-PZT계 세라믹스를 이용하여 강압용 압전변압기를 제작하였다.

소결 후 강압용 압전변압기의 Demension은 소결 후 길이(L):21[mm], 폭(W):4.2[mm], 두께(T):1.2[mm]이었다. 여기에 입력 및 출력 외부에 전극을 도포하고 입력단과 출력단에 두께 방향으로 3kV/mm로 분극하였다. 그림3는 제작된 단층 강압용 압전변압기의 구조를 나타내었다.

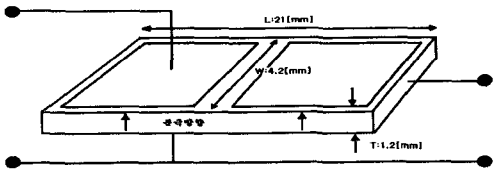


그림 3. 단층 강압용 압전변압기 구조  
 Fig. 3. single-layer step-down piezoelectric transformer

### 4. 실험

실험은 먼저 HP 4194A 가지고서 측정한 임피던스 특성 곡선으로부터 공진 주파수를 구했고, 단층 강압용 압전 변압기인 경우 출력전압 및 출력전류 실험에서 출력전압은 입력전압  $50[V_{p-p}]$ 로 하고 VEE Lab을 이용하여 주파수를 222[kHz]에서 232[kHz]까지 HP 3240A Function Generator을 이용하여 주파수를 일정한 간격으로 증가시키면서 HP 34401A Digital Multimeter로 출력전압 및 전류 값을 측정하였다. 출력 전류 실험 또한 입력전압을  $50[V_{p-p}]$ 하고, 주파수는 222[kHz]에서 232[kHz]까지 일정한 간격으로 증가 시키면서 측정하였다, 전압 측정시 부하저항은  $100[\Omega] \sim 1[k\Omega]$ ,  $1[k\Omega] \sim 100[k\Omega]$ ,  $100[k\Omega] \sim 1[M\Omega]$ 까지 측정하였고, 전류 측정시 부하저항은  $1[k\Omega] \sim 10[k\Omega]$ ,  $10[k\Omega] \sim 100[k\Omega]$ , 까지 측정하였다.

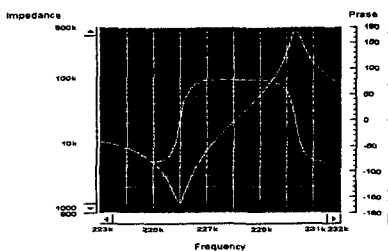


그림 4. 단층 강압용 압전 변압기의 임피던스, 위상 곡선.  
 Fig. 4. Impedance and Phase curve of single-layer step-down piezoelectric transformer

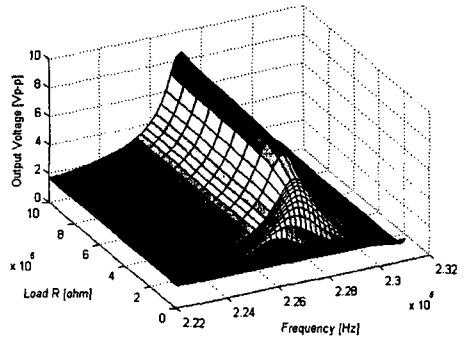


그림 5. 단층 강압용 압전변압기의 출력 전압 특성  
 Fig. 5. 3D Output voltage characteristics of a single-layer step-down piezoelectric transformer

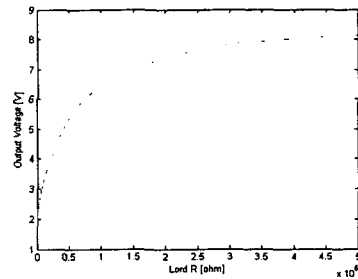


그림 6. 단층 강압용 압전변압기의 출력전압.  
 Fig. 6. 2D Output voltage of single-layer step-down piezoelectric transformer.

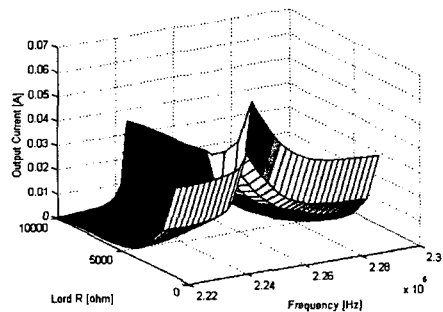


그림 7. 단층 강압용 압전 변압기의 출력전류 특성  
 Fig.. 7. 3D output current characteristics of single-layer step-down piezoelectric transformer

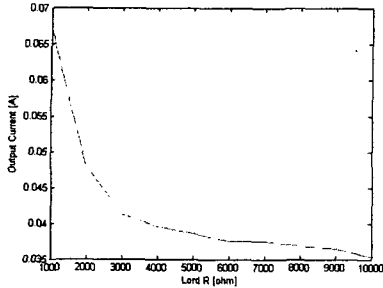


그림 8. 단층 강압용 압전변압기의 출력전류 특성.  
Fig. 8. 2D Output current of single-layer step-down piezoelectric transformer.

## 5. 실험결과 및 고찰

제작된 강압용 압전 변압기를 HP 4194A로 측정 한 무부하시 임피던스 특성곡선에서 그림4. 단층 강압용 압전 변압기의 공진 주파수는 225.987[kHz] 이었고, 그때의 임피던스 값은 1.14[k $\Omega$ ]이고, 위상은 -3.195[deg]이었다.

출력전압은 부하저항 500[k $\Omega$ ]일때 공진주파수 227.2[kHz]에서 최고 출력전압이 8.13 [ $V_{p-p}$ ]가 측정되었고 부하 저항이 증가함에 따라 출력되는 공진 주파수가 변하였다.

그러다 80[k $\Omega$ ]이상에서 227.2[kHz]로 공진 주파수는 더 이상 변하지 않았지만 출력전압은 약간씩 증가하다 500[k $\Omega$ ]이상에서는 거의 증가하지 않았다.

출력 전류 특성은 단층 강압용 압전 변압기인 경우 공진 주파수에서 입력전압50 [ $V_{p-p}$ ], 부하 저항에 반비례하여 1[k $\Omega$ ]일때, 주파수가 224.6[kHz]에서 최고 전류인 0.067[A]가 출력되었고 2[k $\Omega$ ] 이후 부터는 출력 전류가 감소하여 10[k $\Omega$ ]일때의 0.035[A]까지 감소하였다.

## 결 론

이 논문에서는 AC-adapter의 기초 연구로 강압용 Rosen형 압전변압기를 제작하였고 그 전기적 특성에 대해 고찰하였다. 입력이 50 [ $V_{p-p}$ ]일 때의 출력전압은 공진 주파수에서 부하저항 500[k $\Omega$ ]일때 최고 출력전압 8.13 [ $V_{p-p}$ ]가 출력 되었고, 출력 전류는 공진 주파수에서 최고 출력전류 0.067[A]가 출력 되었다. 앞으로 이러한 강압용 Rosen형 압전변압기를 AC-adapter로 사용하려면 적층형으로 만들어 출력 전류를 증가 시켜야 한다고 생각한다.

## 참고 문헌

- [1] Hu. Junhui "Temperature field of the piezoelectric transformer operating in longitudinal vibration mode" Ultrasonic Symposium Pro., pp. 1003-1006, 2002
- [2] A. Mizutana, Y. Hashiguchi, et al, "New Transformer Shrinks LCD Backlight Thickness", Nikkel Electronics Asia, pp. 76-80, 1995
- [3] T. Hemsel, W. Littmann, J. Wallaschek, "Piezoelectric transformers-state of the art and development trends", Ultrasonic Symposium pro., pp. 645-648, 2002
- [4] T. Zaitso, Y. Fuda, Y Okabe, T Ninomiya, S. Hamamura, M. Katsuno, "New piezoelectric transformer converter for AC-adapter", IEEE APEC 97 Pro., pp. 568-572, 1997
- [5] E.M. Syed, F.P. Dawson, E.S. Rogers, "Analysis and modeling of a Rosen type piezoelectric transformer "Power Electronics Specialists conference, pp. 1761-1766, 2001
- [6] C. A. Rosen, "Ceramic transformer and filters," Proc. Electronic Comp. Sym., pp. 205-211, 1956