

## 육각형 압전변압기의 전기적 출력 특성

이종필, 홍진웅  
광운대학교 전기공학과

### Electrical Characteristics of the Hexagon-type Piezoelectric Transformer

Jong Pil Lee, Jin Woong Hong  
Kwangwoon University.

#### Abstract

In this paper, a hexagon-type piezoelectric transformer was investigated to increase the output power. The length of its side was 14mm and 17.5mm, respectively. The piezoelectric ceramics was composed to PZT-PMN-PSN. This composition showed the characteristics which had an about 1500 of the mechanical Q-factor, 0.55 of the electromechanical coupling coefficient,  $320 \times 10^{-12}$  C/N of the piezoelectric constant  $d_{31}$ , 0.3 % of the dissipation factor, etc. The voltage step-up ratio increased with increasing the load resistance,  $R_L$ , so it reached 80 with  $R_L$  of  $1M\Omega$  and was proportion to the length of side of the hexagon-type piezoelectric transformer. Also, the output power increased with increasing the size of the hexagon-type piezoelectric transformer.

**Key Words** : Piezoelectric Transformer, Piezoelectric Ceramic, Dissipation Factor

#### 1. 서 론

압전변압기는 임피던스가 매우 높은 부하와의 정합면에서 우수한 특성을 지니고 있으며, 권선형 변압기에 비해 고효율성을 실현할 수 있을 뿐만 아니라 경박단소(輕薄短小), 단순 구조, EMI가 없음, 제작의 용이성, 난연성(難練性), 승압비의 가변성 등의 장점을 갖고 있어서<sup>1)~2)</sup>, 노트북 PC용 TFT LCD(thin film transistor liquid crystal display) 모니터의 후면광원용 압전인버터에 채택되어 널리 사용되고 있다<sup>3)</sup>.

최근, 압전변압기의 형상과 전극 패턴을 변화시켜 2차측 전극비를 증가시키거나<sup>4)~5)</sup>, 2개 이상의 압전변압기를 병렬 구동시켜<sup>6)</sup> 고출력을 얻으려는 연구가 이루어지고 있으며, 또한 적층 방법으로써,

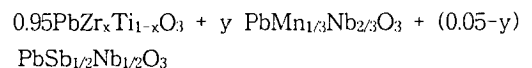
T. Inoue와 S. Hirose 등은 적층형 압전세라믹을 이용한 3차 진동 모드형과 두께 진동 모드형 압전변압기의 실험적 특성에 대한 연구를 행하였고, 일부는 실용화되고 있다.

본 연구에서는 출력측 전극비를 보다 증가시킬 목적으로 새로운 형상인 육각형 압전변압기를 제작하여 전극 패턴을 설계하고, 전기적 출력 특성을 검토하고자 한다.

#### 2. 실험

##### 2.1 시편 제조

시편의 조성은 식(1)과 같다.



단,  $0.48 \leq x \leq 0.53$  (1)

압전 변압기의 제조 공정은 다음과 같다. 순도 99.9% 이상의 PbO, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, MnO<sub>2</sub>, Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 화합물을 출발 원료로 하여 조성식에 따라 칭량한 후, 에탄올을 분산매로 하여 16시간 동안 불밀에서 혼합하였다. 이 때 알루미늄나 불순물의 혼입을 억제하기 위해 지르코니아제 용기 및 불을 이용하였다. 건조시킨 후, 750℃에서 2시간 동안 하소를 행하였다. 하소된 분말을 재분쇄한 후, 2 wt% PVA를 첨가하고, 2 ton/cm<sup>2</sup>의 압력을 가하여, 육각형 형태로 성형하였다.

이것을 전기로내에서 1150~1250℃, 2시간 동안 소결을 행하였는데, 노내의 온도상승율을 3℃/min로 제어하였다. 소결된 시편은 각각의 표면을 양면 연마기를 이용하여 한번의 길이가 14mm와 17.5mm의 두 종류이며, 두께는 각각 2mm로 하였다. 은 전극은 실크 스크린을 이용하여 그림 1과 같이 도포한 후 소부시켰다.



그림 1. 육각형 압전변압기의 전극패턴  
Fig. 1. The electrode pattern of a hexagon piezoelectric transformer

분극은 100~150℃의 온도 범위에서 두께 방향으로 3kV/mm, 길이 방향으로 2kV/mm의 전계를 ~30 분 동안 시편에 인가하였다.

### 2.2 특성 측정

분극처리된 시편의 압전 정수  $d_{33}$ 의 측정은 Piezo  $d_{33}$  meter를 사용하였으며, 다른 압전 정수는 Impedance analyzer(HP 4194A)로부터 얻은 공진-반공진 등가 어드미턴스 회로의 각 소자값을 IRE의 규정에 적용하여 구하였다.

육각형 압전변압기에 적용된 압전세라믹의 물성은 표 1과 같다.

표 1. 압전세라믹의 특성

Table 1. Properties of piezoelectric ceramic

$\epsilon^T_{33}/\epsilon_0$	$\tan \delta$	$k_p$	$d_{33}$	$Q_m$
1200	0.3%	0.55	320	1500

압전변압기의 전기적 출력 특성은 그림 2와 같이 회로를 구성하여 측정하였다. 입력측 인가전원은 함수발생기(Agilent, 33120A)와 전력증폭기(NF, NF4015)를 사용하였으며, 전압 측정은 오실로스코프(Tektronics, TDS 3032), 전력측정은 고주파 전력계(Yokogawa, WT1600)로 측정하였다.

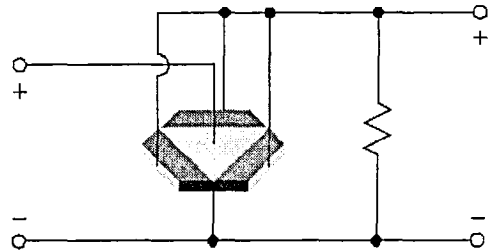


그림 2. 압전변압기 특성 측정회로  
Fig. 2. The driving circuit of a hexagon piezoelectric transformer

### 3. 결과 및 고찰

육각형 압전변압기의 인가전압은 5V<sub>pp</sub>, 인가 주파수는 한번 길이가 14mm인 경우 공진 주파수인 91kHz이었으며, 17.5mm인 경우는 70kHz를 인가하였다.

그림 3에서 알 수 있듯이 부하저항이 커질수록 승압비는 증가하고 있으며, 1MΩ인 경우 80배의 승압비를 얻을 수 있었다.

한번의 길이가 17.5mm인 경우 14mm에 비해 20kΩ 이상에서는 약 1.5배 이상임을 알 수 있다. 이는 사각형 압전변압기의 승압비가 아래 식(2)의 길이에 비례하는 것과 마찬가지로, 육각형 압전변압기에서도 입력전극과 출력전극 사이의 길이에 비례하고 있음을 알 수 있다.

$$\left( \frac{V_o}{V_i} \right)_{\infty} = \frac{4}{\pi^2} Q_m \cdot k_{31} \cdot k_{33} \cdot L \cdot T \quad (2)$$

여기서,  $Q_m$  은 기계적 품질계수,  $k_{31}$  와  $k_{33}$  는 전기기계결합계수,  $L$  은 길이,  $T$  는 두께이다.

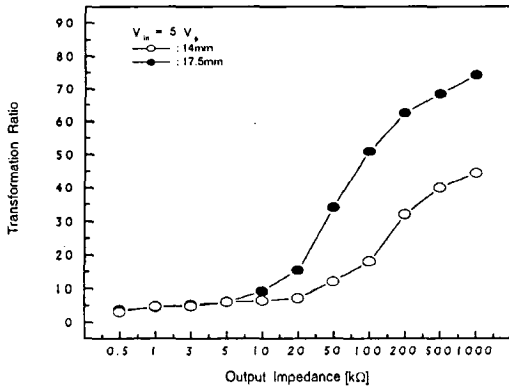


그림 3. 부하저항별 육각형 압전변압기의 승압비  
Fig. 3. The transformation ratio of a hexagon piezoelectric transformer with the variation of load resistance

전기적 출력특성은 그림 4와 같이 부하저항이 100kΩ 근처에 최대값을 보이고 있으며, 최대 300mW임을 알 수 있다.

이는 입력전극과 출력전극간의 전극비에 비례하는 임피던스값에 의한 것이라 생각된다.

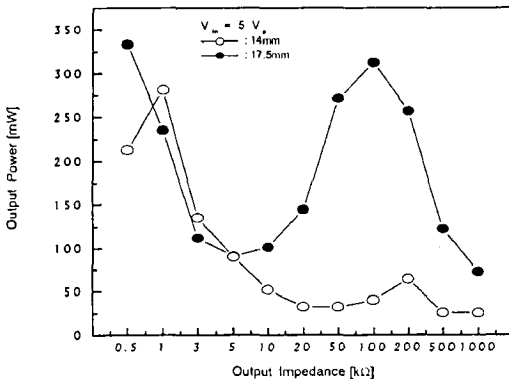


그림 4. 부하저항별 육각형 압전변압기의 출력 특성  
Fig. 4. The output power of a hexagon piezoelectric transformer with the variation of load resistance

한편, 효율은 그림 5와 같이 수 kΩ 근처에서 최대값을 나타냈다. 부하저항의 변화에 따른 최대 전력과 최대 효율을 나타내는 저항값이 상이한데, 이는 압전변압기의 임피던스가 높기 때문에 출력 전류와 출력 전압이 부하저항에 따라 선형적으로 변화하지 않기 때문으로 볼 수 있다.

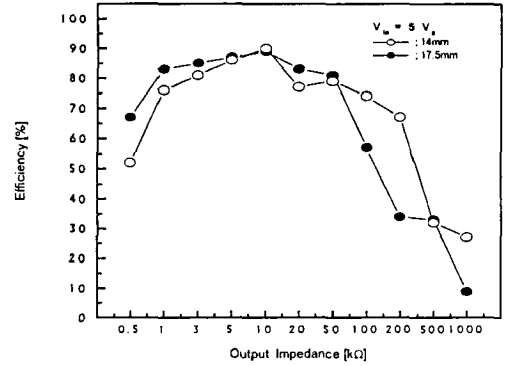


그림 5. 부하저항별 육각형 압전변압기의 효율  
Fig. 5. The efficiency of a hexagon piezoelectric transformer with the variation of load resistance

#### 4. 결 론

0.95PZT+PMN+PSN계의 세라믹 조성으로 육각형 압전변압기를 제작하여 전기적 출력 특성을 측정 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

압전변압기에 적용하기 위해 제작된 세라믹의 특성은  $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0=1200$ ,  $Q_m=1500$ ,  $\tan\delta=0.3\%$ ,  $k_p=0.55$ 이었다.

부하저항이 클수록 승압비는 증가하고 있으며, 1 MΩ인 경우 80배의 승압비를 얻을 수 있었으며, 압전변압기의 치수가 클수록 전력도 크게 됨을 알 수 있었다. 한편 효율은 뚜렷한 차이가 나지 않았음을 알 수 있었다.

#### 참고 문헌

[1] Ishii K, Akimoto N, Tashirio S, and Igarashi H, "Influence of Load Resistance on Higher Harmonic Voltages Generated in a P Piezoelectric Transformer", JJAP Part 1-Regular Papers Short Notes & Review Papers, Vol.37, No.9B, pp.5330-5333, 1998.

- [2] 김용혁 외, "압전세라믹 변압기의 승압특성에 관한 연구", 한국전기전자재료학회, Vol.2, No.2, pp.53~61, 1989.
- [3] Y. Shimada, S. Kawashima, N. Furuhashi, M. Sugimoto, Y. Sato, H. Suzuki, and K. Isobe, "LCD Backlight Inverter using Piezoelectric Transformer", NEC Technical Journal, Vol.48, No.10, 1995.
- [4] Hirose S, Magami N, and Takahashi S, "Piezoelectric Ceramic Transformer using Piezoelectric Lateral Effect on Input and on Output", JJAP Part 1-Regular Papers Short Notes & Review Papers, Vol.35 No.5B, 1996.
- [5] Sakurai K, Shindou S, Ohnishi K, and Tomikawa Y, "Characteristics of a 1st Radial-Vibration-Mode-Disk Coupler-type Piezoelectric Ceramic Transformer, JJAP Part 1-Regular Papers Short Notes & Review Papers, Vol.37, No.9B, pp.5326-5329, 1998.
- [6] Sakurai K, Nakazawa T, Shindou S, Ohnishi K, and Tomikawa Y, "Experimental Investigation of a Piezoelectric Ceramic Transformer using Radial Vibration of Disks Combined with a Coupling Element", JJAP Part 1-Regular Papers Short Notes & Review Papers, Vol.37, No.5, 1998