

# 고출력 압전 변압기에 관한 연구

이종필, 김원종, 신현택, 신종열\*, 이수원\*\* 이충호\*\*\*, 홍진웅  
광운대학교, \* 삼육의명대학. \*\* 한국철도대학, \*\*\* 충주대학교

## A Study on the Piezoelectric Transformer for High Power

Jong-Pil Lee, Weon-jong Kim, Hyun-Tak Shin, Jong-Yeol Shin\*, Soo-Won Lee\*\*,  
Chung-Ho Lee\*\*\*, Jin-Woong Hong  
Kwangwoon University, \* SahnYook College, \*\* Korea National Railroad College,  
\*\*\* ChungJu National University

### Abstract

In this paper, the disk-type piezoelectric transformer for the high power was investigated with the variation of load resistance. The diameter and thickness of a disk-type piezoelectric transformer was 50mm and 4.5mm, respectively. The piezoelectric transformer was composed to PZT-PMN-PSN. The ratio of driving electrode and generating electrode ranges from 1.4:1 to 3:1. The poling direction of driving part and generating part are the same. A voltage step-up ratio increased with increasing the load resistance,  $R_L$ , so it reached 60 times under no load resistance. Also, the maximum efficiency of 97% was obtained.

**Key Words : piezoelectric transformer, voltage step-up, maximum efficiency,  
disk-type, PZT-PMN-PSN**

### 1. 서 론

Rosen type이나 이와 유사한 형태의 구조를 가진 압전변압기는 임피던스가 매우 높은 부하와의 정합 면에서 우수한 특성을 지니고 있어서, TFT LCD 모니터의 후면광원용 압전인버터에 채택되어 널리 사용되고 있다[1,2]. 그렇지만, 이러한 Rosen type의 압전변압기를 일반전원의 전압에서 구동하면 압전체가 큰 구동전압에서 파괴되기 쉽다는 것과 임피던스 정합이 어렵게 되어 효율이 저하되는 문제점이 있다. 따라서 일반 형광등 조명용에 적용하려는 새로운 형태의 압전변압기에 대한 연구가 일부 이루어지고 있다. 고출력화하기 위한 연구방향은 적

층을 한다면지 또는 2개 이상의 압전변압기를 병렬 구동시킨거나 두 장의 압전변압기를 접착한다면지 하는 연구가 진행되어 왔으며, 한편으로는 효율을 개선하기 위해 압전변압기의 형상과 전극 패턴을 변화시키는 연구가 이루어지고 있다[3-5]. 본 연구에서는 디스크형 압전변압기를 제작하여 구동부와 발전부의 전극 패턴을 설계하고, 분극처리는 동일 방향으로 하였다. 그리고 구동부와 발전부의 면적비를 변화시키면서 전기적 출력 특성을 측정하고 검토하였으며, PL형광 램프용 안정기를 제작하여 구동시켜 전기적 특성을 측정하였고 연구한 결과를 소개한다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 제조

압전 변압기 시료 조성은 PZT+PMN ( $\text{PbMn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}\text{O}_3$ )+PSN( $\text{PbSb}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$ )계이며, 일반적인 방법으로 소성하였다.

시편의 크기는 직경 50mm, 두께 4.5mm이다. 위면의 구동부와 발전부의 전극비를 그림 1에서 보는 바와 같이 3:1, 2:1, 1.4:1로 하였다. 구동부와 발전부 간극은 1mm이며, 아래면은 공통으로 간극이 없도록 하였다.

그림 1. 디스크형 압전변압기

### 2.2 특성 측정

디스크형 압전변압기의 전기적 출력 특성은 그림 2와 같이 회로를 구성하여 측정하였다. 구동부의 인가 전압의 크기는  $3.60[\text{V}_{\text{rms}}]$ , 그리고 부하 저항 변화( $100[\Omega] \sim 70[\text{k}\Omega]$ )에 따른 각각의 공진주파수를 인가하였다.

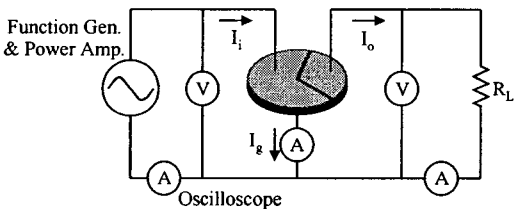


그림 2. 압전변압기 전기적 특성 측정회로

또한 그림 2에서 측정된 전극비별 부하저항별 전기적 출력 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해, 구동부의 임피던스 특성을 임피던스 분석기(HP 4194A)에 의해 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

부하저항별 승압비는 그림 3에 나타낸다. 승압비는 부하저항이 약  $2[\text{k}\Omega]$ 까지는 서서히 증가하다가 이후는 증가폭이 커짐을 알 수 있다.

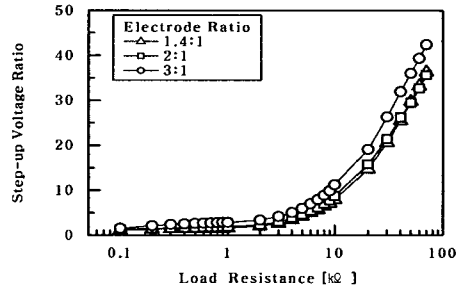


그림 3. 전극면적비와 부하저항별 승압비

이와 같이 부하저항의 증가에 따른 승압비의 증가는 구동부의 면적에 따른 변위의 크기와 발전부에서 생성된 전하량 및 부하저항과의 관계가 있다고 보여진다. 구동부 전극면적이 클수록 변위의 크기는 크게 되어 발전부에서 생성되는 전하량은 커질 뿐만 아니라 발전부 전극면적이 커질수록 전하량의 생성은 증가하는데, 본 디스크형 압전변압기에서는 구동부의 전극면적에 더 지배적이었음을 알 수 있다. 또한 부하저항이 커짐에 따라 생성된 전하량이 남아있는 만큼 승압비는 증가할 것이다.

그림 4는 전극비별 부하저항별 측정된 입력전류를 나타낸 것으로서, 약  $2[\text{k}\Omega]$ 의 부하저항을 기준으로 저저항이거나 고저항일수록 증가되고 있는 현상을 볼 수 있다.

저저항으로 갈수록 발전부에서 생성된 전하는 부하 저항을 통해 쉽게 빠져나갈 것으로 보여지며, 따라서 구동부 입장에서 볼 때 구동부의 인가주파수와 함께 발전부도 변형이 잘 일어남을 의미하며, 이에 따른 공진 특성이 양호해질 것으로 생각된다. 이는 그림 5의 구동부의 전극비별 부하저항별로 측

정한 임피던스 공진특성과 일치하고 있음을 알 수 있고, 그림 6의 출력전류 측정결과와도 일치하고 있음을 알 수 있다.

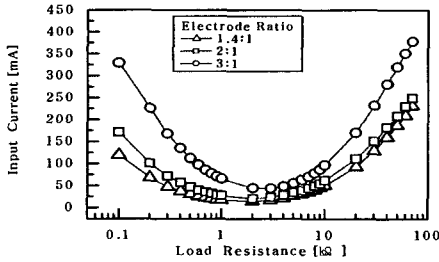


그림 4. 전극면적비와 부하저항별 입력전류

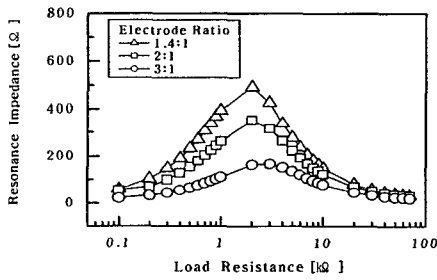


그림 5. 전극비와 부하저항별 구동부의 공진저항

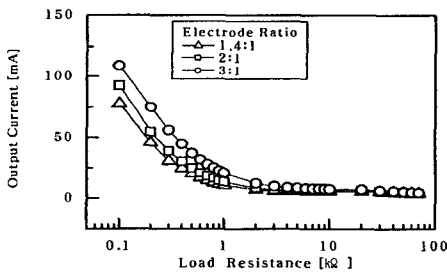


그림 6. 전극면적비와 부하저항별 출력전류

한편, 고저항인 경우, 발전부에서 생성된 전하는 부하저항이 커짐에 따라 흘러가는 양이 줄어들게 될 것이므로(그림 6 참조), 이는 구동부 입장에서 볼 때, 발전부에 전하가 남아 있는 만큼 구동부는 발

전부의 영향을 덜 받게 될 것이므로 다시 공진특성은 양호해지는 것으로 볼 수 있으며, 그림 5의 경향은 이를 뒷받침하고 있다. 그리고 전극비 별 입출력전류 특성도 같은 경향으로 해석할 수 있다.

그림 7은 전극비별 부하저항별 효율을 나타낸 것으로서 저저항과 고저항일수록 그리고 구동부 전극이 증가할수록 효율은 감소하는 경향을 보이고 있는데 이는 그림 4의 입력전류와 관련성이 있다고 보여지며, 즉 입력전류가 증가할수록 손실도 함께 증가되는 것으로 보여 진다.

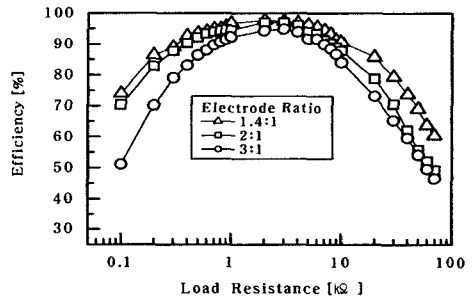
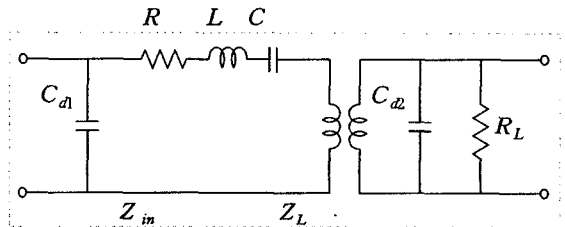
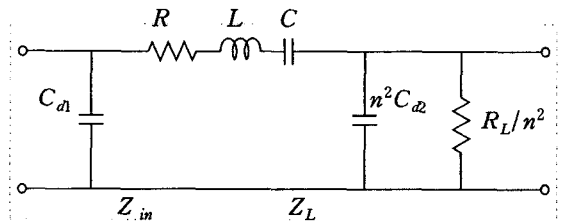


그림 7. 전극면적비와 부하저항별 효율



(a)



(b)

그림 8. 압전변압기의 등가회로(a) 및 2차를 1차로 환산한 등가회로(b)

그림 8은 압전변압기의 등가회로를 나타낸 것이다. 이 등가 회로에서 최대 효율일 때의 부하저항  $R_L$  및 최대 효율  $\eta_{\max}$ 에 관한 식은 다음과 같다.

$$R_L = \frac{1}{\omega_s C_{\mathcal{L}}}, \quad \eta_{\max} = \frac{R_L}{2n^2 R_L + R_L}$$

단,  $\omega_s$ 는 공진각주파수,  
 $C_{\mathcal{L}}$ 는 발전부 제지용량  
 $n$ 은 승압비

위 식에서 구한 최대효율과 그 때의 부하 저항값은 표 1과 같다.

표 1. 전극비별 최대효율과 부하저항 값

구동부와 발전부의 전극면적비	최대 효율을 나타내는 부하 저항 $R_L$ [k $\Omega$ ]		최대 효율 [%]	
	측정값	계산값	측정값	계산값
1.4 : 1	2	1.97	97.71	96.4
2 : 1	2	2.23	97.07	97.35
3 : 1	3	2.99	94.86	95.24

그림 9는 2:1의 디스크형 압전변압기를 이용하여 시제작된 안정기이며, 표 2에 특성을 나타내었다.

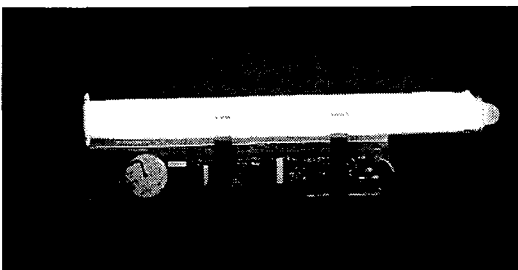


그림 9. PL 형광램프용 안정기 시제품

표 2. 시제품의 전기적 특성

입력전력	출력전압	출력전류	전력효율	역률
28.3W	170.2V	162.9mA	96.5%	98.5%

## 4. 결 론

본 연구에서는 디스크형 압전변압기를 제작하여 전기적 출력 특성을 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

부하저항이 클수록 승압비는 증가하고 있으며, 특히 2[k $\Omega$ ] 이상에서 승압비의 증가폭은 크게 나타났다. 한편, 효율은 2~3[k $\Omega$ ] 근처에서 최대 97[%] 정도를 보였다.

또한 PL 형광등용 안정기 시제품을 제작하여 형광램프를 구동하여 본 결과, 압전 변압기를 이용한 안정기로의 가능성을 확인하였다.

## 참고 문헌

- [1] Y. Shimada, et al, "LCD Backlight Inverter using Piezoelectric Transformer", NEC Technical Journal, Vol.48, No.10, 1995.
- [2] Ishii K, et al, "Influence of Load Resistance on Higher Harmonic Voltages Generated in a Piezoelectric Transformer", JJAP Part 1- Regular Papers Short Notes & Review Papers, Vol.37, No.9B, pp.5330-5333, 1998.
- [3] Katsutoshi S, et al, "Presentation of a New Equivalent Circuit of a Piezoelectric Transformer under High-Power Operation", JJAP, Vol.38, No.9B, pp.5592-5597, 1999.
- [4] Hoy-Seung Jeong, et al, "Pararell Driving of Piezoelectric Transformers", JJAP Part 1, Vol.38, No.9A, pp.5166-5169, 1999.
- [5] Masatosi Imori, et al, "A Photo-multiplier High-Voltage Power Supply Incorporating a Ceramic Transformer Driven by Frequency Modulation", IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol.45, No.3, 1998.