

동일 분극방향의 디스크형 압전변압기 전기적 특성

이종필, 채홍인*, 윤만순*, 홍진웅

광운대학교, 주성대학*

Electrical Characteristics of Disk-type Piezoelectric Transformer Poled with Same Direction

Jong Pii Lee, Hong In Chae*, Man Soon Yoon*, Jin Woong Hong

Kwangwoon University, Juseong College*

Abstract

In this paper, a 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 45mm and 4mm, respectively. The piezoelectric ceramics was composed to PZT-PMN-PSN. The ratio of driving electrode and generating electrode is 2:1. 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 under no load resistance. Also, the maximum efficiency of 97% was obtained.

Key Words : Piezoelectric Transformer

1. 서론

현재 일반화되어 있는 압전변압기는 Rosen type이나 이와 유사한 형태의 구조를 갖고 있으므로, 임피던스가 매우 높은 부하와의 정합면에서 우수한 특성을 지니고 있고, 권선형 변압기에 비해 몇가지 장점을 가지고 있어서, TFT LCD(thin film transistor liquid crystal display) 모니터의 후면광원용 압전인버터에 채택되어 널리 사용되어 있다^{1)~2)}.

최근, 압전변압기의 형상과 전극 패턴을 변화시켜 2차측 전극비를 증가시키거나³⁾, 2개 이상의 압

전변압기를 병렬 구동시켜⁴⁾ 높은 출력을 얻으려는 연구가 이루어지고 있으며, 일반 형광등 조명용으로의 압전변압기에 대한 연구가 소수 이루어지고 있다. 그러나 형광등과 같이 출력이 큰 부하에서 Rosen type과 같은 종류의 경우는 구동시 무엇보다도 압전체의 파괴가 수반되기 쉽고, 또한 임피던스 정합이 어렵게 되어 효율이 저하되는 문제점 등이 있다.

본 연구에서는 형광등용 압전변압기를 개발하기 위해, 새로운 형태의 디스크형 압전변압기를 제작하고 구동부와 발전부의 전극 패턴을 설계하고 또한 구동부와 발전부의 분극처리를 동일 방향으로 한 후, 전기적 출력 특성을 검토하고자 하였다.

2. 실험

2.1 시편 제조

시편의 조성은 PZT에 PMN($\text{PbMn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3}\text{O}_3$)과 PSN($\text{PbSb}_{1/2}\text{Nb}_{1/2}\text{O}_3$)의 Pb-relaxor가 첨가된 3성분 계의 조성으로 하였으며, 전통적인 방법으로 세라믹을 소성하고, 그림 1과 같이 은전극 및 분극처리를 행하였다.

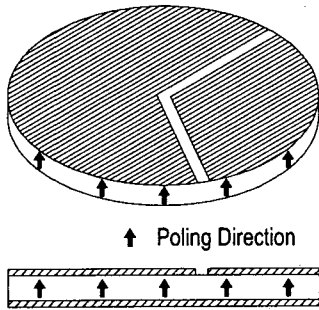


그림 1. 디스크형 압전변압기

시편의 크기는 직경 45mm, 두께 4mm이다. 위면의 구동부와 발전부의 전극비를 2:1이 되도록 하였으며, 간극은 1mm이며, 아래면은 공통으로 간극이 없도록 하였다. 분극은 100~150°C의 온도 범위에서 두께 방향으로 3kV/mm의 전계를 약 30분 동안 시편에 인가하였으며, 구동부와 발전부의 분극방향은 같도록 하였다.

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.

디스크형 압전변압기에 적용된 압전세라믹의

물성은 표 1과 같다.

표 1. 압전세라믹의 특성

$\epsilon^T_{33}/\epsilon_0$	$\tan \delta$	k_p	d_{33}	Q_m
1200	0.3%	0.53	320	1200

디스크형 압전변압기의 전기적 출력 특성은 그림 2와 같이 회로를 구성하여 측정하였다. 구동부의 인가 전압의 크기는 3.65Vrms, 그리고 부하 저항 변화(100Ω ~ 70kΩ)에 따른 각각의 공진주파수를 인가하였다.

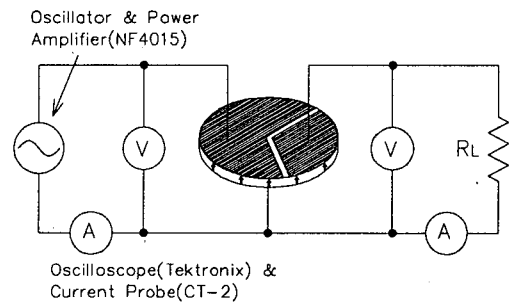


그림 2. 압전변압기 전기적 특성 측정회로

또한 그림 2에서 측정된 저항별 전기적 출력 특성에 미치는 영향을 알아보기 위해, 그림 3과 같이 부하저항을 변화시키면서 공진특성을 측정하였다.

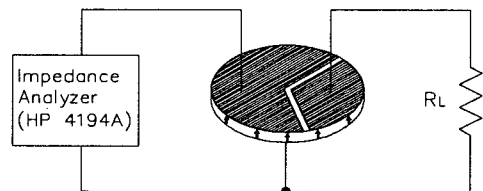


그림 3. 부하저항별 압전변압기의 공진특성 측정회로

3. 결과 및 고찰

디스크형 압전변압기의 부하저항별 공진 및 반공진주파수를 그림 3의 임피던스 분석기로부터 얻었으며, 그림 4와 같이 부하저항이 변화함에 따라 변화하였으며, 이 공진주파수를 구동부에 인가하였다.

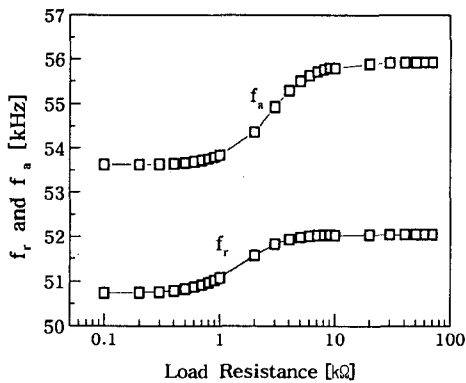


그림 4. 부하저항별 공진주파수 f_r 의 변화

부하저항별 승압비 및 효율은 그림 5에 나타낸다. 승압비는 부하저항이 약 1kΩ까지는 서서히 증가하다 그 이후는 보다 큰 폭으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 무부하에서의 승압비는 약 60배로 나타났다.

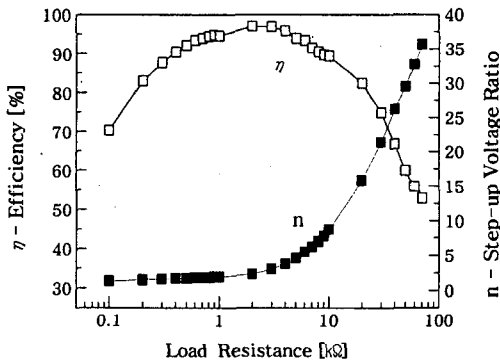


그림 5. 부하저항별 승압비 및 효율의 변화

이와 같이 부하저항의 증가에 따른 승압비의 증가는 다음 식 (1)로 표현되는 유효 전기기계결합계수 k_{eff} 와 기계적 품질계수 Q_m 와 관계가 있으며⁵⁾, 즉, k_{eff} 와 Q_m 에 비례하여 승압비는 증가하게 된다.

$$k_{eff} = \frac{f_b^2 - f_s^2}{f_p^2}, \quad Q_m = \frac{f_s}{f_2 - f_1} \quad (1)$$

여기서, f_s 는 최대 컨덕턴스일 때의 주파수, f_b 는 최대 저항일 때의 주파수, f_1 은 최대 서셉턴스일 때의 주파수, f_2 는 최소 서셉턴스일 때의 주파수이다.

그림 6은 그림 3의 임피던스분석기에 의해 얻어진 f_s 및 f_b 이다.

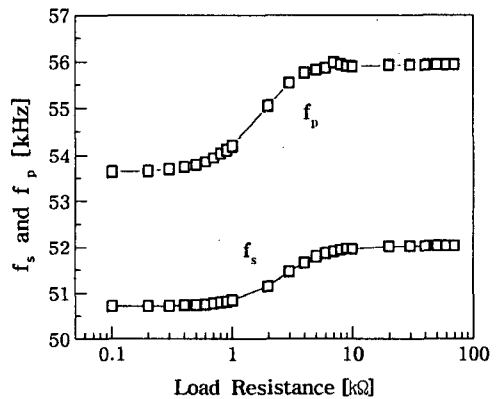


그림 6. 부하저항별 f_s 및 f_b 의 변화

그림 6과 식 (1)에 의해 구해진 k_{eff} 는 ~1kΩ 부하저항까지는 서서히 증가하다가 그 이후 부하저항이 커짐에 따라 승압비와 비례적으로 커지는 것을 알 수 있었다. 그러나 그림 4의 값을 근사적

으로 하여 식 (1)에 의해 부하저항에 따른 Q_m 을 구한 결과, 부하저항이 $1k\Omega$ 보다 큰 경우에는 승압비의 증가와 Q_m 의 증가 경향과 일치하였지만, $1k\Omega$ 보다 작은 경우의 경향은 다르게 나타났다. 이 부분에 대한 해석은 향후 더 이루어져야 할 것으로 보여진다.

한편, 최대효율은 아래 식에 의해⁵⁾

$$R_{optimal} = \frac{1}{w C_d} \quad (2)$$

구해지며, 여기서 w 와 C_d 는 각각 발전부의 공진각주파수 및 제지용량이다.

임피던스분석기로부터 얻은 디스크형 압전변압기의 발전부의 공진주파수 및 제지용량은 각각 $53.614kHz$ 및 $1.3715nF$ 이었으며, 식 (2)에 의해 구한 결과 이론상 약 $2.2k\Omega$ 에서 최대효율이 얻어지며, 측정결과와 거의 일치함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 PZT+PMN+PSN계의 세라믹 조성으로 디스크형 압전변압기를 제작하여 동일방향으로 분극한 후, 전기적 출력 특성을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

본 압전변압기에 적용하기 위해 제작된 세라믹의 특성은 $\epsilon^T_{33}/\epsilon_0=1200$, $Q_m=1200$, $\tan\delta=0.3\%$, $k_p=0.53$ 이었다.

부하저항이 클수록 승압비는 증가하고 있으며, 특히 $1k\Omega$ 이상에서 승압비의 증가폭은 크게 나타났으며, 무부하에서의 승압비는 약 60배 이상이었다.

한편, 효율은 $2k\Omega$ 에서 최대 97% 정도를 보였으

며, 그 이하의 부하저항에서도 95~93%를 유지하고 있음을 알 수 있었다. 이는 T8~T4 형광등 부하와의 임피던스 매칭에 적합할 것으로 보여진다.

향후 구동부와 발전부의 전극비 변화에 따른 전기적 출력 특성에 관한 연구가 진행되면 부하저항과의 매칭부분에 대한 개선이 더욱 이루어질 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 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.
- [2] Ishii K, Akimoto N, Tashirio S, and Igarashi H, "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, Takashi Taniguchi and Hiroshi Matsumoto, "A Photomultiplier High-Voltage Power Supply Incorporating a Ceramic Transformer Driven by Frequency Modulation", IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol.45, No.3, 1998.