

압전 변압기의 병렬 구동 특성

이종섭, 홍종국, 채충인\*, 윤만순\*, 정수현\*\*, 임기조  
 충북대학교 전기공학과, \*주성대학 전자응용소자, \*\*대원과학대학 전기과

The Parallel Driving Characteristics of Piezoelectric Transformer

J. S. Lee, J. K. Hong, H. I. Chai, M. S. Yoon, S. H. Jeong, K. J. Lim  
 Chungbuk Nat'l Univ., \*Juseong College, \*\*Daewon Science College

**Abstract** - 본 논문에서는 압전 변압기의 병렬 구동에 대해 연구하였다. 병렬 구동을 함으로서 단일 구동시에 비해  $\sqrt{2}$ 정도의 출력 전압을 얻었다. 적외선 온도계를 이용하여 압전 변압기의 온도 상승률을 측정 한 결과 단일 구동시보다 병렬 구동에 진동 손실 에너지의 감소를 얻을 수 있어 온도 상승률을 억제할 수 있었다. 또한, 병렬로 구동함으로써 압전 변압기의 출력 임피던스를 감소시키므로 단일 구동시보다 최대 효율을 나타내는 부하 저항이 감소하였고 100[k $\Omega$ ]에서 91[%]정도를 나타내었다.

1. 서 론

최근, 각종 정보통신 시스템은 소형화, 박형화, 경량화가 강하게 요구되고 있다. 정보통신기기에는 안정적인 전력을 공급할 수 있는 전력변환회로가 필수적이나 회로 구성에서 전통적으로 사용해 왔던 인덕터, 자기 변압기 등이 소형화, 박형화, 경량화에 걸림돌이 되고 있다. 즉, 전자식 변압기의 경우, 요구되는 전압 증폭비(권선비)를 확보하면서 소형화하는 권선, 자심(magnetic core)등에 의해서 제한을 받는다. 이러한 문제점의 해결책으로 최근 압전 변압기가 주목받고 있다[1, 2].

압전 변압기는 압전 세라믹을 이용하여 입력(1차)측에 전기신호를 가하면 압전 세라믹에 기계적 진동이 생기고 이 진동이 출력(2차)측에 전달되어 다시 전기신호로 변환 출력되는 원리의 소자이다. 따라서 전통적인 전자식 변압기에 비하여 권선이 불필요하므로 구조가 간단하고 소형화, 박형화, 경량화가 가능하다. 또한 표피효과가 없어서 고주파화에 유리하고, 1, 2차측간의 전기 절연을 고려할 필요가 없으며, 전자 노이즈를 발생시키지 않고, 불연성이며, ferrite 변압기에 비하여 고주파수에서 고효율화가 가능한 장점을 가지고 있다[3-6].

이와 같은 장점으로 노트북의 후광원으로 사용되는 냉음극관 형광 램프용 인버터로 각광을 받고 있다. 그러나, 노트북은 입력 전압이 7V<sub>rms</sub> 정도로 낮기 때문에 압전 변압기 단독으로 구동하기에는 어려운 점을 가지고 있다. 따라서, 최근에는 압전 변압기를 적층하여 사용하고 있는 추세이다. 그러나, 압전 변압기의 적층시 발생할 수 있는 내부 전극의 불량에 기인하여 불량률이 증가하게 된다.

따라서, 본 연구에서는 액정 디스플레이 후광원용 인버터로 응용하기 위해 압전 변압기를 병렬 구동하여 그 특성을 측정하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

2.1.1 시편 제작

본 연구에서는  $\lambda$  진동모드형 압전 변압기를 제작하기 위해 0.51PZ-0.44PT-0.05PMN - 0.5wt%Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 조성을 사용하였다. 원료들은 24시간동안 불밀을 이용하

여 혼합·분쇄하였고 750[°C]에서 2시간동안 하소하였다. 하소한 파우더는 다시 48시간동안 혼합·분쇄한 다음 직사각형/원형 몰드에 놓고 가성형한 후 냉간등압 프레스를 이용하여 200MPa의 압력으로 성형하였다. 소결은 1150[°C]에서 2시간동안 행하였다. 제작된 시편은 diamond saw와 양면 연마기를 이용하여 48×7×1[L×W×t, mm<sup>3</sup>]의 치수와 직경 12 $\phi$ , 두께 1t의 원판형으로 가공하였다. 전극은 은 페이스트를 실크스크린으로 부착하였고 590[°C]에서 30분동안 소부하였다. 제 1 전극은 두께방향으로 제 2 전극은 길이방향으로 120[°C] 실리콘 오일 중에서 2[kV/mm]의 전계로 분극을 행하였다. 표 1은 0.51 PZ - 0.44PT - 0.05PMN - 0.5wt%Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 조성의 원판형 압전 세라믹의 특성이다.

표 1. 압전 세라믹의 특성

k <sub>p</sub> (%)	Q <sub>m</sub>	tan $\delta$ (%)	N (Hz·m)	$\epsilon'_{33}/\epsilon_0$
52	2100	0.5	2100	1050

2.1.2 측정방법

그림 1은 압전 변압기를 병렬 구동하기 위해 회로 결선과 입·출력 특성을 측정하기 위한 측정 시스템을 보인다. 압전 변압기는 병렬 구동하기 위해 그림과 같이 결선되었고 신호 발생기(HP 3245)와 전력 증폭기(NF 4015)를 이용하여 구동하였다. 압전 변압기의 부하는 저항성 부하를 이용하였고 입력, 출력을 계산하기 위해 1000:1 전압 프로브(A6015)와 전류 프로브(P6022)를 이용하여 측정하였다. 또한, 고출력 압전 디바이스의 응용상 가장 큰 문제점으로 되는 열 발생을 측정하기 위해 압전 변압기 자체의 온도를 비접촉식 온도계(INF 200)로 측정하였다.

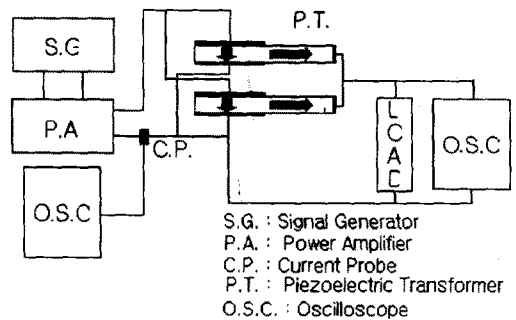


그림 1 측정 시스템

## 2.2 실험 결과 및 고찰

그림 2는 인가 주파수에 따른 출력 전압을 나타낸 그림이다. 이 때 부하 저항은  $100[M\Omega]$ , 인가전압은  $4[V_{rms}]$ 이다. 인가 주파수가 증가함에 따라 출력 전압은 증가하다 감소하는 전형적인 공진 특성을 나타내고 있다. 압전 변압기 하나를 구동하였을 때는  $87[kHz]$ 에서 약  $245[V_{rms}]$ 이었고 병렬로 구동하였을 때는  $87.6[kHz]$ 에서 약  $380[V_{rms}]$  정도 이었다. 같은 승압비와 같은 공진 주파수를 갖는  $n$ 개의 압전 변압기를 병렬로 구동할 때 승압비는 단일 구동할 때에 비해  $\sqrt{n}$ 배의 이득을 갖는다[7]. 이와 같은 경향과 비교할 때 거의 유사한 경향을 보이고 있다. 또한, 단일로 구동할 때와 병렬로 구동할 때와의 공진 주파수는  $87[kHz]$ 와  $87.6[kHz]$ 로 약  $600[Hz]$ 의 차이를 보이고 있다. 압전 변압기는 부하 저항이 증가함에 따라 공진 주파수가 증가하는 경향을 보인다. 따라서, 병렬로 구동할 때 압전 변압기의 출력 임피던스는 감소하게 된다. 따라서, 상대적으로 부하 임피던스는 증가하게 되므로 병렬로 구동할 때 공진 주파수가 증가하는 것으로 생각된다.

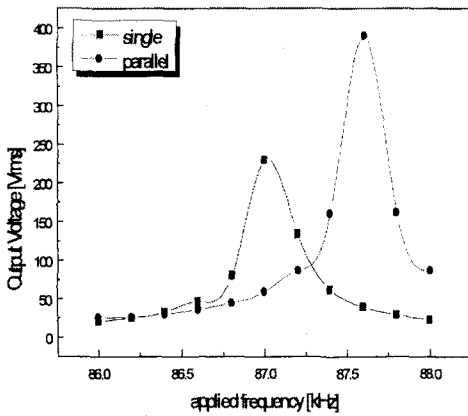


그림 2. 인가 주파수에 따라 출력 전압  
부하저항 :  $100[M\Omega]$ , 인가전압 :  $4[V_{rms}]$

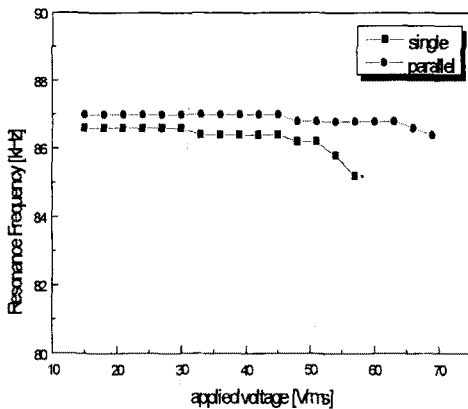


그림 3. 인가 전압에 따른 공진 주파수의 변화  
부하 저항 :  $200[k\Omega]$

그림 3은 인가 전압에 따른 공진 주파수의 변화를 나타낸 그림이다. 이 때 부하 저항은  $200[k\Omega]$ 이었다. 압전 변압기를 단일로 구동할 때 인가 전압을 증가시키에 따라 공진 주파수는 인가 전압이 약  $50[V_{rms}]$ 이하에서는 거의 일정하다가 그 이상으로 증가시키에 따라 공진 주파수는 급격히 감소하는 경향을 보이고 있다. 그러나, 병렬로 구동하는 경우에는 단일 구동에 비교하여 거의 변화가 없이 일정하게 유지되었다. 압전 변압기의 공진 주파수의 변화는 압전 변압기 자체의 온도가 변화함에 따라 공진 주파수는 감소하는 경향을 보인다. 이를 검증하기 하기 위해 그림 5와 6에 인가 전압에 따른 출력 전압과 온도 상승률을 나타냈다.

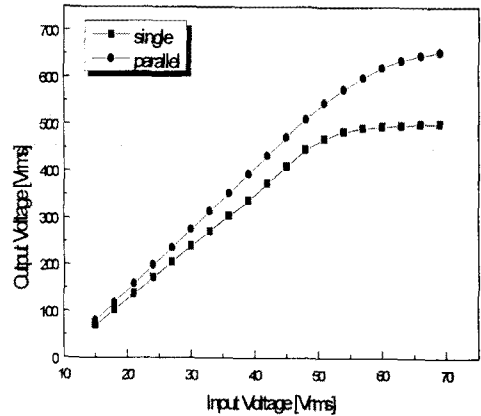


그림 4 인가 전압에 따른 출력 전압  
부하 저항 :  $200[k\Omega]$ , 구동 주파수 : 공진 주파수

그림 4는 인가 전압에 따른 출력 전압을 나타낸 그림이다. 이 때 구동 주파수는 그림 4의 공진 주파수이고 부하 저항은  $200[k\Omega]$ 이었다. 그림에서 알 수 있듯이, 압전 변압기를 단일로 구동할 때 인가 전압이 약  $50[V_{rms}]$ 까지는 거의 직선적으로 증가하는 경향을 보이지만  $50[V_{rms}]$ 이상의 전압을 인가함에 따라 출력 전압은 포화되는 경향을 보이고 있다. 그러나, 병렬로 구동할 때는 단일 구동시에 비하여 상당히 완만히 포화되는 것을 알 수 있다. 이와 같은 이유는 단일로 구동할 때에 비하여 병렬로 구동할 때 입력되는 전류가 더욱 낮기 때문에 진동에 의한 손실 에너지의 증가가 단일로 구동할 때에 비하여 낮기 때문으로 생각할 수 있다.

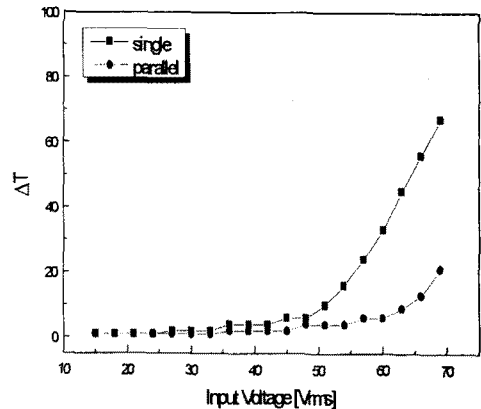


그림 5 인가전압에 따른 온도 상승률  
부하 저항 :  $200[k\Omega]$ , 구동 주파수 : 공진 주파수

그림 5는 인가 전압에 따른 온도 상승률을 나타낸 그림이다. 이 때 부하 저항은 200[k $\Omega$ ], 구동 주파수는 공진 주파수이었다. 그림에서 알 수 있듯이 단일로 압전 변압기를 구동할 때 그림 4와 마찬가지로 인가 전압이 약 50[V<sub>rms</sub>]이하에서는 거의 일정하였으나, 50[V<sub>rms</sub>]이상으로 증가함에 따라 온도는 급격하게 상승하였다. 그러나, 병렬로 구동하는 경우에는 50[V<sub>rms</sub>]이상에서도 거의 일정하였다. 이와 같은 이유는 그림 3과 4에서 언급하였듯이, 인가 전압이 증가함에 따라 진동 속도는 거의 선형적으로 증가를 하지만 어느 인가 전압이상에서는 진동속도는 포화되고 기계적 품질 계수는 급격하게 감소하게 된다. 그러므로 출력 전압은 상승하지 못하고 포화되게 된다(2).

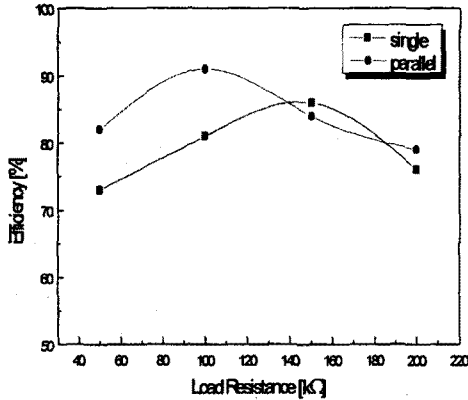


그림 6 부하 저항에 따른 효율  
인가 전압 : 30[V<sub>rms</sub>], 구동 주파수 : 공진 주파수

그림 6은 부하 저항에 따른 효율을 나타낸 그림이다. 이 때 인가 전압은 30[V<sub>rms</sub>]이고 구동 주파수는 각각의 부하 저항에서의 공진주파수이다. 그림에서 알 수 있듯이, 부하 저항이 증가함에 따라 효율은 증가하다 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한, 단일 구동과 병렬 구동을 비교하면 각각 150[k $\Omega$ ], 100[k $\Omega$ ]에서 86(%), 91(%)로 최대를 나타낸다. 이와 같이 최대 효율을 나타내는 부하 저항의 크기가 다른 이유는 단일 구동시에 비해 병렬 구동시에는 출력 임피던스가 감소함으로 최대 효율을 나타내는 부하 저항의 크기도 감소하는 것으로 생각된다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 CCFL용 압전 인버터로 응용하기 위해  $\lambda$ 진동모드형 압전 변압기를 제작하여 단일 구동시와 병렬 구동시의 특성을 측정 평가하였다. 결과로서 단일 구동시에 비해 병렬 구동시 같은 입력 전압에서 출력 전압은  $\sqrt{2}$ 의 출력 전압을 얻을 수 있었다. 그러므로 단일 구동시 보다 병렬 구동에 입력 전압을 낮출 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 고출력 압전 변압기에서 가장 큰 문제점으로 되는 온도 상승에 대해서는 병렬로 구동함으로써 단일 구동시 발생하는 진동 손실 에너지를 감소시키므로 온도 상승률을 어느 정도 억제할 수 있었다. 이와 같은 진동 손실 에너지의 억제로 효율의 향상을 얻을 수 있었고 약 91(%)정도의 높은 효율을 보였다.

이와 같은 결과로부터 단일 구동보다는 병렬 구동으로 CCFL용 압전 인버터를 제작함으로써 더욱더 안정적인

로 점등할 수 있을 것으로 기대된다.

### (참 고 문 헌)

- (1). Hiroshi Sasaki et al, "Development of High Voltage DC Power Supply Using Piezoelectric Transformer", NEC Technical Journal, Vol. 50, No. 10, pp. 80 - 84, 1997.
- (2). Fuda Y et al, "Piezoelectric Transformer for Cold Cathode Fluorescent Lamp Inverter", Japan Journal of Applied Physics, Vol. 36, No. 5B, pp.3050 - 3052, 1997.
- (3). Zaitzu T et al, "Piezoelectric Transformer Converter with PWM Control", IEICE Transactions on Communications, Vol. E80-B, No. 7, pp. 1035 - 1044, 1997.
- (4). Kawai H et al, "High Power Transformer Employing Piezoelectric Ceramics", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 35, No. 9B, pp. 5015 - 5017, 1996.
- (5). H. Fukunaga et al, "Effect of Dimension in Characteristics of Rosen-Type Piezoelectric Transformer", Proc. of the Record of the 29th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, Vol. 2, pp. 1504 - 1510, 1998.
- (6). Anita M.Flynn et al, "Fundamental Limits on Energy Transfer and Circuit Considerations for Piezoelectric Transformers", Proc. of the Record of the 29th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, Vol. 2, pp. 1463 - 1471, 1998.
- (7). Hoy-Seung Jeong, et al, "Parallel Driving of Piezoelectric Transformer", JJAP, Vol. 38, No. 9A, pp. 5166-5169, 1999.