

압전트랜스포머를 이용한 28W 형광등 안정기의 전기적 특성

Electrical characteristics of 28W fluorescent lamp ballast using piezoelectric transformer

황상모*, 이정선*, 류주현*, 홍재일**, 정영호***, 손은영****, 박창엽*

(S. M. Hwang, J. S. Lee, J. H. Yoo, J. I. Hong, Y. H. Jeong, E. Y. Shon, C.Y Park)

Abstract

In this study, contour vibration mode piezoelectric transformer with size of 27.5×27.5×2.6mm³ using PNW-PMN-PZT ceramic was fabricated. And the piezoelectric transformer was adopted to fluorescent lamp ballast circuit. Electrical characteristics of the piezoelectric transformer were investigated for fluorescent lamp ballast application. The electrical properties and characteristic temperature rise were measured using oscilloscope and infrared temperature sensor. A 28W fluorescent lamp was successfully driven by the fabricated ballast circuit. After driving the lamp using ballast circuit for 24 min, the output power, efficiency and characteristic temperature rise of piezoelectric transformer showed the appropriate values of 28.85[W], 86.3[%] and 15[°C], respectively.

Key Words : Piezoelectric transformer, Fluorescent lamp ballast

1. 서 론

우리 나라 총사용 전력에 대한 조명부분 에너지 사용비율은 약 18[%]에 이르고 있다. 따라서, 조명 기기의 에너지절약 잠재량은 여타 전력 기기보다 높은 것으로 평가되고 있으나 조명산업은 기술력이 취약한 중소기업에서 담당하고 있어 영세성을 벗어나지 못하여 선진국과 비교하여 낙후되어 있는 실정이다. 최근 들어, 국내에서는 40W(직경 32mm) 형광등을 32W(직경 26mm)로 대체 중이고 또한 직경 16mm(T5) 형광램프를 연구개발중이며, 일부는 개발되었

다. 외국의 오스람, 필립스 등에서는 직경 16mm(T5) 형광램프가 14W, 21W, 28W, 35W, 40W까지 개발되었다.[1] 점차 관의 직경이 가늘어지는 이유는 램프의 재료량을 감소시키고, 효율을 개선시키기 위한 것으로 이에 대응한 안정기 개발이 시급한 실정이다. 기존의 권선형 트랜스포머를 사용한 안정기는 효율이나, 소형의 한계를 가지고 있다. 이는 전자식 안정기에 권선형 트랜스포머를 사용하기 때문으로 페라이트 코어를 사용하여 권선을 감은 타입으로 소형화나 슬립화 하기가 어렵다. 반대로 압전트랜스포머는 여러 가지 장점을 가지고 있다. 첫째로, 그것은 탄성진동을 이용하기 때문에 축적에너지가 자기식 트랜스포머에 비해 높아 소형화가 가능하며, 둘째로 권선을 감는 것이 아니므로 불에 타지 않으며, 출력 단자를 단락 하여도 안전하다. 셋째로, 자기적 차폐가 불필요하다. 현재, 이 압전트랜스포머는 일본의 NEC, 다무라 등에서 실용화되었으며, 국내에서도

* 세명대학교 전기공학과
(제천시 신월동 세명대학교,
Fax: 043-648-0868
E-mail : juhyun57@venus.semyung.ac.kr)
** 동서울대학 전기과
*** 전력연구원 **** 안정기능대 반도체디자인과

LG전자부품, 삼성전기 등지에서 연구가 활발히 진척되고 있다. 그러나, 이 압전트랜스포머는 Rosen형을 사용하거나 Rosen형에서 전극 배치를 바꾼 type으로서 사용되며 현재까지 LCD Backlight inverter에 3W급 정도가 실용화가 되었다.[2] 이를 더욱 고출력으로 하기 위해서 일본 및 국내에서도 활발히 연구가 진행되고 있으나, 20[W]이상의 고출력을 필요로 하는 형광등 안정기로는 현재 본 연구팀 이외에는 연구가 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 PNW-PMN-PZT 세라믹스를 이용하여 압전트랜스포머를 제작하여 실제 안정기회로에 실제 장착하여 제반특성을 조사하고자 한다.

2. 실험

2.1 제조된 압전트랜스포머의 물성

기존의 LCD Back light 구동용으로 사용되는 압전트랜스포머는 Rosen형이나 Rosen형[3]이 개량된 분극반전형으로 출력 임피던스가 높아 고전압, 소전류를 필요로 하는 냉음극관에는 적합하나 100mA 이상의 전류를 필요로 하는 형광등에는 적용하기 어렵다. 또한, 형광등 점등용 압전트랜스포머는 고전력을 필요로 하므로 고전력에 견디는 압전트랜스포머가 필요하다. 본 연구에서는 경방향 전기기계결합계수 k_p 가 일반적으로 길이방향 전기기계결합계수 k_{31} 보다 높은 점을 고려하여 정사각형 모양의 압전트랜스포머를 설계하였다.[1, 4] 또한, 입력부와 출력부의 절연을 고려하여 그림 1과 같이 전극을 형성하여 제작하였다. 여기서, 입력부는 바깥 링부분이며, 출력부는 가운데 도트부분이다.

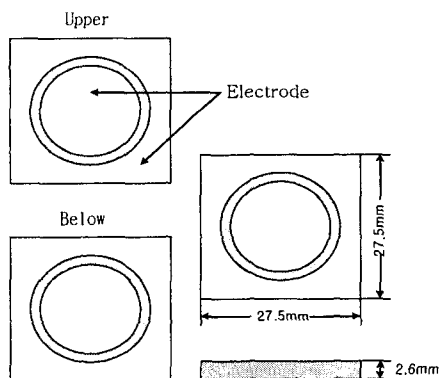


그림 1 압전트랜스포머의 다이어그램

Fig. 1 Diagram of Piezoelectric transformer

표 1은 본 연구의 압전트랜스포머용 조성 세라믹스

PNW-PMN-PZT system의 물성을 나타내고 있다.

표 2는 제조된 압전트랜스포머의 특성을 나타낸 것이다.

표 1 PNW-PMN-PZT의 물성

Table 1 Physical properties of PNW-PMN-PZT

Density[g/cm ³]	7.68
Dielectric constant	1,680
k_p	0.523
Q_m	1,814
E_c [kV/cm]	9.15
T_c [°C]	272
Grain size[μ m]	4.09
-20°C ~ 80°C[TCFr] (ppm/°C)	88

표 2 제작된 압전트랜스포머의 특성

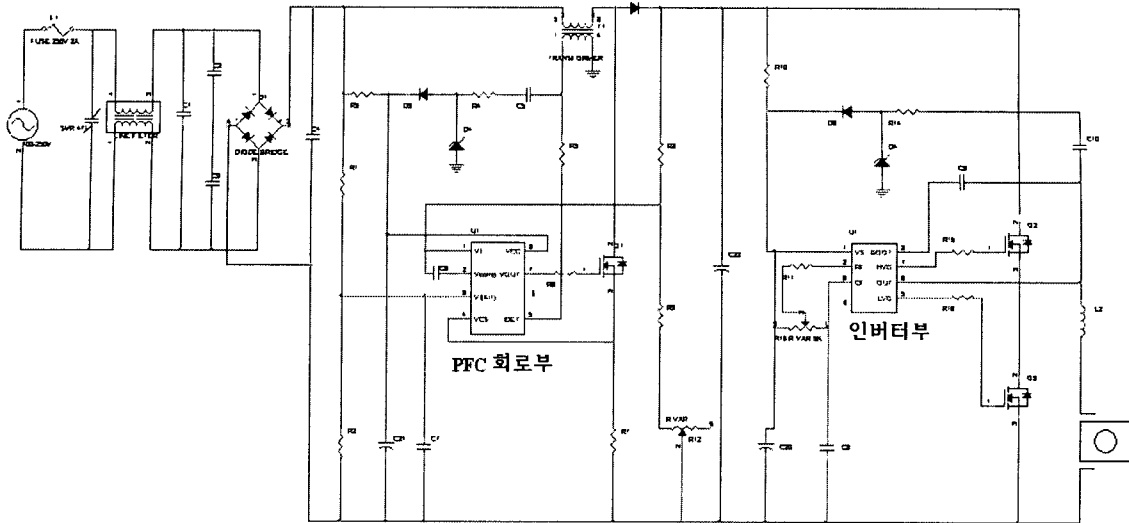
Table 2 Characteristics of fabricated Piezoelectric transformer

입력부	f_r	76.4[kHz]
	f_a	79[kHz]
	Z_r	14.4[Ω]
	Z_a	150[k Ω]
	C_{in}	2.54[nF]
	Q_m	880
출력부	k_{eff}	0.25
	f_r	73.3[kHz]
	f_a	79[kHz]
	Z_r	12.5[Ω]
	Z_a	254[k Ω]
	C_{out}	1.36[nF]
	Q_m	919
	k_{eff}	0.37
Z_{out}	1,597	

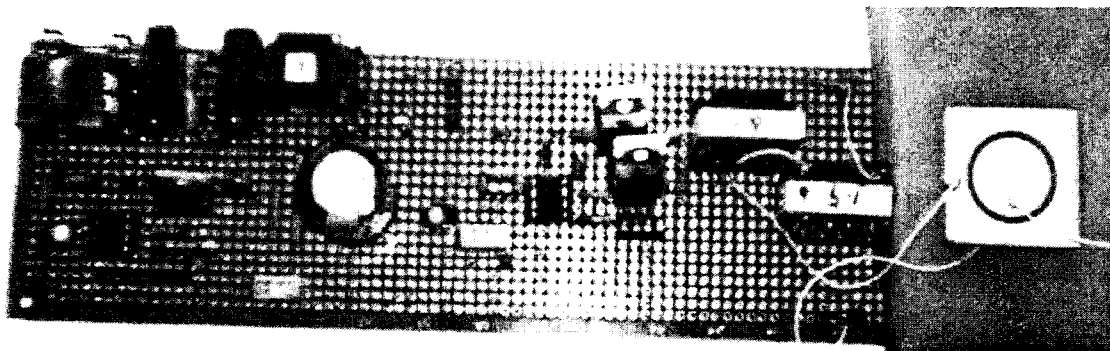
2.2 압전트랜스포머를 장착한 형광등 안정기회로

제작

그림 2는 본 연구에서 설계한 안정기의 회로도 및 실제 제작한 안정기를 보이고 있다. 그림 2(a)에서 보면 PFC 회로(역률개선회로)가 들어가 있는데, 이



(a) 안정기 회로도



(b) 제작한 안정기

그림 2 안정기 회로도(a) 및 제작한 안정기(b)

Fig. 2 Schematic of ballast circuit(a) and fabricated ballast circuit(b)

PFC회로의 궁극적인 목적은 총고조파 왜곡률(THD: Total Harmonic Distortion)을 낮게 하는 것이며, 정류기 입력단에서 볼 때, 스위칭 전원이 저항부하와 같게 동작하도록 하는 것이다. 또한, Half bridge inverter는 정류된 직류전압을 70[kHz]대 이상의 구형파로 변환하는 하프브리지(Half Bridge) 방식의 회로를 채용함으로써 스위칭소자의 정격전압을 최소화할 수 있다. 스위칭시의 손실은 스위칭 주파수에 비례하게 되는데 이는 회로의 고주파화를 극복해야할 최우선 과제로서 이를 해결하기 위한 방법으로 제기된 것이 또한 공진형 인버터로 직렬공진회로와 결합

함으로써 전류와 전압을 정현파의 형태로 변환시킴으로서 스위칭손실을 최소화 할 수 있다. 하프브리지 방식은 형광등 구동회로의 스위칭의 일반적인 방법으로 주파수 발생 방법에 따라 자려식과 타려식으로 나누어지는데, 본 실험은 IC를 이용한 타려식 방법에 의한 주파수 변환을 실시하였다. 이러한 타려식 방법은 PFC회로에 직렬로 두 개의 스위칭 소자를 연결하여 제공된 신호를 두 개의 스위치 M1(HVG)과 M2(LVG)가 교대로 온/오프를 반복하도록 함으로써 고주파수를 지닌 고전압을 발생하게 된다.

3. 결과 및 고찰

3.1 압전트랜스포머를 장착한 형광등 안정기회로 특성

표 3은 주파수 변화에 따른 입·출력 특성을 보이고 있다. 이는 T5(28[W]) 형광등의 점등 시의 기준전류가 170[mA]이기 때문에 이 기준전류에 의거하여 적정 구동 주파수를 조절하기 위하여 행하여 졌다. 또한, 적절한 램프의 조도 선택을 위한 자료로 활용하기 위한 것이다. 실험 진행은 발진부를 RC공진 회로에 의한 발진회로를 이용함으로써, 가변저항의 변동에 따른 주파수 변화를 유도하여 이에 따른 램프 전류의 변화를 확인한 것이다. 주파수가 감소할수록 램프전류는 점차 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보이고 있는데, 이는 압전트랜스포머의 특성 중 주파수가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동할수록 점차 출력되어지는 전류는 증가하다 감소하는 특성 때문이다. 이는 곧 압전트랜스포머 구동 시 높은 주파수에서 램프를 점등하고 차차 램프전류가 증가하여 최대 효율을 낼 수 있는 주파수대로 낮추어감으로서 안정적 구동을 유도할 수 있음을 보여준다.

표 3 주파수별 압전트랜스포머 입·출력 전류·전압 변화

Table 3 Variation of input and output current, voltage of piezoelectric transformer as a function of frequency

frequency[kHz]	V _{in} [V]	I _{in} [mA]	V _{out} [V]	I _{out} [mA]
81.5	282.2	339.2	161.6	117.1
81	279.2	337.9	189.0	135.5
80.5	282.0	337.5	188.1	138.4
80	276.3	323.3	185.5	147.2
79.5	273.1	317.8	184.7	156.7
79	277.2	317.0	184.4	162.9
78.5	276.3	314.4	182.3	165.6
78	273.8	306.2	184.3	158.2
77.5	167.6	178.1	197.0	120.1

표 4는 압전트랜스포머를 실제 장착한 형광등 안정기의 형광등 구동 특성을 구동 후 24분 경과 후에 측정하여 나타낸 것이다. 출력전력 28.85[W], 효율 86.3[%]로서 우수한 특성을 나타내었다. 이때 압전트랜스포머의 온도상승은 15[°C]를 보였다.

표 4 압전트랜스포머의 형광등 구동 특성

Table 4 Driving characteristics of Piezoelectric transformer(using ballast circuit)

f _d [kHz]	79.17
V _{in} [V]	105.1
I _{in} [mA]	337.4
P _{in} [W]	33.43
V _{out} [V]	188.9
I _{out} [mA]	155.6
P _{out} [W]	28.85
η [%]	86.3
ΔT[°C]	15

압전트랜스포머를 장착한 안정기회로를 구성하여 측정한 결과, 전력증폭기를 이용하여 구동할 때와 예비실험결과 효율과 온도상승에서 다소 차이를 보이고 있었다. 즉, 효율이 실제 회로에서 약 10%정도 낮았는데, 이는 여러 소자들의 손실로 인한 것으로 생각되어 진다. 이에 따라 발열 또한 발생한 것이라 생각되어 진다. 본 안정기회로에서 채택한 Half bridge inverter는 정류된 직류전압을 70[kHz]대 이상의 구형파로 변환하는 방식의 회로를 채용하였는데, 이때 MOSFET의 온/오프 동작 동안에 소자에 인가되는 전압이 중첩되는 현상이 발생하게 되면 회로 자체의 손실이 커지고 소자에 스트레스가 증가하므로 이를 피해야만 하는데 이를 위해 지연시간 설정이 필요하다. 그림 3은 이런 지연시간에 따른 MOSFET M1, M2의 스위칭 파형을 나타낸 것이다.

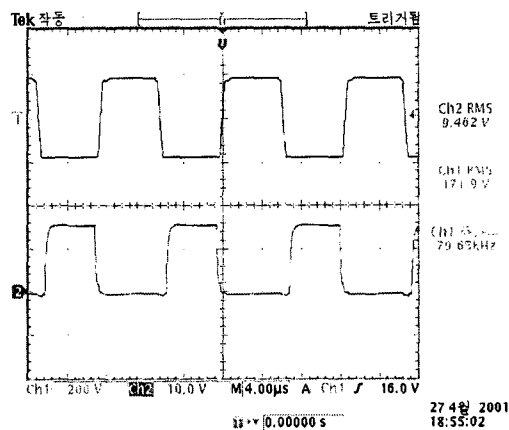


그림 3 MOSFET M1, M2의 스위칭 파형

Fig. 3 Switching waveform of MOSFET M1 and M2

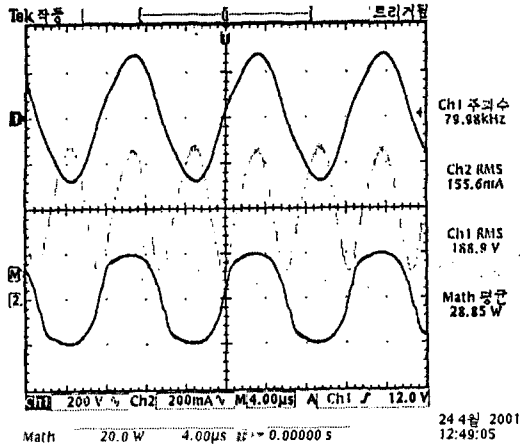


그림 4 안정기회로에서 압전트랜스포머의 출력파형
 Fig. 4 Output waveform of piezoelectric transformer in the ballast circuit

그림 4는 압전트랜스포머의 출력 파형으로 형광램프 정상상태 시 인가되는 파형을 나타낸 것이다. 이 파형으로부터 알 수 있듯이 출력전압 및 전류가 거의 이상적인 정현파로 나타났다. 그림 5는 압전트랜스포머가 장착된 형광등 안정기로 점등된 T5(28W) 형광등을 나타내었다.

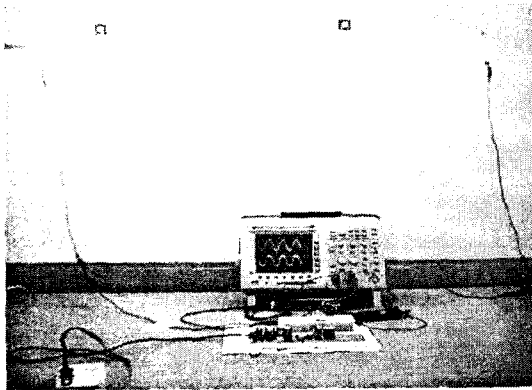


그림 5 압전트랜스포머가 장착된 형광등 안정기로 점등된 T5(28W) 형광등
 Fig. 5 Lit fluorescent lamp by the ballast circuit using piezoelectric transformer

4. 결론

본 연구에서는 PNW-PMN-PZT 세라믹스를 이용하여 압전트랜스포머를 $27.5 \times 27.5 \times 2.6\text{mm}^3$ 로 제작하고, 제작한 압전트랜스포머를 제작한 안정기 회로에 장착하여 T5(28W) 형광등 구동 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 압전트랜스포머 이용하여 형광등을 구동 시에 높은 주파수에서 램프를 점등하고 차차 램프전류가 증가하여 최대 효율을 낼 수 있는 주파수대로 낮추어감으로서 안정적 구동을 유도할 수 있었다.
2. 형광등 구동 시에 압전트랜스포머의 출력전압 및 전류파형은 이상적인 정현파로 나타났다.
3. 압전트랜스포머를 실제 장착한 형광등 안정기의 형광등 구동 특성을 구동 후 24분 경과 후에 측정된 결과, 출력전력 28.85[W], 효율 86.3[%]로서 우수한 특성을 나타내었다. 이때 압전트랜스포머의 온도상승은 $15[^\circ\text{C}]$ 였다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 과학재단 특정기초연구과제 (과제번호 : 1999-1-302-004-3)로 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] Juhyun YOO, Yongwoo LEE, Kwanghee YOON, Sungjae SUH, Jongsun KIM and Chungsik YOO, "Electrical characteristics of the contour-vibration-mode piezoelectric transformer with ring/dot electrode area ratio", Japanese Journal of Applied Physics, 2000. 5.
- [2] S. Kawashima, O. Ohnishi, H. Hakamata, S. Tagami, A. Fukuoka, T. Inoue and S. Hirose: Proc.1. Int. IEEE Ultrasonic Symp,(1994) p.525.
- [3] H. W. Katz, Solid State Magnetic and Dielectric Devices, Wiley, New York, 1959, chapter 2, p. 35
- [4] M. Yamamoto, Ultrasonic Technol. 11(10) (1999) 18-22