

압전트랜스포머를 이용한 T5(28W) 형광등 안정기 회로의 전기적 특성

Electrical Characteristics of T5(28W) Fluorescent Lamp Ballast Circuit using Piezoelectric Transformer

황상모*, 류주현*, 황락훈*, 김주래*, 홍재일**, 박창엽*, 김종선***

(Sangmo Hwang*, Juhyun Yoo*, Lakhoon Hwang*, Jurae Kim*, Jail Hong**, Changyub Park*, Jongsun Kim***)

Abstract

Contour vibration mode piezoelectric transformers were designed and fabricated to the square plate with size of 27.5 × 27.5 × 2.6mm³ using PNW-PMN-PZT ceramics. Electrical characteristics of the piezoelectric transformer were investigated for fluorescent lamp ballast application. The electrical properties and characteristic temperature rise were measured by oscilloscope and infrared temperature sensor. A 28W fluorescent lamp was successfully driven by the fabricated transformers. The electronic ballast using piezoelectric transformer showed an excellent output power of 28.85[W], efficiency of 86.3% and characteristic temperature rise of 15[°C].

Key Words : Piezoelectric transformer, Fluorescent lamp ballast, Contour vibration mode

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 개발되었다. 외국의 오스람, 필립스 등에서는 직경 16mm(T5) 형광램프가 14W, 21W, 28W, 35W 및 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 슬림화 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, 압전트랜스포머는 일본의

* : 세명대학교 전기공학과
(충북 제천시 신월동 세명대학교,
Fax : 043-648-0868
E-mail : juhyun57@venus.semyung.ac.kr)

** : 동서울대학 전기과

*** : 삼성전기 재료연구센터
2001년 6월 26일 접수, 2001년 7월 26일 1차심사완료
2001년 8월 16일 2차심사완료

NEC, 다무라 등에서 실용화되었으며, 국내에서도 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, 5, 6] 이를 더욱 고출력으로 하기 위해서 일본 및 국내에서도 활발히 연구가 진행되고 있으나, 20W이상의 고출력을 필요로 하는 형광등 안정기로는 현재 본 연구팀 이외에는 연구가 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 PNW-PMN-PZT 세라믹스를 이용하여 압전트랜스포머를 제작하여 그에 따른 임피던스 특성, 승압비, 출력전력에 따른 온도 상승 등을 조사하고, 실제 T5(28W) 형광등 안정기회로에 실장하고 제반특성을 조사하여 압전트랜스포머의 형광등 안정기응용 가능성을 고찰하고자 한다.

2. 실험

2.1 압전트랜스포머의 제조 및 특성측정

기존의 LCD Back light 구동용으로 사용되는 압전트랜스포머는 Rosen형이나 Rosen형[3]이 개량된 분극반전형으로 출력 임피던스가 높아 고전압, 소전류를 필요로 하는 냉음극관에는 적합하나 100[mA] 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, 6] 또한, 입력부와 출력부의 절연을 고려하여 그림 1과 같이 전극을 형성하여 제작하였다. 여기서, 입력부는 바깥 링부분이며, 출력부는 가운데 도트부분이다.

입력측의 임피던스와 출력측의 임피던스는 링과 도트의 전극 면적비를 변화시킴에 따라 조절 가능하며, 출력전류를 크게 하기 위해서는 출력측의 전극 면적을 크게 하는 것이 유리하나 너무 증가하면 상대적으로 입력측의 전극면적이 작아 큰 진동을 유지하기가 곤란하므로 최적 전극 면적비의 설계가 필요하다. 압전트랜스포머용 세라믹스는 산화물 혼합법으로 $Pb(Ni_{1/2}, W_{1/2})O_3-Pb(Mn_{1/3}, Nb_{2/3})O_3-Pb(Zr, Ti)O_3$ 조성으로 CIP(Cold Isostatic Pressing) 방법을 이용하여 제작하고, 시편의 크기를 $27.5 \times 27.5 \times 2.6$ [mm]로 가공한 후, Dot의 사이즈를 17ϕ 로 하여 전극을 형

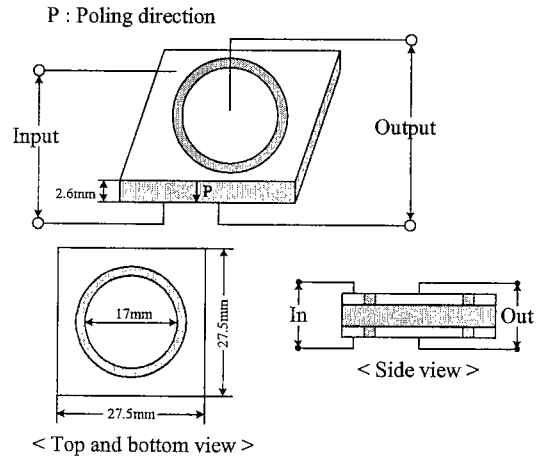


그림 1. 압전트랜스포머의 구조.

Fig. 1. Structure of piezoelectric transformer.

성한 후 $600^{\circ}C$ 에서 10분간 전극처리를 하고, $120^{\circ}C$ 의 silicon oil bath에서 $25[kV/cm]$ 의 전계를 30분 인가하여 분극 하였다. 제작에 사용된 압전트랜스포머 조성세라믹스의 물성은 표 1과 같이 유전상수 1680, 전기기계결합계수 0.523, 기계적품질계수 1814로 압전트랜스포머용으로 응용하기에 적합한 특성을 나타내었다. 제작된 압전트랜스포머는 분극 후, 24시간 경과 뒤에 Impedance analyzer(HP 4194A)로 주파수에 따른 임피던스, 공진·반공진 주파수 및 제반 등가회로 정수를 측정하였으며, 압전트랜스포머의 유효 전기기계결합계수 k_{eff} , 출력임피던스 Z_{out} , 기계적품질계수 Q_m' 은 다음 식으로 구하였다.

$$k_{eff} = \sqrt{\frac{f_a^2 - f_r^2}{f_a^2}} \quad (1)$$

$$Z_{out} = \frac{1}{2\pi f_r C_{out}} \quad (2)$$

$$Q_m' = \frac{1}{2\pi f_r \left[1 - \left(\frac{f_r}{f_a} \right)^2 \right] RC} \quad (3)$$

또한 Power Amp(Trek 50/750)와 실제 제작한 형광등 안정기를 구동 전원으로 사용하여 압전트랜스포머의 전기적 특성 및 T5(28W) 형광등 구동특성을 오실로스코프(Tektronix TDS 3054)와 current probe(Tektronix TCP 202)로 측정하였으며, 온도상승은 비접촉식 적외선 온도계(Raytex MX2)로 측정하였다.

표 1. PNW-PMN-PZT의 물성.

Table 1. Physical properties of PNW-PMN-PZT.

Density[g/cm ³]	7.68
Dielectric constant	1680
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

2.2 압전트랜스포머를 장착한 형광등 안정기회로

2.2.1 압전트랜스포머의 특성

압전트랜스포머를 이용한 전자식 안정기는 압전트랜스포머의 구동에 의한 형광램프의 점등이 특징이며, 회로에 적용된 압전트랜스포머는 입력과 출력이 절연되어 있으므로 안정기와 형광램프의 전기적 분리를 통해 회로에 안정성을 가질 수 있다. 압전트랜스포머를 구동시키기 위해서는 일정한 주파수(약 79[kHz])와 고전압의 정현파(약 270~290[V])를 입력하여야 한다.

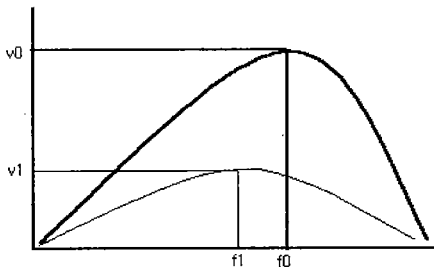


그림 2. 압전트랜스포머 승압곡선.

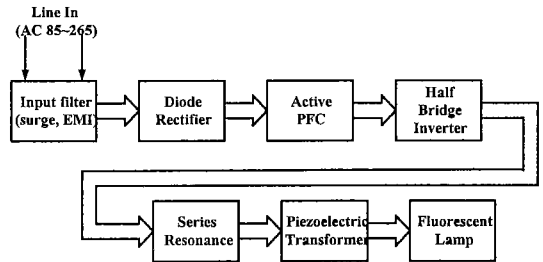
Fig. 2. Voltage step-up curve of piezoelectric transformer.

압전트랜스포머는 일정한 주파수에서 승압비를 가지게 되며, 초기 구동시의 주파수(f_0)에서 결정된 승압전압(V_0)에 의해 형광램프의 방전을 유도하게 되며, 초기 점등이 끝나고 정상상태(steady state)로 넘어가면 아래쪽 곡선으로 이동하게 된다. 이때 압전트랜스포머가 형광램프에 최대 효율을 발생시키는 전류를 제공하는 주파수와 방전을 유도하기 위한 승압 전압(V_1)을 제공하는 주파수(f_1)의 대역이 다르다는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 압전트랜스포머를

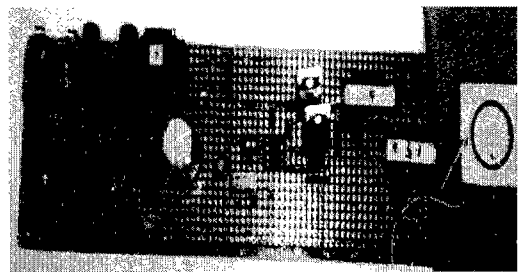
사용한 형광램프의 구성을 위해서는 형광램프 방전 후, 최대 효율을 유도하기 위해 일정 주파수의 이동(feedback)이 필요하게 된다.

2.2.2 각 부분별 동작 원리

압전트랜스포머를 장착한 전자식 안정기는 입력 및 정류회로부 역률개선회로 (PFC: Power Factor Correction)와 발진 및 인버터(Inverter) 회로부 및 압전트랜스포머를 구동하여 램프를 구동시키는 회로를 포함하여 구성하였다. 그림 3은 압전트랜스포머를 장착한 형광등 안정기의 전체 블록도 그리고 실제 제작한 안정기를 나타낸 것이다.



(a) 블록 다이어그램



(b) 실제 안정기 회로

그림 3. 제작한 안정기 회로.

Fig. 3. Fabricated ballast circuit.

가. 입력 및 정류회로

① 기본동작

입력회로부는 교류 입력전원을 통해 들어오는 잡음을 제거하기 위한 잡음제거 필터와 써지 전압 억제를 위한 VDR(Voltage Dependent Resistor) 그리고, 교류를 직류로 변환시켜주기 위한 다이오드 및 커패시터 등으로 이루어진 정류 및 필터회로로 구성된다.

② 입력 써지전압, 전류 및 EMI제거 회로

㉗ 써지(Surge) 흡수회로: 전원 입력측으로부터 낙뢰나 순간적인 과전압 등 써지(Surge)가 인입될 경우 이를 제거하여 2차측 회로를 보호한다.

㉘ 라인 필터: 빠른 스위칭 동작으로 발생하는 내부 잡음(Noise)을 인입 전원측에 흘러 들어가기나 발산되지 않도록 필터와 콘덴서의 X, Y형 회로구성으로 EMI를 제거한다.

③ 다이오드 정류 및 필터회로

교류 60[Hz] 전압을 직류 전압으로 변환시키는 회로로써 콘덴서 입력 정류 방식을 사용하였으며, 리플(Ripple)을 줄이기 위해 R, C 필터를 사용하였다. 회로의 입력전압이 85~265[V]까지 변화하여도 일정한 직류전압을 인버터부에 공급하며, 본 회로에서는 400[V]의 직류전압을 공급한다.

나. 역률개선회로(PFC: Power Factor Correction)

일반적으로 정류기의 입력전류 형태는 불연속적이며, 이에 대한 영향으로 입력전압의 왜곡과 입력전류의 고주파에 의해 주변기에 악영향을 미치며, 입력전류는 기본파의 기수배에 상응하는 고주파 성분이 대부분이다.

역률개선회로의 궁극적인 목적은 이러한 총고조파 왜곡률(THD: Total Harmonic Distortion)을 낮게 하는 것이며, 정류기 입력단에서 볼 때, 스위칭 전원이 저항부하와 같게 동작토록 하는 것이다.

역률에 대해 좀더 자세히 알아보면, 교류회로에서 전압과 전류에 의해 발생하는 실제 전력값을 나타내기 위한 것으로 전압과 전류간에 위상차가 발생하면 실제 전력은 감소하고, 무효성분이 증가하게 되므로 부하에서의 효율이 떨어지게 된다. 이를 개선하기 위해 역률 개선용 IC를 활용했다. 좀더 구체적인 동작 방법을 알아보면, 전파정류된 입력전류는 인덕터 부분의 턴(Turn)수의 비율에 의해 2차측으로 분배한다. 분배된 전류에 의해 IC내부에서는 일정전압의 출력으로 바뀌게 되는데, 이는 입력전압이 0이면 출력전압이 항상 0으로 나타나므로 이를 MOSFET가 스위칭을 반복하게 된다. 출력전압이 0인 상태는 결과적으로 인덕터에 흐르는 전류가 0이 되는 것으로 전압이 0인 부분에서 전류도 0이 되므로 위상차를 줄임으로서 역률을 높일 수 있다.

그림 4는 이러한 스위칭동작을 나타낸 것이다. 본 실험에서는 부스트 컨버터(Boost Converter)를 사용함으로써 인버터부에 필요한 전압을 공급하기 위한 직류 링크 전압을 일정하게 유지하고, 리플(Ripple)이 작다는 특성을 지니고 있으며, 기본 회로는 그림 5와 같다.

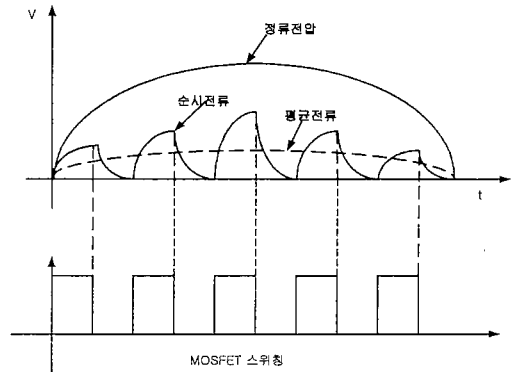


그림 4. 부스트 컨버터 모델.
Fig. 4. Model of boost converter.

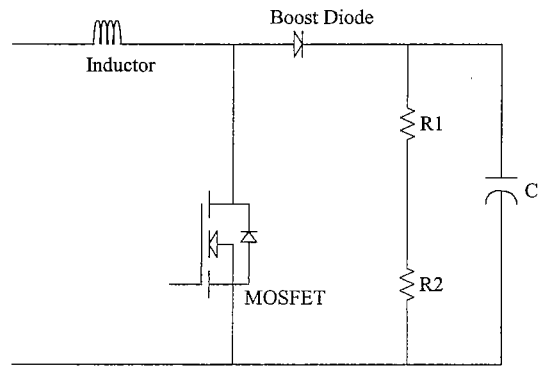


그림 5. 부스트 컨버터.
Fig. 5. Boost converter.

다. 발진 및 인버터(Inverter) 회로부/ 압전트랜스포머
① 발진회로부

전자식 안정기는 발진기의 초기동작 및 제어방식에 따라서 자려식과 타려식으로 구분되는데 본 실험에서는 타려식을 채용하여 사용하였다. 타려식 발진 방식은 IC를 이용한 스위칭으로 일정한 주파수의 공진파형을 만들어주는 것으로 일반적인 구조는 그림 6과 같다. 이 방식은 램프 방전 초기시에 출력 L, C의 공진점보다 높은 주파수로 동작시키고, 점차 공진점으로 주파수를 접근시킴으로서 형광램프의 필라멘트에 가해지는 악영향을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 압전트랜스포머에 가해지는 부담(damage)과 자체의 순간적 점등에 의한 잡음(noise)을 줄임으로서 크레스트 팩터(CF: Crest Factor)와 총고조파 왜곡률

(THD: Total Harmonic Distortion)을 낮출 수 있는 효과를 지니게 된다.

② 인버터부/ 압전트랜스포머

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 공진형 인버터로 직렬공진회로와 결합함으로써 전류와 전압을 정현파의 형태로 변환시킴으로써 스위칭 손실을 최소화할 수 있다. 또한 회로에 사용된 스위칭 소자는 트랜지스터보다 안전동작 영역(SOA)이 넓고 신뢰성이 높은 MOSFET를 사용함으로써 스위칭에 의한 손실을 줄일 수 있으므로 변환 효율이 증가하고 제품의 내구성을 높일 수 있다. 즉, 그림 6처럼 두 개의 스위치 M1(HVG)과 M2(LVG)가 교대로 온/오프를 반복하도록 함으로써 고주파수를 지닌 고전압을 발생하게 된다. MOSFET의 온/오프 동작동안 소자에 인가되는 전압이 중첩되는 현상이 발생하게 되면 회로자체의 손실이 커지고, 소자에 스트레스가 증가하므로 이를 피해야만 하는데 이를 위해 지연시간 설정이 필요하다.

L-C 직렬공진회로는 등가적 C값을 지닌 압전트랜스포머와 인덕터 L로 구성되어진다. 인버터의 출력 신호는 공진회로를 거침으로써 정현파의 형태를 나타내고, 이렇게 함으로써 스위칭 손실을 줄이고 효율을 높일 수 있게 된다.

직렬 공진에 의한 변화된 파형은 압전트랜스포머에 인가되어지면, 압전트랜스포머의 1차 측은 기계적 진동을 발하여 2차 측에 전압을 유기함으로써 형광램프의 방전과 구동에 필요한 전압을 인가하여 주게 된다. 이때 압전 트랜스포머는 1차 측과 2차 측이 절연되어 있으므로 형광램프 측의 오동작이 회로 측에 미치는 것을 방지할 수 있다.

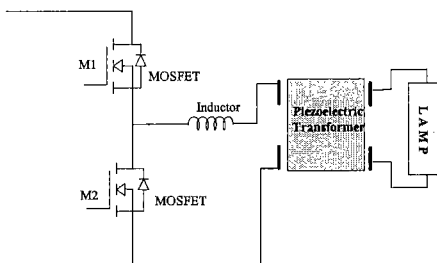


그림 6. 하프브리지 인버터 기본회로.
Fig. 6. Half bridge inverter circuit.

3. 결과 및 고찰

3.1 압전트랜스포머의 전기적 특성

일반적으로, 압전트랜스포머의 입력부의 정전용량 C_{in} 이 출력부의 정전용량 C_{out} 보다 크면 부하를 연결하여 압전트랜스포머를 구동하였을 때 승압형으로 동작한다. 제작된 압전트랜스포머는 C_{in} 이 C_{out} 보다 약간 크게 설계하였다. 압전트랜스포머의 유효기계적품질계수는 손실의 역수에 비례하기 때문에 이 값이 크면 발열이 덜 생기게 된다. 압전트랜스포머의 출력 임피던스가 부하저항과 같게되면 효율이 가장 크게되어 압전트랜스포머 발열이 가장 적게 발생한다. 표 2는 제작한 압전트랜스포머의 제반 특성을 나타낸 것이다.

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

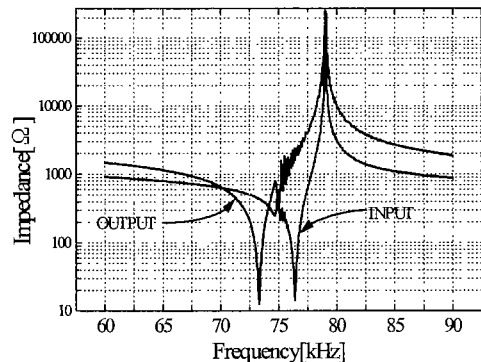


그림 7. 압전트랜스포머의 임피던스곡선.
Fig. 7. Impedance curve of Piezoelectric transformer.

그림 7은 Impedance analyzer(HP4194A)로 측정 한 압전트랜스포머의 임피던스 특성곡선을 나타낸 것이다. 입력부의 공진, 반공진 임피던스차가 출력부의 차보다 작아 입력부의 유효전기기계결합계수 k_{eff} 가 작았다. 그림 8은 부하저항 500[Ω], 1[kΩ], 1.5[kΩ], 2[kΩ], 3[kΩ] 및 무부하 일 때, 주파수에 따른 승압비 특성을 나타내고 있다. 부하가 증가함에 따라 승압비는 증가하였다.

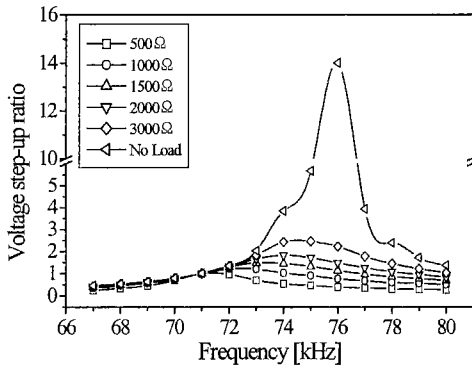


그림 8. 부하저항에 따른 승압비.
Fig. 8. Voltage step-up ratio as a function of load resistance.

T5(28W) 형광등을 구동하기 위해서는 점등개시 전압 450[V], 점등 후 관전압 167[V]의 전압이 필요하므로 이는 입력전압을 220[V]로 보았을 때 점등개시 시에는 약 2.04배, 점등 후에는 약 0.76배의 승압비가 요구되는데, 제작한 압전트랜스포머는 이 조건을 만족한다고 할 수 있다.

그림 9는 입력전압에 따른 부하저항 1[kΩ], 1.5[kΩ], 2[kΩ]와 3[kΩ]에서의 압전트랜스포머의 출력전력을 보이고 있다. 부하저항이 낮을 때는 높은 부하저항에서 보다 상대적으로 승압비가 낮기 때문에 더 높은 입력전압이 필요하게 된다. 부하저항 1[kΩ]에서 입력전압이 약 230[V]일 때에 28[W]에 가까운 출력전력을 보이는 반면, 1[kΩ]을 제외한 나머지 부하에서는 모두 200[V]에 가까운 입력으로 28[W]이상의 출력전력을 나타내고 있다.

그림 10은 부하저항이 1kΩ일 때의 출력전력에 따른 24분 구동 후의 온도상승을 보이고 있다. 온도상승이 13[°C]로 좋은 특성을 보였다.

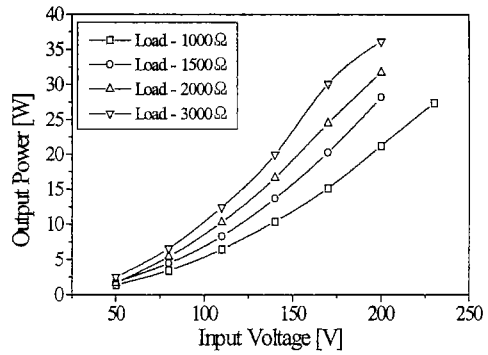


그림 9. 입력전압에 따른 출력전력.
Fig. 9. Output power as a function of input voltage.

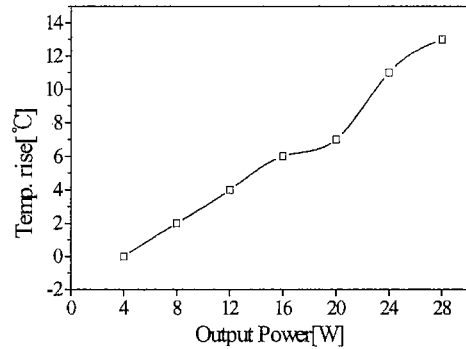


그림 10. 출력전력에 따른 온도상승.(부하 1kΩ)
Fig. 10. Temperature increase as a function of output power.(Load 1kΩ)

3.2 압전트랜스포머를 장착한 형광등 안정기회로 특성

본 실험은 압전트랜스포머에 인가되는 주파수 변화에 따른 램프 양단의 전류 변화정도를 확인하기 위한 것이며, 적절한 램프의 조도 선택을 위한 자료로 활용하기 위한 것이다. 실험 진행은 발진부를 RC 공진 회로에 의한 발진회로를 이용함으로써 가변저항의 변동에 따른 주파수 변화를 유도하고 이에 따른 램프 전류의 변화를 확인한다.

아래의 표 3에서 확인할 수 있듯이 압전트랜스포머에 인가되는 주파수의 변화는 곧 램프의 전류 변화와 관련되어지며, 그 특성은 주파수가 낮아질수록 전류가 증가하는 반비례적 특성을 확인할 수 있다. 이는 곧 압전트랜스포머 구동시 높은 주파수에서 램프를 점등하고, 최대 효율을 낼 수 있는 주파

수대로 낮추어감에 따라 안정적 구동을 유도할 수 있음을 보여준다. 또한, 본 데이터는 발진 자체의 주파수 오차를 고려 동일 주파수에서의 다수 샘플링을 통한 평균값을 정리한 것이다. 또한, 주파수 변화에 따른 압전트랜스포머의 입력측과 출력측의 전류와 전압 변화를 감지함으로써 압전트랜스포머의 입출력 특성을 확인하기 위한 실험을 하였으며, 측정기준은 Osram T5(28[W])램프를 기준으로 최대 효율을 나타내는 전압 167[V], 전류 170[mA]를 목표로 한다. 실험결과 램프의 최대 출력을 얻기 위한 압전트랜스포머의 전류값은 전압에 반비례함을 알 수 있고, 또한 압전트랜스포머의 출력측 전압이 약 182[V]정도로 최적치인 167[V]보다는 높은 경향을 보이는데, 이를 개선하기 위해서는 인버터의 입력전압(현재 400[V])을 낮출 필요가 있다고 사려된다.

표 3. 주파수별 압전트랜스포머 입출력 전류전압 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 설계, 제작한 안정기회로에 압전트랜스포머를 장착하여 형광등을 구동한 후 24분이 경과된 다음에 전기적 특성을 나타낸 것이다.

T5(28W) 형광등의 정격인 167[V], 170[mA]와는 조금 상이한 특성을 보이고 있다. 이는 형광등의 등가저항과 압전트랜스포머의 출력임피던스의 불일치에서 기인한다고 생각된다.

형광등의 등가저항은 약 1[k Ω]인데 반해, 상대적으로 압전트랜스포머의 출력 임피던스가 높기 때문에 전류의 감소와 더불어 전압의 증가를 야기한 것으로 생각된다. 효율은 안정기 입력부와 압전트랜스포머

출력부의 전력비에서 계산하였으며, 효율이 86.3[%]로 우수한 안정기효율 특성을 나타내었다. 이때에 온도상승은 15[$^{\circ}$ C]를 나타내었으며, 이는 20[$^{\circ}$ C]를 최대 허용온도로 볼 때, 28[W] 형광등에 적용하기에 아주 적합한 압전트랜스포머라고 생각된다.

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

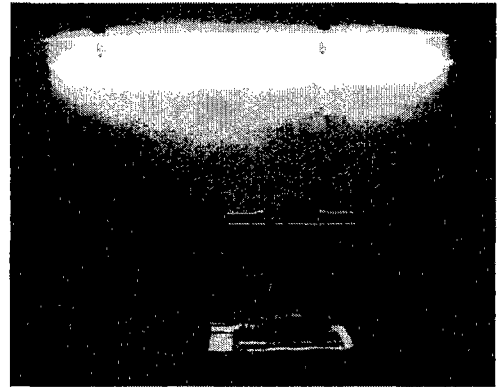


그림 11. 압전트랜스포머가 장착된 형광등 안정기로 점등된 T5(28W) 형광등.

Fig. 11. Lit fluorescent lamp by the ballast circuit using piezoelectric transformer.

4. 결론

본 연구에서는 PNW-PMN-PZT 세라믹스를 이용하여 윤곽진동모드의 압전트랜스포머를 27.5 \times 27.5 \times 2.6[mm]로 제작하여 그에 대한 전기적 특성을 조사하고, 실제로 이 압전트랜스포머를 장착한 T5(28W)

형광등 안정기로에 응용 가능성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 전력증폭기를 사용하여 부하저항 1[k Ω]하에 압전 트랜스포머를 24분 구동한 결과, 28[W] 출력전력 하에서 온도상승은 13[$^{\circ}$ C]이었다.
2. 압전트랜스포머 구동시 높은 주파수에서 램프를 점등하고, 최대 효율을 낼 수 있는 주파수로 낮춤에 따라 램프구동이 안정적이었다.
3. 실제 안정기회로에 압전트랜스포머를 장착하여 형광등 구동실험을 해 본 결과, 안정기효율이 86.3[%]으로 우수한 특성을 나타내었으며, 이때에 압전트랜스포머의 온도상승은 15[$^{\circ}$ C]를 나타냈다.

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, Vol. 39, pp. 2680-2684, 2000. 5.
- [2] S. Kawashima, O. Ohnishi, H. Hakamata, S. Tagami, A. Fukuoka, T. Inoue and S. Hirose : Proc.1. Int. IEEE Ultrasonic Symp., pp. 525,1994.
- [3] H. W. Katz, "Solid State Magnetic and Dielectric Devices", John Wiley & Sons, New York, Chap. 2, pp. 35., 1959.
- [4] M. Yamamoto, Ultrasonic Technol. 11(10) (1999) 1.
- [5] 이동균, 윤석진, 김현재, 안형근, 한득영, "PMS-PZT, PMN-PZT계 세라믹스를 이용한 압전트랜스포머의 특성", 전기전자재료학회 논문지, 13권 3호, pp. 220-226, 2000.
- [6] 이용우, 류주현, 윤광희, 정희승, 서성재, 김종선, "PSN-PZT계 세라믹스를 이용한 고출력 압전트랜스포머의 전기적 특성", 전기전자재료학회 논문지, 13권 4호, pp. 286-293, 2000.