

압전 트랜스포머를 이용한 PDA용 CCFL구동회로의 모델링과 동작특성

황락훈*, 장은성*, 남우영*, 류주현*, 오동연*, 조문택**, 안익수**, 주해중**

*세명대학교 전기공학과, **대원과학대 전기과

Modeling and Characteristics of PDA CCFL Driving Circuits for Piezoelectric Transformer

L. H. Hwang*, E. S. Jang*, W. Y. Nam*, J. H. Yoo*, D. O. Oh*, M. T. Cho**, I. S. Ahn**
and H. J. Joo**

*Dept. of Electrical Engineering, Semyung University

**Dept. of Electrical Engineering, Daewon Science College

ABSTRACT

In this paper, to apply piezoelectric transformer for PDA backlight inverter, piezoelectric transformer using the composition which Nb_2O_5 added into PNW-PMN-PZT ceramics was fabricated as Rosen-type one with the size of $1165mm^3$. And their electrical characteristics were investigated with the variations of load resistance and driving frequency. And then, the driving circuit for PDA CCFL(0.6W) which composed of the two MOSFETs connecting in series was manufactured using piezoelectric transformer, VCO and one-chip microprocessor. After driving for 25 min using the proposed circuit for PDA CCFL(0.6W), driving frequency of 214.4kHz, input voltage of 31.78 V and input current of 21.1mA were shown. And then, output voltage of 293.2 V and output current of 2.2mA were shown. At the same time, efficiency of 96.2% and temperature rise of $3.6^\circ C$ were appeared at the piezoelectric transformer.

1. 서론

근래에 들어 노트북, PDA 등 각종 소형 디스플레이 장치의 LCD Backlight용 인버터에 압전트랜스포머가 널리 사용되어지고 있다. 압전트랜스포머는 부피대 전력변환률과 효율면에서 기존의 자기트랜스에 비해 월등히 높다는 것은 여러 논문과 연구를 통해 입증되어왔다.[1]

압전변압기는 누설자속이 발생하지 않아 잡음이 없고, 고조파 잡음이 없으며, 1, 2차의 완전절연으로 발연과 발화 위험이 없으며 효율면에서도 96%

이상으로 슬립화 소형화 경량화가 가능하며 CCFL 구동용 인버터에 적합하다. 압전트랜스포머는 인버터의 출력단에 연결되는데, 본 연구에 사용된 압전트랜스포머의 size는 $16 \times 5 \times 1(L \times W \times T)mm$ 이며 냉음극관(Cold Cathode Fluorescent Lamp)을 구동시키게 되는데, size의 소형화는 이루어낼 수 있다. 압전변압기 출력은 입력되는 주파수에 대해 상당히 민감한 변화를 보이는데 구동에 필요한 정확한 주파수를 인버터에 공급하게 하는게 중요하게 된다.

따라서 본 연구에서는 우수한 압전 특성을 보이는 PNW-PMN-PZT 세라믹스[2] 이용하여 압전 트랜스포머를 시뮬레이션 하고 실제 PDA용 CCFL을 구동하여 그 제반 특성을 조사하고자 한다.

2. 본론

2.1 압전변압기와 CCFL모델링

본 연구에서는 압전변압기를 그림 1에 나타낸 것처럼 판상소자의 편축반은 두께방향에 전극을 다른 반은 길이방향의 단면에 전극을 가지고 전자는 두께방향으로, 후자는 길이방향에 직류전압을 인가하여 분극을 나타내고 있다.

두께 방향의 전극부를 구동부, 다른쪽을 발전부라 부르고, 권선변압기의 1차, 2차측에 상당한다. 길이방향의 치수 $2L$ 로 결정된 고유공진주파수의 입력전압을 구동부에 인가하면 전왜효과(電歪效果)에 의해 길이방향으로 강한 기계적 진동을 일으키고, 이것에 의해 발전부에서는 길이 방향의 응력이 공진적으로 증폭되면 발전부 양단의 출력전극에서 매우 높은 승압된 전압(V_2)이 발생한다. 전기에너지에서 기계에너지로 또 전기에너지로의 변환을 통하여 승압작용을 하게 된다.

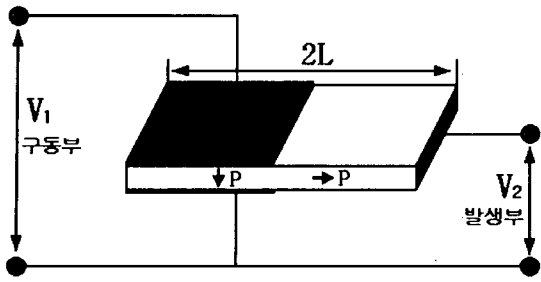


그림 1. 압전 변압기

출력단 무부하시의 승압비 $(G = \frac{V_2}{V_1})_{\infty}$ 는 압전재료의 압전상수, 치수에 의해 다음 식 (1)로 표시된다.

$$G_{\infty} = \frac{4}{\pi^2} Q_m k_{31} k_{33} \frac{L}{T} \quad (1)$$

여기서, G_{∞} : 무부하시 승압비, Q_m : 압전 세라믹의 기계적 품질계수, k_{31} , k_{33} : 전기기계 결합계수, L : 길이, T : 응력

또한, 기본 공진 주파수는 소자중의 음속을 C 라 할 때 식 (2)로 표현된다.

$$f_r = \frac{C}{4L} \quad (2)$$

압전 변압기는 f_r 에서 공진할 때는 반파장진공 ($\frac{1}{2}$ 모드)로 되지만, $2f_r$ 및 $3f_r$ 에서도 공진하여 승압특성을 보이고 각각 전파장 진동 (λ 모드, $\frac{3}{2}\lambda$ 모드)라 부른다. 그림 2는 그들 각 진동 모드의 응력 및 변위분포를 나타내었고, 각각의 진동의 절이 되는 개소가 다르게 된다. 압전 변압기를 지지하는 경우는 변위 0의 개소, 즉 응력 최대의 개소를 지지할 필요가 있다. 우선 그림 2의 등가회로에서 기생저항 r_{cd1} 과 C_{d1} 은 효율의 주파수 특성을 정확하게 나타내기 위해 삽입하였으며, R_{Ls} 와 R_d 는 L_s 의 등가저항이며, 출력전압 V_o 의 반주기 동안의 평균값은 식 (3)으로 표현되며, 승압비 G 는 식 (4)로 나타낼 수 있다.

$$V_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_2 \sin \omega t \, d\omega t = \frac{V_2}{\pi} \quad (3)$$

$$G = \frac{V_2}{V_{Lr}} = \frac{(1-D)\pi^2}{2 \sin D\pi} \frac{V_o}{V_{in}} \quad (4)$$

2.2 압전 변압기의 등가회로

그림 2는 제작된 압전 변압기의 등가회로이며, 이 회로를 근거로 하여 PSPICE로 라이브러리화

하였다. 압전 변압기 교류 등가회로에서 기생저항 r_{cd1} 과 C_{d1} 은 효율의 주파수 특성을 정확하게 나타내기 위해 삽입하였으며, R_{Ls} 와 R_d 는 L_s 의 등가저항이며, 출력전압 V_o 의 반주기 동안의 평균값은 식 (5)로 표현되며, 승압비 G 는 식 (6)으로 나타낼 수 있다.

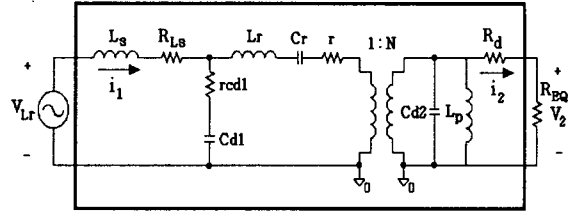


그림 2. 압전 변압기의 등가회로

$$V_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_2 \sin \omega t \, d\omega t = \frac{V_2}{\pi} \quad (5)$$

$$G = \frac{V_2}{V_{Lr}} = \frac{\pi V_o}{\frac{2}{\pi} \frac{V_{in}}{(1-D)} \sin D\pi} = \frac{(1-D)\pi^2}{2 \sin D\pi} \frac{V_o}{V_{in}} \quad (6)$$

2.3 CCFL의 PSPICE 모델

실효 램프전류를 계산하기 위해 RC 적분회로를 사용함으로써 램프 모델 방정식인 식 (7)을 이용하여 그림 3과 같이 PSPICE 모델로 만들 수 있다.[3]

$$V_t = R_{LAMP} \times I_t = \frac{60.966 + 110.45 \cdot e^{-1.9404 \cdot I_{rms}} - 48.578 \times e^{-60.182 \cdot I_{rms}}}{I_{rms}} \times I_t \quad (7)$$

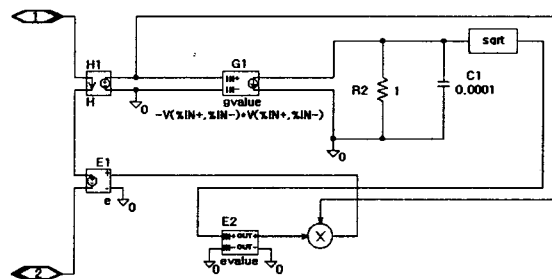


그림 3. CCFL의 PSPICE 모델

3. 시뮬레이션 및 실험 결과 고찰

3.1 압전 회로의 시뮬레이션

그림 4에 보이는 바와 같이 매우 첨예한 공진 특성을 보여주며, 공진 주파수를 구동 중심 주파수와 같게 할 경우 구동 중심 주파수에서 수 [%]만 벗어나도 압전 변압기로서 역할을 못하게 된다. 따라서 출력 전압측면에서 고려해 볼 때 구동 주파수와

일치하는 단일 주파수의 입력전압만이 유효하며 입력전압의 왜형분은 출력으로 전달되지 않기 때문에 그 만큼 구동회로에서 손실이 남게된다. 이와 같은 사실로부터 압전 변압기의 입력 전압파형이 정현파에 가까울수록 전력변환효율 측면에서 유리함을 알 수 있다.

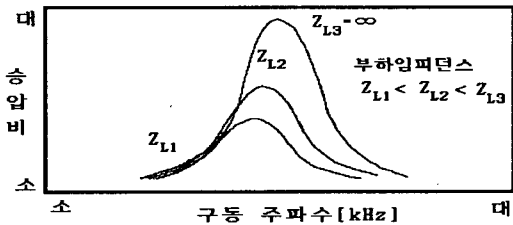


그림 4. 주파수 특성에 따른 승압비

그림 5에서 보이는 바와 같이 압전 변압기 효율의 주파수 특성과 최대 출력의 주파수 특성이 일치하지 않으며, 최대출력이 발생하는 주파수가 최대 효율이 얻어지는 주파수보다 높은 것을 알 수 있다. 따라서 주파수 제어시 공진 주파수보다 약간 높은점을 기준점으로하여 제어하는 것이 효율 및 전력 전송면에서 유리할 수 있다.

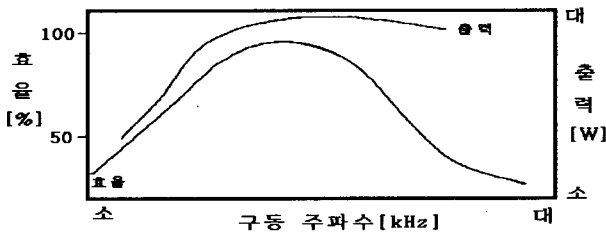


그림 5. 압전 변압기의 효율과 출력 주파수 특성

그림 6은 저항가변에 따른 출력전류의 주파수 특성의 시뮬레이션을 나타내었다. 그림 7은 구동주파수에 따른 압전 변압기의 출력 전압특성 시뮬레이션을 나타내고 있다

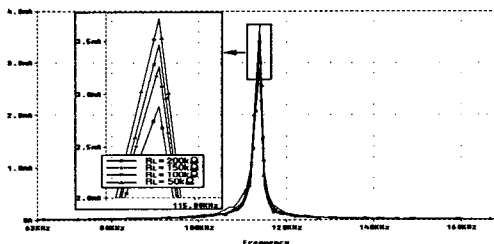


그림 6 저항가변시 출력전류의 주파수특성

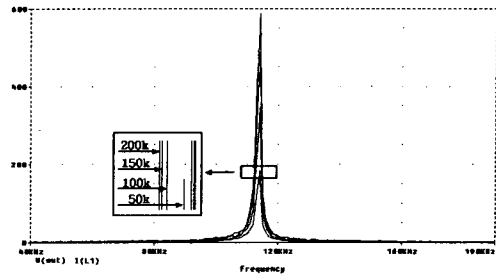


그림 7. 구동 주파수에 따른 압전 변압기 출력전압

3.2 압전회로 및 CCFL구동 회로 구성

그림 8은 압전 변압기의 등가회로를 포함한 푸시풀 인버터이며, 이 때의 PSPICE 모델을 나타냈다.

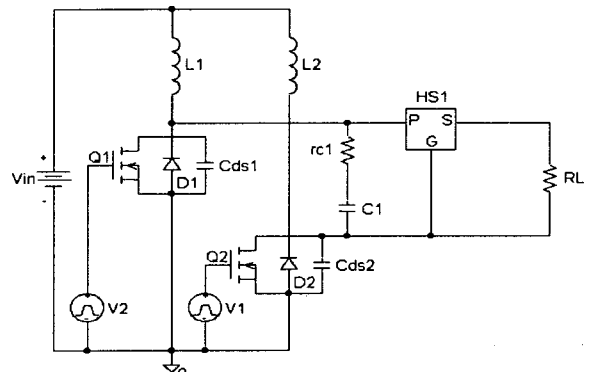


그림 8. 압전 변압기의 푸시풀 인버터 PSPICE 모델

본 연구에서의 사용되어진 압전변압기는 로젠타입으로써 실 제작 된 것으로 그림 9와 같이 나타내고 있다.

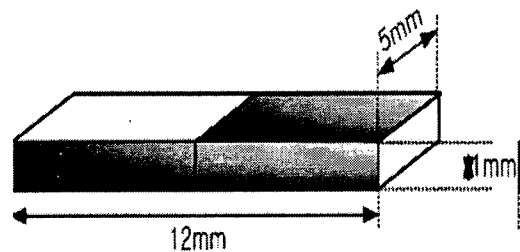


그림 9. 제작된 압전변압기

실제 시스템은 CCFL로 PDA용 0.6W급을 구동시키기 위해서 크게 구동부와 제어부로 나눌 수 있다. 그림 10에서 보듯이 구동부는 하프브릿지 인버터를 사용하였고 직렬 공진식에 LC직렬공진을 하도록 설계를 하였다. 제어부는 마이콤을 이용 CCFL에 흐르는 전류(최대 21mA)를 감지 하여 주파수로 재변환을 도모함으로써 안정적 구동을 하게 했다.

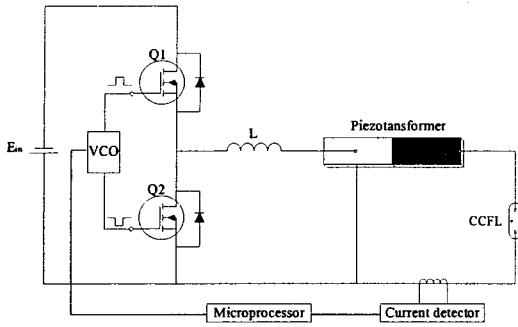


그림10. 압전변압기를 사용한 CCFL 구동회로

3.3 실험결과

CCFL 전압 및 전류 파형을 시뮬레이션 하였으며 인버터회로에 적용시켜 램프의 특성을 해석했다. 또한, 압전 변압기는 대칭형 3차 로젠형 등가회로를 이용하여 모델링함으로써 부하저항을 가변시키고 구동주파수에 따른 출력전압을 나타냈으며, 입력측 인덕턴스를 변화시켰을 때의 압전 변압기의 입·출력 특성을 시뮬레이션 한 결과 부하조건과 입력전류에 따른 공진특성의 변화를 알 수 있었으며, 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. 그림 11은 실제 제작된 압전 변압기의 입력전압 파형을 측정하여 나타낸 것이고, 그림 12는 압전변압기의 출력전압 파형을 나타낸 것이다.

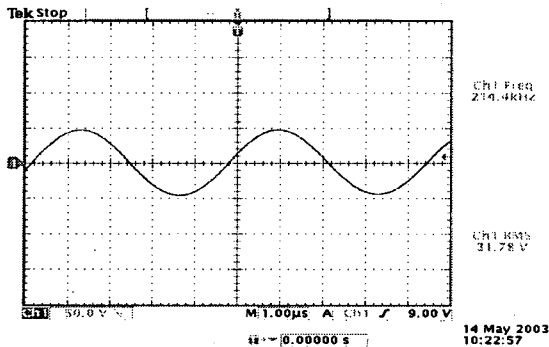


그림11. 압전변압기의 입력전압 파형

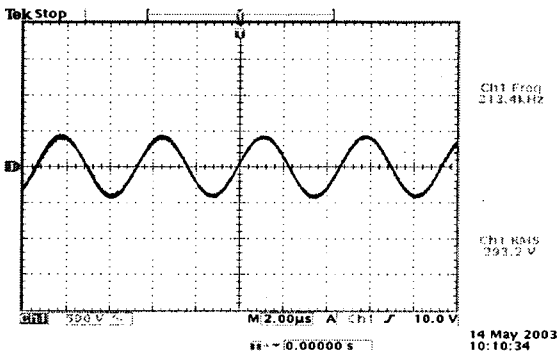


그림12. 압전변압기 출력전압 파형

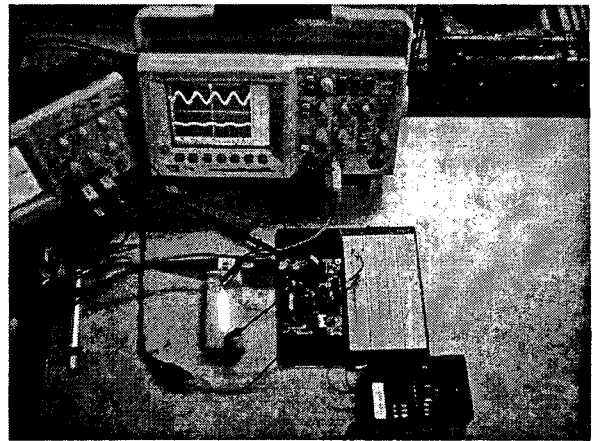


그림13. 실험 장치도

3. 결론

본 연구에서 PDA용 LCD backlight(0.6W) 인버터에 1165mm³의 로젠타입 압전변압기를 사용했다. 압전변압기는 부하저항이 200Ω일때 승압비가 13.68로 최대가 됨을 알 수 있었다. PDA CCFL에 적용하여 구동 후 25분 지났을 때의 주파수, 입력전압, 출력전류, 출력전압, 출력전압은 각각 214.4kHz, 31.78V, 21.1mA, 293.2V, 2.2mA가 됨을 알 수 있었고, 또한 그때의 효율은 96.2%였으며, 온도는 3.6℃로 낮은 증가를 보였다. 따라서 PDA CCFL LCD 백 라이트용으로 실용화 가능성을 보였다.

감사의 글

본연구는 2002년 산자부 에너지관리공단 학진과제로 이루어 졌으며 에너지 관리공단에 감사 드립니다.(과제번호 : 2002-E-EL03-P-08-0-000)

참고 문헌

- [1] S. Kawashima, O. Ohnishi, S. Tagami, A. Fukuoka, T. Inoue and S. Hirose, Proc.1. Int. IEEE Ultrasonic Symposium, p.525,1994.
- [2] C.Y. Lin and F.C. Lee, "Design of a Piezoelectric Transformer Converter and its matching networks", IEEE PESC '94 Record, pp. 607~612, June 1994.
- [3] T.E. Wu, J.C. Hung, and T.H. Yu, "A Pspice Model for Fluorescent Lamp s Operated at High Frequencies", IECON Proceeding, pp. 359~364, 1995.