

압전 변압기를 이용한 LCD Backlight 구동에 관한 연구

A Study on the LCD Backlight Drive using Piezoelectric Transformer

강태구*, 이동균, 유영한, 안형근, 한득영
건국대학교 전기공학과

(Tae-Gu Kang*, Dong-Kyun Lee, Young-Han Yu, Hyung-Kuen Ahn, Duek-Young Han)

Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University

Abstract

A cold cathode fluorescent lamp for the backlight in the notebook computer requires high input voltage about 1300[V] when it turns on. But once a discharge starts, the input voltage can be dropped by about one-third for continued output. The equivalent impedance also varies from open to several dozens of kilo-ohms.

The piezoelectric transformer converts electrical energy into mechanical energy and then converts it back to electrical energy at a high voltage. Its high output voltage, high efficiency and small size are suitable for driving the LCD backlight in the notebook computer.

The piezoelectric transformer operates near the resonance frequency and the output waveform is close to sine wave with very little noise.

This paper suggests an inverter for LCD backlight of notebook computer using piezoelectric transformer that includes voltage to frequency converter for gate signal which is useful for tracking of variable resonance frequency depending on load impedance.

Key Words(중요용어): Piezoelectric Transformer(압전변압기), LCD Backlight, Inverter

1 서론

압전 변압기는 외부에서 인가된 교류 전압을 기계적인 에너지로 변환한 후 그 기계적인 에너지를 다시 전기적인 에너지 형태인 교류 전압을 출력하는 장치이다.[1] 에너지 변환과정중에 자기에너지로의 변환이 없으므로 종래 권선 변압기에서 볼 수 있었던 누설 자속에 의한 효율저하가 없으며, 권선 저항등에 의한 손실이 없다는 장점을 가지고 있다.[2] 또한 권선 변압기에 비해 구조가 간단하고 소형이며 박형으로 제작할 수 있는 장점이 있다.

1957년 General Electric사에서 실용적인 연구가 시작되면서 근래에 이르기까지 변압비와 지지등의 문제에 대응하기 위해 여러 종류의 압전 변압기 형태가 제안되어 왔지만 Rosen형 압전 변압기에 대한 이론과 응용에 대한 연구가 가장 많이 이루어져 왔

다.[3][4]

본 논문에서는 9층 적층 Rosen형 압전 변압기를 이용해 LCD(Liquid Crystal Display) Backlight의 냉음극 형광등(Cold Cathode Fluorescent Lamp)을 구동하기 위한 인버터의 설계 및 제작에 관한 내용을 다루고자 한다.

2 압전 변압기와 냉음극 형광등의 특성

2.1 압전 변압기의 특성

압전 변압기는 수직과 길이 방향의 분극과정을 거친 압전체로서, 수직 방향으로 분극된 압전체에 교류 전압이 인가되면 압전 역효과에 의한 기계적인 진동이 발생되고 길이방향 압전체로 압전 정효과에 의한 교류 전압을 출력시킨다. 변압비는 입출력측 임피던스의 비에 따라 결정되는데 공진점에서

의 임피던스 값은 입력측이 수 $[\Omega]$. 출력측은 수 $[k\Omega]$ 정도이다.

압전 변압기를 구동하기 위해서는 기계적인 공진 주파수와 동일한 주파수의 교류 전압을 공급해주는 것이 효율적이다. 출력측이 개방된 무부하 공진 주파수에서부터 부하의 임피던스값이 낮아짐에 따라 압전 변압기의 공진 주파수도 낮아지며 변압비도 감소한다.

부하에 따라 변하는 공진 주파수 대역에서 구동하는 것이 압전 변압기를 응용하는 데에 있어 중요한 부분이다.[5][6]

2.2 냉음극 형광등의 특성

냉음극 형광등은 필라멘트가 없으므로 열전자가 방출되지 않는다. 결과적으로 방전이 시작될 때에는 높은 입력전압을 필요로 하고 점등을 유지하기 위해서는 초기 방전 전압의 약 3분의 1 정도의 전압을 공급해 주어야 한다.

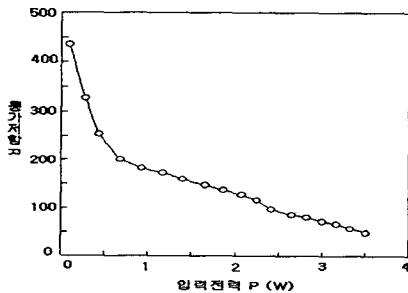


그림 1. 냉음극 형광등의 저항변화

Fig. 1. Variation of equivalent resistance in a CCFL

방전이 시작되기 전의 등가 임피던스는 거의 무한대에 가까워 개방 상태로 본다. 방전이 시작되어 전력이 공급됨에 따라 냉음극 형광등의 등가 임피던스는 서서히 감소되어 점등이 유지되는 동안에는 수십 $[k\Omega]$ 으로 감소한다.

입력 전력의 증가에 따라 저항이 감소하는 이와 같은 부저항 특성을 가지는 회로에서는 통상적으로 발진이 일어나기 쉽다. 권선 변압기를 이용한 인버터의 경우, 냉음극 형광등을 근사적으로 정저항 특성으로 만들기 위해 별도의 Ballast 커패시터를 추가해야만 했다.

3 인버터 설계

압전 변압기는 공진 주파수 부근에서 구동해야 하며 부하에 따라 공진 주파수가 변화하는 특성을 가지고 있다. 또한 압전 변압기의 부하로 연결된 냉음극 형광등은 점등 상태에 따라 등가 임피던스가 변하는 특성을 가지고 있어 결과적으로 구동 주파수를 가변 해야 한다.

인버터의 스위칭 회로로는 입력되는 전압에 비례하는 주파수를 출력하는 장치인 전압-주파수 변환기(Voltage to Frequency Converter)를 이용하여 입력 전압을 가변 시킴으로써 주파수를 제어하고, 전압-주파수 변환기의 입력 전압은 최종 부하인 냉음극관의 출력 전류를 피드백 시킴으로써 점등 상태에 따른 구동 주파수가 결정되도록 설계하였다.

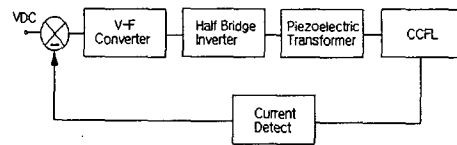


그림 2. 냉음극 형광등 구동용 인버터의 블록 선도
Fig. 2. Block diagram of inverter for driving cold cathode fluorescent lamp

전압-주파수 변환기의 초기 출력은 압전 변압기의 무부하 공진 주파수와 같게 설정하였으며 냉음극관의 출력전류는 점등 유지시에 $5[mA]$ 이며 전압-주파수 변환기의 입력으로 부궤환 되도록 설계하였다.

4 실험 결과

4.1 압전 변압기의 특성

압전 변압기의 입출력측 위상 임피던스 특성은 그림 3과 같이 측정되었다.

HP 4194A로 측정된 입출력측의 어드미턴스 궤적으로부터 압전 변압기의 등가회로 소자를 구하였다.

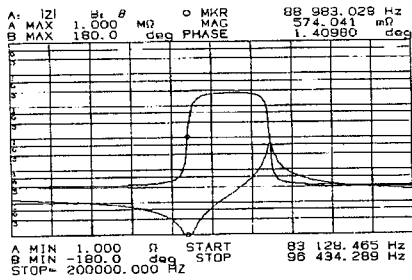


그림 3. 입력측의 임피던스-위상 곡선
 Fig. 3. Impedance and phase angles of input side under no load

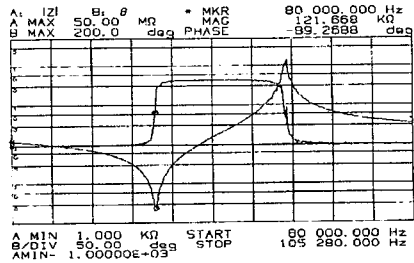


그림 4. 출력측의 임피던스-위상 곡선
 Fig. 4. Impedance and phase angles of output side under no load

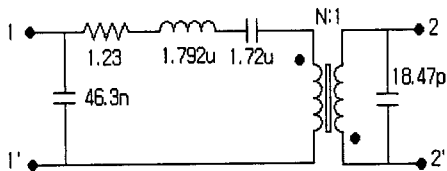


그림 5. 압전 변압기의 등가 회로
 Fig. 5. Equivalent circuit of piezoelectric transformer

실험에 사용한 압전변압기는 무부하시에 약 230 배 정도의 승압비를 가지고 있으며 무부하시의 공진 주파수는 93.2[kHz]로 측정되었다.

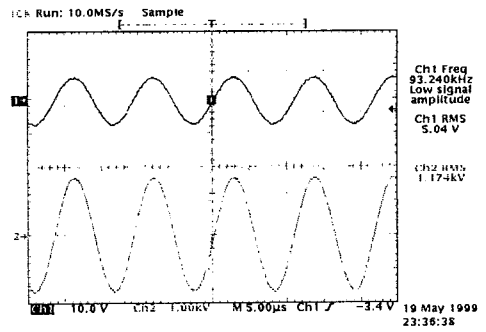


그림 6. 무부하시의 압전 변압기 입출력 전압
 Fig. 6. Input and output voltages under no load

냉음극 형광등을 부하로 연결했을 경우 입력 전압 5[V]일 때 안정된 점등 상태를 보였으며 공진 주파수는 약 1[kHz] 감소하였고 승압비 또한 100배 정도로 감소하였다.

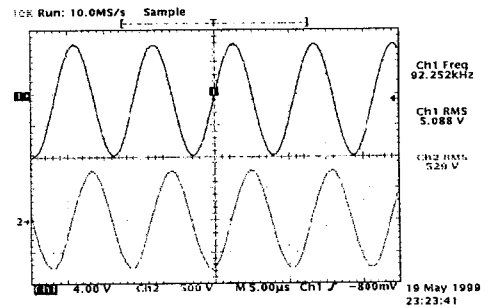


그림 7. 냉음극 형광등 점등시 입출력 전압
 Fig. 7. Input and output voltages when the CCFL is fully turned on

4.2 구동 회로 실험 결과

전압 주파수 변환기는 입력 전압이 10[V]까지 증가하는 동안 주파수는 최대 100[kHz]까지 출력하도록 제작되었다. 그림8은 입력전압 9.2[V]에서 92[kHz]가 출력되는 모습을 보여주고 있다.

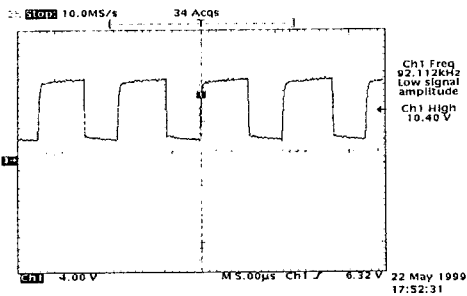


그림 8. 전압-주파수 변환기 출력
Fig. 8. Output of voltage to frequency converter

전압-주파수 변환기의 출력은 인버터의 스위칭 소자인 MOSFET에 전달되며 인버터의 출력단으로 교류전압이 출력되어 압전 변압기의 입력단과 연결된다.

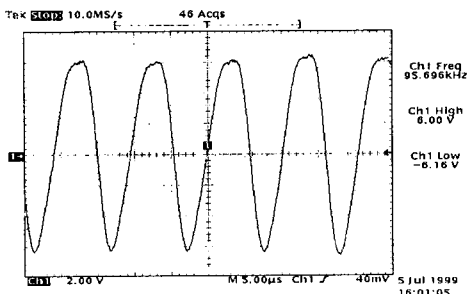


그림 9. 드레인 전압 6[V]일때의 인버터 출력파형
Fig. 9. Output waveform of inverter when drain voltage is 6[V]

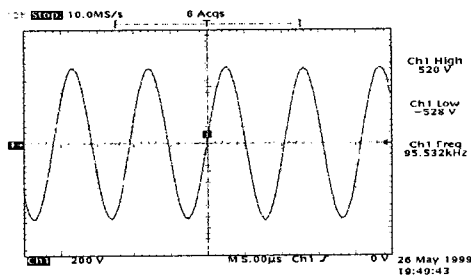


그림 10. 드레인 전압 6[V]일 때 인버터와 연결된 압전 변압기 출력 파형
Fig. 10. Output waveform of piezoelectric transformer when drain voltage is 6[V]

압전 변압기는 공진 주파수 대역을 통과시키는 밴드 패스 필터의 기능을 가지고 있으며 그림9와 같은 고조파 성분을 포함한 전압을 입력으로 했을 경우에도 다음과 같이 노이즈가 매우 적은 정현파형을 출력한다.

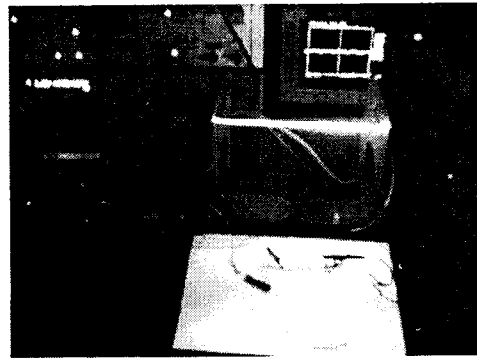


그림 11. 드레인 전압 12[V]일 때의 점등 모습
Fig. 11. Fully turn-on when drain voltage is 12[V]

별도의 권선 변압기를 연결하지 않은 상태에서 MOSFET의 드레인 전압에 따른 길이 21.85[cm], 직경 0.3[cm]의 냉음극 형광등의 점등 상태를 검토 하였으며 드레인 전압 12[V]에서 완전 점등되었다.

5 결론

본 논문은 가로 34.68[mm], 세로 5.89[mm], 두께 1.23[mm]의 9층 적층 Rosen형 압전 변압기를 이용하여 노트북 컴퓨터의 LCD Backlight 구동회로에 대한 연구 결과로서 인버터회로와 전압-주파수 변환기를 이용한 주파수 제어 회로를 포함하고 있다.

실험에 사용된 압전 변압기는 무부하시에 약 230 배 정도의 승압비를 가지고 있으며 냉음극 형광등을 부하로 연결할 시에 약 1[kHz]정도의 공진 주파수 이동이 있었다.

인버터의 출력이 많은 고조파 성분을 포함하고 있더라도 압전 변압기의 출력으로는 노이즈가 매우 적은 정현파를 얻을 수 있었으며 드레인 전압 12[V]에서 별도의 권선 변압기 없이 냉음극 형광등이 완전 점등되었다.

참고 문헌

- [1] C. A. Rosen, "Ceramic transformers and

- filters". in Proc. Electronic Component Symposium, pp 205-211, 1957.
- [2] A. Mizutana, Y. hashiguchi, et al, "New transformer Shrinks LCD Backlight Inverter Thickness", Nikkei Electronics Asia, pp 76-80, 1995.
- [3] C.Y.Lin, "Development of a piezoelectric Transformer converter." VPEC Power Electron. Sem. Proc, pp 79-85, 1993.
- [4] D.O. Huh, C.H. Cho, T.G. Kang, H.M. Lee, H.K. Ahn and D.Y. Han, "Design and Fabrication of Piezoelectric Ceramic Transformers for the LCD Backlight," International Conf. on Property and Dielectric Materials. pp.843-846, 1997.
- [5] C.Y.Lin and F.C.Lee, "Design of a piezoelectric transformer and its matching networks." Proc, IEEE Conf. Taiwan. pp 607-612, 1994.
- [6] H.K. Ahn and D.Y. Han, "Electrical Properties of Composite Piezoelectric Transducer," 한국 전기 전자 재료 학회, Vol. 9, No. 1, pp. 24-29, Jan., 1996.