

압전 변압기를 이용한 대화면 LCD 백라이트 인버터에 관한 연구

한근우, 임영철, 양승학*

전남대학교 전기공학과, 호남대학교 전기공학과*

A Study on the Large-Screen LCD Backlight Inverter with Piezoelectric Transformer

Keun-Woo Han, Young-Cheol Lim, Seung-Hak Yang*

RRC & Electrical Engineering Chonnam National University

RRC & Electrical Engineering Honam University*

ABSTRACT

액정 디스플레이 (LCD: Liquid Crystal Display)의 광원은 주로 냉음극 방전램프 (CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp)가 사용되고 있으며, 19인치급 이하의 LCD 백라이트 인버터의 램프 구동방식은 가장 일반적인 램프 구동방식인 H-L(High-Low) 방식을 채택하여 사용하고 있다. 그러나 21인치 이상의 중·대형 LCD 백라이트 인버터는 소형 LCD 에 비해 보다 높은 구동 전압·전류가 필요함에 따라 기존의 H-L(High-Low) 방식이 아닌 H-H(High-High) 방식 사용하고 있다.

본 논문에서는 대형 LCD 백라이트 인버터에 주로 사용되고 있는 H-H(High-High) 방식을 압전 인버터 (Piezoelectric Inverter)에 적용하여 H-L(High-Low) 램프구동 방식과 비교 하였으며, H-H(High-High) 램프 구동방식을 통한 멀티램프 구동과 효율, 휘도가 우수함을 검증하였다.

1. 서 론

압전 변압기는 1950년대 중반 C.A. Rosen 의해 개발된 이후 각종 고전압 변환기기로의 응용이 가능하게 되어 활발히 그 연구가 진행되고 있다. 특히 최근에는 TV, Laptop PC, Navigation, Monitor 등 자체 발광 능력이 없는 액정 디스플레이(LCD: Liquid Crystal Display)의 백라이트 광원으로 CCFL를 구동하는 백라이트 인버터로 사용 되어지고 있다. 권선형 변압기를 사용한 17인치 이하의 LCD 백라이트 인버터에서는 변압기의 코어손실에 의한 효율감소 그리고 변압기 용량에 따른 부피와 중량의 증대등 많은 단점들을 가지고 있다. 그러나 압전 변압기를 이용한 백라이트 인버터는 소형, 경량, 불연성 그리고 저 EMI 등 많은 장점들로 인하여 소형 LCD 에 있어서 압전 변압기를 이용한 백

라이트 인버터는 많은 각광을 받았으나 20인치 이상에 중·대형급 LCD 백라이트 인버터 적용에 있어서 압전 변압기의 최대 결점인 용량의 한계로 인하여 현재 중·대형 LCD 백라이트 인버터에서는 변압기 용량 증대에 대한 어려움이 없는 권선형 변압기가 주로 이용되고 있다.

본 논문에서는 압전 변압기의 용량 증대에 대한 한계를 기존의 LCD 백라이트 인버터 램프 구동 방식인 H-L 방식이 아닌 H-H 램프 구동방식의 적용으로 변압기 용량에 대한 문제를 해결 하였으며 이를 검증하기 위한 압전 변압기 특성에 부합된 회로를 설계하기 위하여 관경 4.0mm, 관장 730mm 30인치 대형 LCD 백라이트 광원으로 사용되는 CCFL를 부하로 선정하였다. 이와 같은 조건의 부하를 구동하기 위해서 푸시-풀 타입의 토폴로지를 적용 하였으며 또한 압전 변압기에 있어서 H-H 램프 구동방식에 대한 적용 가능성을 검증하고, 향후 30인치 이상의 대형 LCD의 백라이트 인버터에 있어서 압전 인버터 적용 가능성을 확인 하고자 한다.

2. 냉음극 방전램프와 압전 변압기의 구조 및 특성

2.1 냉음극 방전램프의 구조 및 특성^[1]

압전 인버터의 부하로 사용되는 냉음극 방전램프는 고휘도, 고효율, 저소비 전력, 장수명 등 많은 장점들이 있어 각종 액정 디스플레이의 백라이트용 램프로 사용된다. CCFL은 초자관과 이의 양끝에 전극이 붙어 있으며, 내부에는 일정량의 수은과 Ar 과 Ne의 혼합 가스가 들어 있다. 또한 초자관 내부 표면은 형광체로 도포되어 있으며, 램프의 양단에 고전압이 인가되면 유리관 안에 존재하는 전자가

고속으로 전극에 유인되고 전극과 전자의 충돌로 발생된 2차 전자에 의해 방전이 개시되어 가시광선을 발하게 된다. CCFL의 점등 특성은 그림 2 (a)와 같이 고전압 저전류 특성을 가지고 있는데, 일반적으로 14.1인치 기준으로 보았을 때 초기 점등 전압은 약 1000[V]

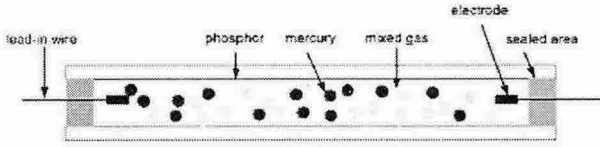


그림 1 냉음극 방전램프에 구조
Fig. 1 Structure of CCFL

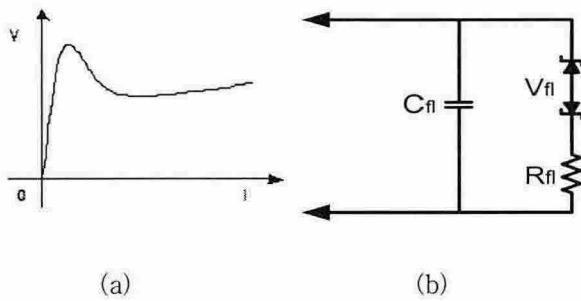
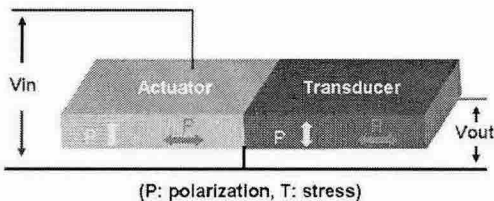


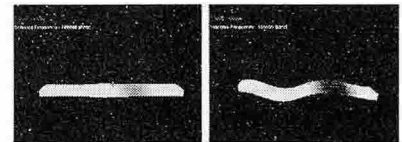
그림 2 냉음극 방전램프에 V-I 특성곡선
Fig. 2 V-I Characteristics curve of CCFL

전압이 소비되며, 램프 구동시에는 부성저항 특성으로 인하여 약 600~700[V] 정도의 전압과 최대 6[mA] 전류가 요구된다. 그림 2의 (b)는 CCFL 분석을 용이하게 하기 위한 등가회로이다. 여기서 V_n 은 램프 초기 점등 후 평균 유지 전압을 나타내고 있으며, 램프의 임피던스 R_n 과 균등한 전압 분배를 위한 밸런서 캐패시턴스 C_n 로 구성 되어있다.

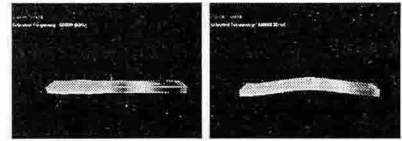
2.2 압전 변압기^[2]



(a) 공진주파수 $f_r : \lambda/2$ mode



(b) 공진주파수 $f_r : 3/2 \lambda$ mode



(c) 공진주파수 $f_r : \lambda$ mode

그림 3 압전 변압기의 구조
Fig. 3 Structure of piezoelectric transformer

압전 변압기는 전기적 에너지 → 기계적 에너지 → 전기적 에너지의 정·역 압전효과를 모두 이용을 하고 있으며, 입·출력에 대한 전기적 임피던스의 원리를 이용하고 있다. 높은 승압비를 얻기 위해서는 공진주파수와 구동주파수간의 주파수 매칭과 함께 선형적인 교류전압 인가가 필수적인 요소로 작용한다. 이러한 구동특성과 달리 권선형 변압기는 자력선 발생을 통하여 임피던스 변환을 이용하기 때문에 많은 EMI를 발생하게 되는데, 상대적으로 압전 변압기는 구동 특성이 달라서 낮은 EMI 발생을 특성을 갖는다. 압전 변압기는 진동 방식에 따라서 λ , $\lambda/2$, $3\lambda/2$ 방식으로 분류된다. 일반적으로 압전 변압기 입력부의 중앙부와 출력부의 중앙부에 응력이 최대로 걸리고, 변위가 최소로 되는 λ 모드가 $\lambda/2$ 모드 보다 많이 이용되고 있다.

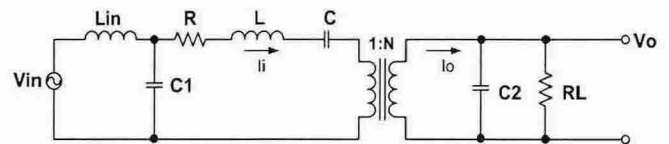


그림 4 압전 변압기의 등가회로
Fig. 4 Equivalent circuit of piezoelectric transformer

그림 4는 압전 변압기를 전기적으로 등가회로화한 것이다. PZT 세라믹 구조로 되어있는 압전 변압기를 전기적으로 해석하기 위해서는 등가화는 필수적이다. 이렇게 압전 변압기를 등가회로로 표현하기 위해서는 임피던스 분석기(HP4194A)를 이용하여 G-B에 의한 어드미턴스 측정법을 통해서 가능하게 하다.

본 논문에서 사용한 압전 변압기의 경우 크기는 35×9.9 [mm], 최대 6.5[W]까지 구동이 가능하며 또한 약 54.2[kHz] 공진 주파수 부근에서 최소 효율 88[%] 효율을 갖는다.

3. 압전 인버터의 램프 구동방식과 적용 토폴로지

3.1 압전 인버터의 램프 구동방식

LCD 백라이트를 위한 램프 구동방식에는 다양한 구동 방식이 있으나 그림 5와 같은 H-L와 H-H 램프 구동방식이 주로 사용되고 있다. H-L 구동방식은 가장 일반적인 램프 구동방식으로 21인치 이하에 소형 LCD 백라이트 적용되고 있으며, 램프간에 개별 구동에 적합하며, 각 채널간 누설전압이 상대적으로 작은 것이 특징이다.

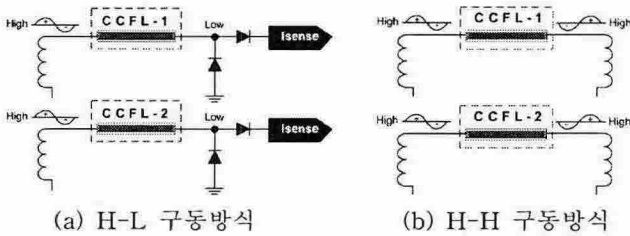


그림 5 램프 구동방식
Fig. 5 Operation methods of CCFL

그러나 램프 구동시에는 램프 간의 전류편차와 효율과 휘도의 감소등 대형 LCD 백라이트 광원의 구동방식 으로는 적합하지 않다. 그에 반해서 H-H 램프 구동방식은 중·대형급 LCD 백라이트 인버터에 구동 적합하며, 디스플레이 패널간에 휘도편차 또한 균일하며, 효율도 기존 방식에 비해 우수하다. 그러나 H-L 방식과 달리 각 채널간에 누설전압이 상대적으로 크다는 단점이 있다. 현재 중·대형급 LCD 백라이트 광원 구동 방식으로 주로 사용되고 있다.

3.2 압전 인버터의 적용 토폴로지^[4]

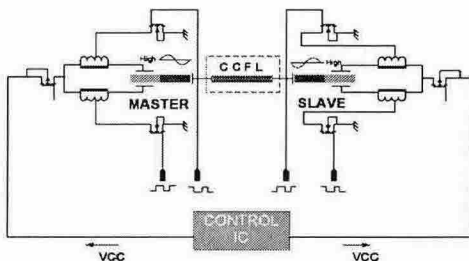


그림 6 푸시-풀 타입의 압전 인버터
Fig. 6 Piezoelectric inverter of push-pull type

그림 6는 푸시-풀 타입의 압전 인버터 구성도이며, H-H 구동방식을 적용하였다. 푸시-풀 타입 변환기는 ZVS(Zero Voltage Switching)가 용이하

고 변환 효율도 우수하며, 비교적 제어가 쉬운 등 많은 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 30인치 대형 LCD 백라이트 인버터에서 사용하고 있는 관경 4.0mm, 관장 730mm CCFL를 하나의 컨트롤 IC 통하여 Master와 Slave 양측의 인버터를 제어하는 형태로 구성하고 H-H 램프 구동방식이 적용된 푸시-풀 타입의 토폴로지를 구성하였다.

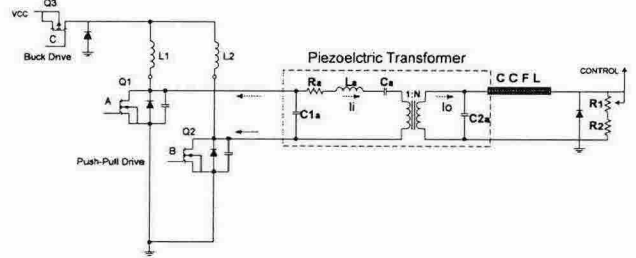


그림 7 전류 생성 푸시-풀 공진형 컨버터
Fig. 7 Current fed push-pull resonant converter

그림 7은 본 논문에서 사용하고 있는 전류 생성 푸시-풀 컨버터를 나타낸다. 공진 주파수를 통하여 ZVS(zero voltage switching) 구동을 하며, 푸시-풀 출력 MOSFET(Q1&Q2)를 50% 듀티비로 교번 구동하여 ZVS를 발생한다. 전류 공급은 푸시-풀 단의 buck regulator(Q3) 통하여 가능하며 제어회로는 평균전압과 기준 전류 센싱 저항 (R1+R2), 정류기 (D2) 의 기준전압의 비로 가능하게 한다. 또한 R1을 통한 전류 제어로 램프의 휘도 제어를 가능하게 하며 변압기 2차 측은 300~1500[V] 이상의 다양하고 균형 잡힌 정형파를 발생하고 콘덴서 C2는 부하의 전압, 전류에 균형을 잡아준다.

3.3 램프 전류제어 회로

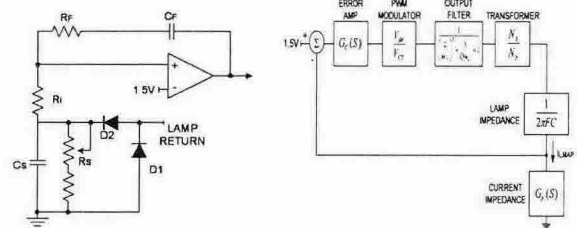


그림 8 CCFL 인버터의 블록선도
Fig. 8 Block diagram of inverter for driving CCFL

압전 변압기는 기존의 권선형 변압기와 달리 공진 주파수 부근에서 구동해야 하며 부하에 따라 공진 주파수가 변화하는 특성을 가지고 있다. 또한 압전 변압기의 부하로 연결된 CCFL은 점등 상태에 따라 등가 임피던

스가 변하는 특성을 가지고 있어 결과적으로 구동 주파수를 가변 해야 한다. 인버터의 스위칭 회로는 입력되는 전압에 비례하여 주파수를 출력하는 주파수 변조(VCO: Voltage Controlled Oscillator)방식을 이용하여 입력 전압을 가변시킴으로써 주파수를 제어하고, 전압-주파수 변환기의 입력 전압은 최종 부하인 CCFL의 출력 전류를 피드백시킴으로써 점등 상태에 따른 구동 주파수가 결정되도록 설계하였다.

4. 실험 및 고찰

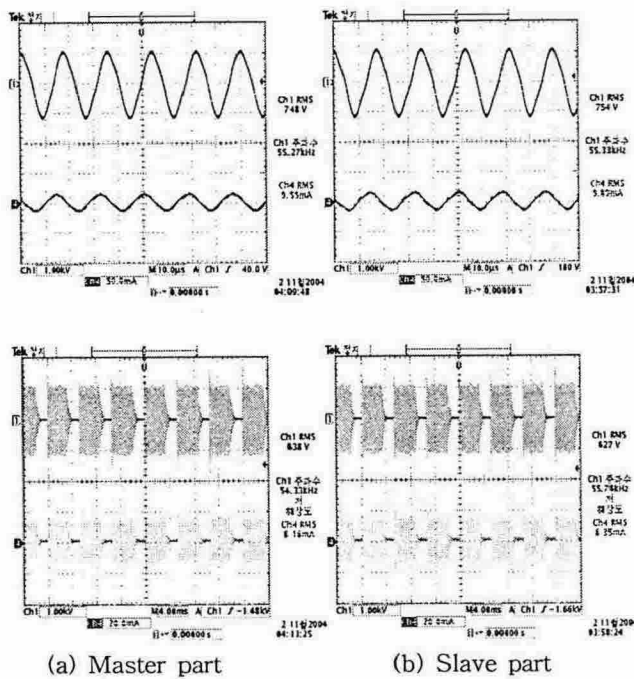


그림 9 램프 출력파형
Fig. 9 Output waveforms of the lamps

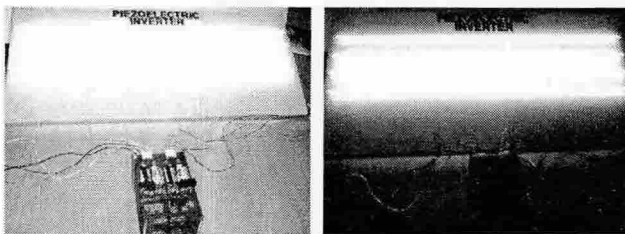


그림 10 압전 인버터를 이용한 CCFL 구동
Fig. 10 Operating CCFL using a piezoelectric inverter

실험에서 사용된 압전 변압기는 6.5[W] 용량과 약 54.2[kHz] 공진 주파수를 가지고 있으며, 사용된 부하로는 관경 4.0mm, 관장 730mm 30인치 LCD 백라이트 광원인 CCFL을 사용하였다. 인버터 구동 입력 전압·전류는 각각 10[V], 1.8[A] 이다. 그림 9는 CCFL 점등시의 Master와 Slave의 출력 전압

과 전류 파형 그리고 약 80% 듀티비를 주었을 때의 버스트 디밍을 보여주고 있는데, H-H 구동 방식을 적용했을때 Master와 Slave의 출력 전압과 전류가 큰 편차가 없이 균일하게 발생하는 것을 볼 수 있다.

5. 결론

주로 소형 LCD 백라이트 인버터에 적용되었던 압전 인버터를 H-H 방식을 적용함으로써 30인치 이상에 대형 LCD 백라이트로의 적용 가능성을 검증하였으며, 대형 CCFL 구동에 있어서 전류 편차와 휘도 불균형 등의 문제점이 있었지만, H-H 램프 구동방식의 적용으로 휘도와 효율 등이 크게 개선됨을 알 수 있었다. 향후에 풀-브리지 타입 등의 다양한 토폴로지 적용으로 보다 낮은 구동 전압과 전류와 효율 개선이 가능할 것으로 본다.

이 논문은 전남대학교 고품질전기전자부품 및 시스템연구센터의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Chih yi Lin, "Design and Analysis of Piezoelectric Transformer Converters", Academic Press, 1997.
- [2] G. H. Kweon, Y. C. Lim, S. H. Yang. "An analysis of the backlight inverter by topologies" IEEE, ISIE-2001, pp 896-900, 2001.
- [3] 35th ICAT Smart Actuator Symposium : Conference Note. April 18-19, 2002.
- [4] 조성구, 권기현, 임영철, 양승학, "압전 변압기를 기반으로 한 LCD 구동 인버터 설계" 전력전자 추계 학술대회 논문집, 2003, PP 197-201
- [5] Data sheet & User's Guide Note, Multi-Topology Piezoelectric Transformer Controller, Texas Instrument. January 2002.
- [6] J.O'Connor, " Dimmable cold cathode luorescent lamp ballast design using the UC3871"