

LCD용 고휘도 Backlight 구동을 위한 30Watt급 인버터의 설계

허 정 옥*, 김 태 조, 임 성 규

서울시 용산구 한남동 산 8 번지 단국대학교 정보디스플레이 연구소

Design of 30Watt Inverter for high luminance LCD Backlight Application

Jeongwook Hur*, Taejo Kim, Sungkyoo Lim

Dankook University, Information Display Research Center

San8 Hannam-dong Yongsan-gu, Seoul, Korea

Abstract

A 30Watt inverter with 300:1 dimming capability for high luminance, one cell, surface discharge plasma light source for LCD backlight was designed and tested. It was possible to achieve 300:1 dimming control by using the push-pull type inverter with burst-mode dimming control. The surface discharge plasma light cell with luminance of more than 5,260 cd/m² was successfully operated.

I. 개 요

현재 여러 가지 평판 디스플레이중 가장 넓은 시장을 차지하고 있는 LCD는 그 휴대 및 사용의 간편성으로 인해, 그 사용범위가 점점 더 확대되어 가고 있다. 그렇지만, 기존의 데스크탑 모니터용 LCD의 경우, 아직까지 휘도가 떨어져 사용에 여러 가지 문제가 있다. 그래서 그 대안으로 기존 백라이트보다 휘도 특성이 좋은 새로운 종류의 Backlight 구조를 필요로 하게 되었다. Backlight 휘도 향상 방법 중의 하나로서 본 실험에서는 평판형 Backlight를 사용하였다. 평판형 Backlight는

TFT 패널의 바로 아래 부착될 수 있기 때문에, 측면에 CCFL이 부착된 기존의 Edge 방식보다 휘도를 우수하게 만들 수 있다. 15.1 인치 이상의 고휘도용 LCD Backlight를 구동하기 위해서는 더 높은 소비 전력을 요구하므로 기존의 저용량 인버터로는 충분한 방전을 시킬 수가 없다. 이러한 고휘도 평판형 Backlight의 구동을 위해서는 고전압과 고전력을 수반하게 됨으로, 이를 구동하기 위해, 본 논문에서는 30Watt급 300:1 Dimming이 가능한 LCD 백라이트용 인버터 구동회로를 설계하였다. 본 논문에 사용된 백라이트는 플라즈마 변방전을 이용한 평판형으로 안정된 방전 특성을 나타낸다. 본 논문에서는 본 연구소에서 개발한 평판형 고휘도 LCD Backlight 램프 구동을 위한 인버터를 제작하였다.

II. 인버터 회로의 설계 입출력 특성

본 인버터 회로 설계에서는 최적의 방전 조건을 찾기 위해, 먼저 주파수와 Duty 비를 가변 조정할 수 있도록 회로를 구성하였고, Dimming 컨트롤을 위해 제어부를 후에 제작하였다.

본 논문에서 설계된 인버터의 입출력 특성은 다음과 같다.

입 력	: 12 V(DC), 2.5A
출 력	: 1200V _{RMS} (방전시 전압), 25mA
주 파 수	: 20kHz ~ 100kHz (가변)
Duty 비	: 1% ~ 100%
Dimming 비	: 300 : 1 이상

인버터는 크게 3부분으로 구성되어 있으며 DC/DC Converter, Step-up 인버터(출력부 포함), Dimming 컨트롤러로 나눌 수 있다.

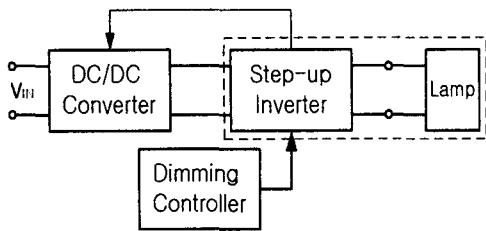


Fig 1. 전체 Block Diagram

II-1. Step-Up 인버터

Step-Up 인버터는 Fig 2와 같이 4부분으로 나누어져 있으며 각각의 기능은 다음과 같다.

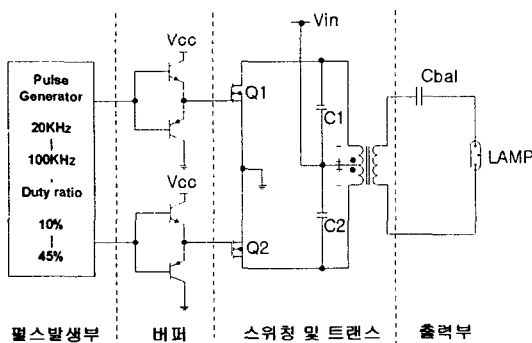


Fig 2. 인버터부와 출력부

(1) 펄스 발생부

펄스 발생부는 최적의 램프 구동 주파수와 Duty 비를 알아내기 위해 가변이 가능하도록 회로를 구현했다. 주파수 대역은 20kHz~100kHz, Duty 비는 최소 10% 최대 45%까지 조정이 가능하도록 구현을 했고, 구동 펄스는 2개의 스위치가 180°의 위상차를 가지고 구동하도록 하였다. 주파수와 Duty 비를 조절할 수 있는 펄스 발생 회로를 만들었고, 펄스 발생 회로는 Dimming 컨트롤러의 출력신호를 받아, Dimming 동작을 실행한다. Step-Up 인버터만의 램프 방전 특성을 측정한 결과 방전시 주파수 50kHz에서 가장 좋은 출력 특성을 나타냈다. 램프 방전 주파수인 50kHz를 기본으로 Dimming비를 300:1로 유지하기 위해 Dimming 컨트롤러를 설계하였다.

(2) 구동부 버퍼

회로 구성시, 펄스 발생부와 Power MOSFET를 직접 연결시켜 구동을 시키는 경우, 펄스 발생부의 구동 능력이 떨어지기 때문에 정확한 스위칭을 할 수 없다. 따라서 정확한 스위칭을 하기 위해 한 쌍의 PNP-NPN BJT를 이용해 Push-Pull 버퍼를 만들어, 펄스 발생부와 스위칭부를 연결시켜, 정확한 펄스를 전달하였다.

(3) 스위칭 및 트랜스부

본 논문에서 제작 구현한 인버터는 Push-Pull 방식으로, 일반적인 전력, 전자 회로에서 많이 사용되고 있는 방식이다^[1]. 이 방식은 구조가 간단하고, 각 구동 스위치가 접지 되어 있기 때문에 구동이 쉬운 장점이 있다^{[1][2]}. 스위칭 소자는 Power MOSFET인 IRF540을 사용하였다. Power MOSFET는 Power Transistor에 비해서 스위칭 특성이 우수하며 트랜스의 권선비와 권선수는 다음과 같다.

① 1차측 권선수^[1]

$$N_p = \frac{(V_{dc}-1)(0.8 T / 2) \times 10^3}{A_e \cdot dB}$$

$$= \frac{(12-1)(0.8 \cdot 20\mu \cdot 0.5) \cdot 10^3}{1.19 \times 1500} = 4.9\text{회}$$

1차 권선수는 4.9회인데, 정확한 권선수를 위해 1차측 권선수를 5회로 설정했다.

㉔ 권선수 결정

MOSFET등에서의 스위칭 손실을 고려해, 입력측 전압은 11V로 설정했으므로 입력 : 출력 전압비에 의해, $11 : 1200 = 5 : X$ 에 의해 $X = 545$ 회, 트랜스의 결합률 등을 고려해서, 10 % 정도 마진을 추가해 600회로 설정했다.

(4) 출력부

Balast Capacitor, C_{bal} 에 의해, 램프 방전 전까지 전압이 인가되고, 방전 후에는 C_{bal} 에 의해 램프에 흐르는 전류가 조절되므로, Balast Capacitor, C_{bal} 의 설계는 필수적이다. 휘도 측정 결과 50kHz대에서 가장 높은 휘도 특성을 나타냈으며, 초기 주파수는 50kHz로 설계하였다.

II-2. Dimming Controller

램프의 밝기를 조절하는 방법에는 여러 가지가 있는데, 그 중 대표적인 방법이 Lamp current dimming과 Burst mode dimming 방법이 있다. Lamp current dimming 방법은 램프에 흐르는 전류의 크기를 조절하는 방법으로, 구현방법이 간단하다. 반면, Dimming 범위가 작은 단점이 있다. 본 논문에서는 램프의 On 시간을 조절할 수 있는 Burst mode dimming 방법을 이용하여 Duty ratio를 1%에서 100%까지 구현을 하였다. 이때 Burst 주파수는 150Hz^[4]이고, 램프 방전 주파수는 앞 인버터부에서 제시한 주파수 50kHz로 설정 실험, 측정하였다.

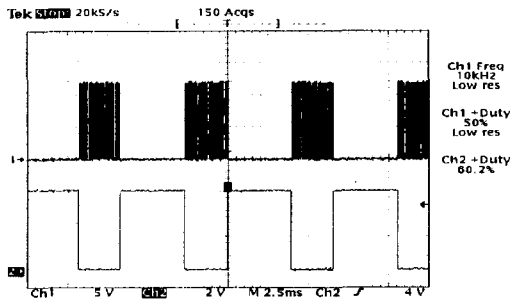


Fig 3. Dimming controller 파형(Duty 40%)

II-3. 실험 백라이트 램프

평판 백라이트 unit의 구성은 하판 유리 위에 도전율이 높은 Ag paste를 실크스크린 프린터를 이용하여 약 10um(1회)의 높이로 평행 평판 전극의 형태로 도포하여 변방전용 Plasma Cell을 제작하였다. 형광체는 Xe가스를 이용 PDP용 형광체를 혼합하여 사용하였다.

III. 실험결과

스위칭 컨버터에 전력을 공급하기 위한 1차측 트랜스포머의 Centertap 입력 전압 파형은 Fig 4와 같다. DC/DC 컨버터의 스위칭 동작에 의해 전압을 인가한다. 아래 그림은 LC 공진에 의해 만들어진 Q1, Q2에서의 드레인 전압 파형을 나타낸다.

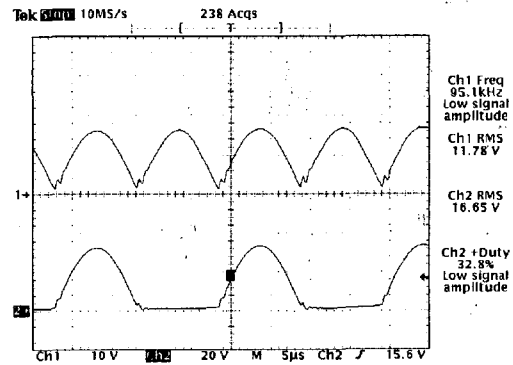


Fig 4. 上 : 입력 전압 파형, 下 : MOSFET Drain 파형

Dimming 컨트롤러의 출력 신호를 받아, Step-up인버터에서는 스위칭 동작이 시작되고 L-C공진이 이루어진다. 입력전력은 트랜스를 거쳐 2차측으로 전달한다.

인버터부의 동작에 의한 2차측의 출력 파형은 Fig 5와 같다. 2차 출력단에 부하연결시의 전압 전류 파형을 나타낸다. 전압, 전류간의 위상차가 거의 없고, 2차측 출력전압은 1220V(전압분배 : $244.3V \times 5$)이고 이때 흐르는 전류는 25mA($2.501A / 100$)이며 출력 전력은 30.5Watt가 된다. Dimming 컨트롤러의 Duty ratio를 조정하면, 램프의 밝기가 조절되며, 이때 램프의 휘도 특성은 Fig 8과 같다.

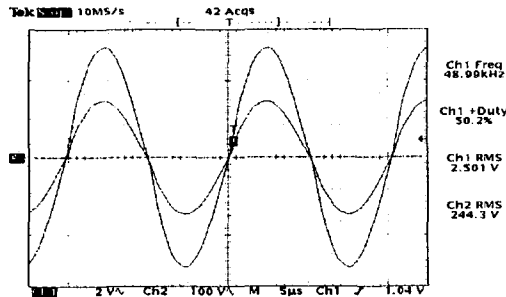


Fig 5. 2차측 출력 전압, 전류 파형(저항부하)

Fig 6과 Fig 7은 Dimming 조정시 구동펄스 파형과 전압, 전류 파형을 나타낸다.

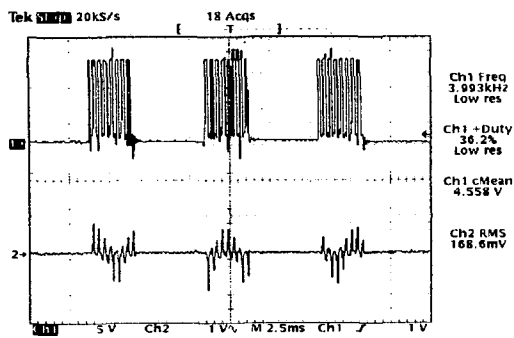


Fig 6. 上 : 스위칭 파형 (Duty 비 : 40%)
下 : 램프 방전 시 전류 파형

Fig 7에서, 스위칭후 약180 μ s후 파형이 안정화되었다.

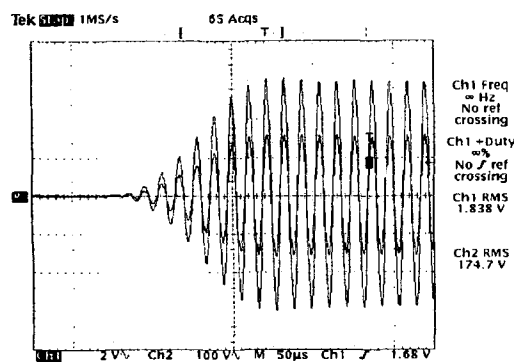


Fig 7. 출력 전압 파형

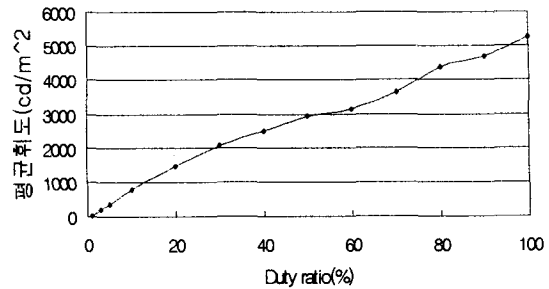


Fig 8. 3인치 평판 램프 휘도 vs Duty 비 특성

Fig 8의 경우 Duty ratio가 100%인 경우 휘도는 5260cd/m²이고 최소 Duty 비인 1%에서 16cd/m²가 측정되었다.

IV. 결론

Plasma 면방전을 이용한 고휘도 면발광형 Backlight를 구동시킬 수 있는 30Watt급 인버터를 설계하였다. 개발된 인버터를 이용하여 5,000 cd/m²의 면휘도를 갖는 면발광형 Backlight를 성공적으로 구동시킬 수 있었으며 300:1 이상의 Dimming 비를 구현하였다. 개발된 인버터는 향후 고휘도 대형 TFT-LCD용 Backlight 구동에 응용될 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] Abraham I. Pressman, "Switching Power Supply Design", McGraw-Hill, Inc. 1991
- [2] Ned Mohan & Tore M. Undeland & William P. Robbins, "Power Electronics converters, Applications, and Design", WILEY, 1997
- [3] Application Note , DC-AC Inverter UNIT, TDK
- [4] Dipl.-Ing, Arndt Wagner Robert Bosch GmbH, Leong, Germany, "Development of an Inverter with frequency variation dimming", Euro Display Proceeding 1999, Germany
- [5] Mu-Shen Lin, Wen-Jung Ho, Fu-Yuan Shih, "A Cold-Cathode Fluorescent Lamp Driver Circuit with Synchronous Primary-Side Dimming Control", IEEE VOL45, NO 2. April 1998