

대형 LCD 백라이트용 대출력 인버터 설계

한재현, 임영철, 양승학\*, 권기현\*\*  
 전남대학교 전기공학과, 호남대학교 전기공학과\*, 한국과학기술연구원\*\*

Design of the backlight inverter for high output

Han Jae Hyun, Lim Young Cheol, Yang Seung Hak\*, Kweon Gie Hyoun\*\*  
 RRC & Dept of Electrical Engineering, Chonnam National University  
 RRC & Dept of Electrical Engineering, Honam University\*  
 Thin Film Tech. Research Center, Korea Institute of Science and Technology\*\*

**Abstract** - 평판 디스플레이의 기술이 급격히 발전함에 따라 그 응용 분야가 다양해지고 평판 모니터용 LCD도 대형화추세를 보이고 있다. LCD는 광변조기능을 가지는 수광소자로서 발광원인 백라이트(backlight)를 필요로 하는데 백라이트 기술은 냉음극방전램프(CCFL: Cold Cathode Fluorescence Lamp)를 광원으로 사용하며 사용되는 냉음극 방전램프 또한 모니터의 추세에 따라 길어지고 얇아지고 있다. 본 논문에서는 20인치의 대형 LCD 모니터의 백라이트 즉 램프구동을 위한 안정적이면서 대출력을 가지는 인버터를 설계하였다. 일반적으로 CCFL은 같은 제조공정을 거치더라도 점등, 주파수, 전압, 전류 등 여러 가지 특성이 동일하지 않은 단점을 가지고 있는데 이는 초기 점등조건이나 점등후에 동일한 휘도를 가지는데 어려움을 준다. 본 연구에 사용된 20인치 LCD 모니터는 내부에 상하 각각 3개씩 6개의 램프를 내장하고 있으며, 제작된 인버터는 입출력 휘도대비 90%의 효율을 얻었으며, 램프간의 출력전류차가 2%로 미소하고, 최대 8개의 램프구동도 가능하다.

을 얻었다. 그리고 램프간의 출력차가 미소하여 상용화와 다른 방전램프의 적용이 가능하다.

2. 이 론

2.1 냉음극 방전램프

LCD 백라이트의 광원으로 사용되는 냉음극 방전램프는 고휘도, 고효율, 저소비 전력, 장수명, 저발열, 우수한 내구성, 우수한 점등 특성 등 매우 많은 장점들이 있어 각종 디스플레이의 백라이트, 이레이저, 스캐너, 계기류, 각종 조명, 장식용으로 사용되고있다.

본 논문에서는 6개의 램프를 내장하고 있는 20인치 LCD모니터를 이용하였다. 실험에서 사용된 냉음극 방전램프 구동 특성으로는 초기 점등 시 요구되는 전압은 1kV 이상이며, 점등 후 유지전압은 약 500-700V 정도이다. 점등 후에는 점등 시보다 1.5배 이하의 전압과 일정한 전류의 공급이 필수적이다. 이는 점등의 유지와 깜박임 방지를 위함이다. 냉음극 방전램프의 초기점등 특성은 그림 1과 같다.

1. 서 론

기존의 무겁고 부피와 소비전력이 큰 CRT시장에 이어 PC모니터의 고급화와 심플화에 따른 LCD 시장은 급격히 커지고 있다. 특히 모니터시장에서 TFT LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)는 향후 5년후에 모니터시장에서 25%정도를 차지할 것으로 예상하고 있다.

LCD는 광변조기능을 가지는 수광소자로서 발광원인 백라이트를 필요로 하며, 이 백라이트 기술에는 주로 냉음극 방전램프를 많이 사용하고 있다.

일반적으로 18인치형 LCD 모니터는 4~6개, 19인치와 20인치는 6~8개의 램프를 내장하고 있으며, 대형화에 따라 램프의 개수도 증가와 더불어 소형, 대출력, 고효율을 가지는 인버터의 개발이 요구되어지고 있다.

본 논문에서는 6개의 램프를 내장하고 있는 20인치 LCD모니터를 기준으로 인버터를 설계하였으며, 이는 직렬공진 플리지형으로 최소개수의 승압용 변압기를 사용하여 설계 실험하였다.

결과적으로 램프의 길이와 수의증가에 따른 대출력 인버터를 설계하였고, 실험결과 입출력 휘도대비 90%의 효

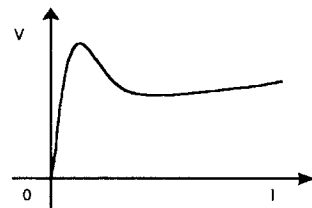


그림 1 점등특성  
 Fig. 1 Characteristic of the firing

램프의 전류와 휘도 특성은 전류가 120%정도까지는 휘도가 선형적으로 상승하나 그 이상에서는 방전램프 내부 전류밀도 상승에 의해 온도가 상승하여 휘도는 더 이상 증가하지 않는다. 휘도와 주파수 특성은 인버터에서 출력되는 주파수에 따라 휘도가 변하게 되는데 이는 점등주파수가 방전등 내부의 전자의 운동량이나 자외선 발생정도를 변화시키기 때문이다. 주파수가 높아짐에 따라 휘도 또한 증가하는데 어느 정도 이상에서는 포화되어 증가되지 않는다.

## 2.2 멀티램프 구동용 인버터

설계된 인버터는 DC신호를 외부의 펄스신호로 정형과형을 생성시키는 타이어방식이며, 그림 2는 본 연구에서 실제 제작된 20인치형 LCD 모니터 구동용 인버터의 블록도이다. 인버터는 램프의 수에 따른 보다 많은 전력을 전달하기 위해 직렬공진형 풀브리지기를 이용하였다.

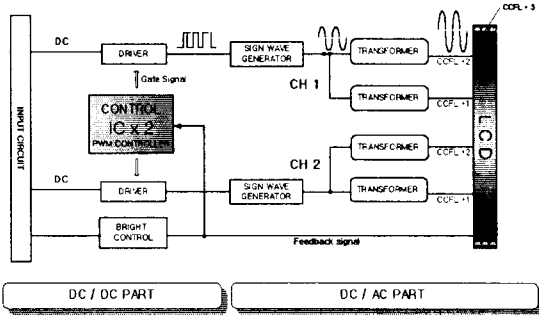


그림 2 인버터의 블록도  
Fig. 2 Block diagram of inverter

회로의 간략화된 구성도는 그림 2와 같으며, 변압기 1차측에 스위칭 신호의 발생과 광범위한 입력전압을 위한 DC/DC 컨버터 부분과 램프의 점등을 위한 DC/AC 인버터 부분, 그리고 모니터 화면의 밝기 조절을 위한 램프 전류 검출과 휘도 제어 부분으로 구성되어있다<sup>[1]</sup>.

## 2.3 정상상태 정수결정 및 동작특성

### 2.3.1 정수결정

정상상태 및 정수결정을 위해 그림2의 블록도를 그림3과 같이 재구성하였다. 그림 3은 인버터의 DC/AC 전력변환과 부하단으로 해석의 편의를 위해 병렬구조의 한 채널만을 나타냈다.

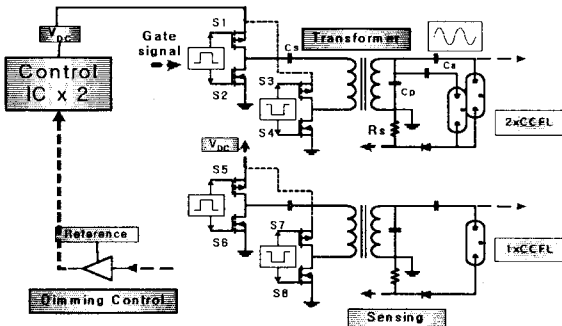


그림 3 DC/AC 전력변환 부하단  
Fig. 3 DC/AC power convert part of the inverter

변압기 1차측의 직렬커패시터( $C_s$ )를 연결하여 LC직렬공진회로를 구성함으로써 스위칭시 발생되는 Cut-off 전압에 의한 손실 및 에너지 전달 효율을 최대화 했으며, 2차측의 병렬커패시터( $C_p$ )는 초기구동시 공진에 의한 램프구동전압을 생성함과 동시에 점등 후 역율을 개선하는 특성을 가진다. 변압기 2차측 직렬커패시터( $C_b$ )는 램프간의

균등한 전류분배를 도와준다.

방전램프는 점등시 전압이 주요하고, 점등후에는 전류가 주요하기 때문에 삽입된 직렬커패시터에 의해 점등전에는 램프의 임피던스가 수 MΩ으로 커패시터에 비해 매우 큰 값을 가지므로 전압이 램프에 모두인가되며, 점등후에는 램프의 임피던스가 수십~수백 kΩ으로 낮아지므로 커패시터의 임피던스가 이보다 상대적으로 크다면 서로 램프에 흐르는 전류는 균등하게 되는 것이다<sup>[2]</sup>.

인버터에 사용되는 회로소자의 최적값을 얻기위해 출력단 회로를 간략화하면 그림 4와 같다.

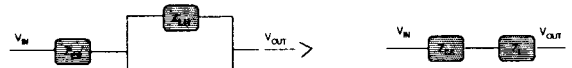


그림 4 간략화된 출력단 블록도  
Fig. 4 Simplified block diagram of output

간략화된 블록도에서 1차측의 직렬 커패시터 용량값은 식(3)과 같다.

$$Z_L = \frac{Z_{L1}Z_{L2}}{Z_{L1} + Z_{L2}} = j\omega \left( \frac{L_1L_2}{L_1 + L_2} \right) \quad (1)$$

$$Z = Z_C + Z_L = \frac{1 - \omega^2 C \left( \frac{L_1L_2}{L_1 + L_2} \right)}{j\omega C} \quad (2)$$

$$C_s = \frac{1}{\omega^2 \left( \frac{L_1L_2}{L_1 + L_2} \right)} \quad (3)$$

$Z_{L1}, Z_{L2}$  : Impedance of transformer

$L_1, L_2$  : Leakage Inductance

$\omega = 2\pi f_0, f_0 = 50\text{kHz}$ ,  $L_1, L_2 = 35\mu\text{H}$  였을 때 1차측 커패시터의 용량값은

$$C_s = \frac{1}{(2\pi \times 50 \times 10^3)^2 \times \left( \frac{35 \times 35}{35 + 35} \right) \times 10^{-6}} \quad (4)$$

$$= \frac{1}{\pi^2 \times 17.5 \times 10^4} = 0.579\mu\text{F} \approx 0.6\mu\text{F}$$

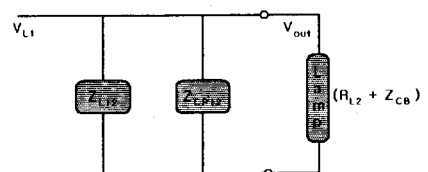


그림 5 변압기 2차측 블록도  
Fig. 5 Block diagram of secondary side of trans.

그림 5는 변압기 2차측을 간소화한 그림이다.  $V_{L1}$ 이

$V_{OUT}$ 으로 최대에너지의 전달효율은  $Z_{L12} + Z_{CP12}$ 이 무한대값이다. 즉

$$Z = \frac{j\omega L_{12} + \frac{1}{j\omega C_{P12}}}{j\omega L_{12} + \frac{1}{j\omega C_{P12}}} = \frac{j\omega L_{12}}{1 - \omega^2 L_{12} C_{P12}} \quad (5)$$

$Z_{L12}$  : Impedance of the secondary side of trans.

$C_{P12}$  : Parallel capacitor of the secondary side of trans.

여기서  $1 - \omega^2 L_{12} C_{P12}$  가 0 이면  $Z$ 는 무한대값을 가지므로 ( 단,  $L_{12} = 640\text{mH}$ )

$$\therefore C_{P12} = \frac{1}{\omega^2 L_{12}} \quad [\text{F}] \quad (6)$$

$$C_{P12} = \frac{1}{(2\pi \times 50 \times 10^3)^2 \times 580 \times 10^{-3}} \quad (7)$$

$$= 17.48689 \times 10^{-12} \approx 18\text{pF}$$

### 2.3.2 동작모드

정상상태에서 인버터 전력변환회로의 전체적인 동작은 한 주기 동안의 스위치 소자의 동작으로 구분한다. 본 논문에서 응용한 풀-브리지 직렬 공진회로는 4개의 동작모드로 나누어 나타낼 수 있다.

그림 6에서 모드 1은 스위치 소자  $S_1, S_4$ 가 ON이고  $S_2, S_3$ 가 OFF상태이며, 변압기로의 전력을 공급하는 모드이다. 스위치의 동작으로 생성된 구형파형은 공진소자 C와 L의 동작으로 정현파에 가까운 형태로 변압기에 인가된다. 동작모드는 그림 6(a)와 같다

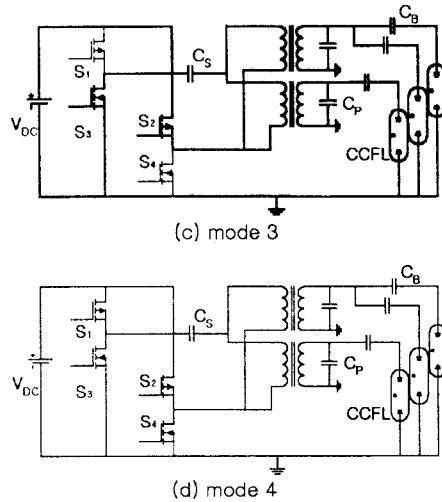
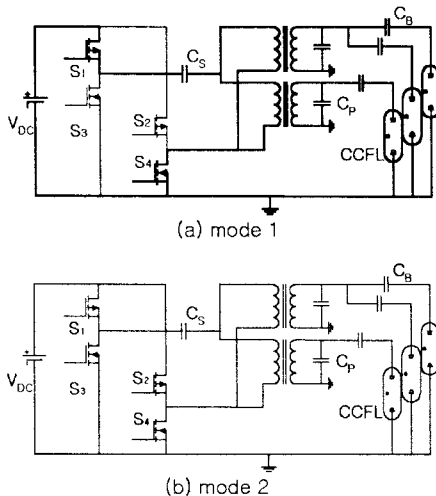


그림 6 인버터 동작모드  
Fig. 6 Operation modes of the inverter

모드 2는 스위치 소자  $S_2, S_3$ 는 계속 OFF상태이고,  $S_1, S_4$ 가 ON상태에서 OFF 상태로 바뀌는 모드이다. 공진소자 C와 L의 역할에 기인하여 정현파 생성에 도움이 되는 지연과 데드타임 구간이다. 변압기로 전력이 전달되는 아주 미약한 구간으로 그림 6(b)에 나타났다.

모드 3은 모드 1과 반대로 스위치 소자  $S_1, S_4$ 가 OFF상태이며,  $S_2, S_3$ 가 동작하는 구간이다. 모드 4는 모드 2와 같으나 스위치 소자  $S_1, S_4$ 는 계속 OFF상태이고,  $S_2, S_3$ 가 ON상태에서 OFF 상태로 바뀌는 모드이다.

이상의 네 가지 모드를 주기마다 반복하면서 변압기에 에너지를 전달하며 냉음극 방전램프를 구동한다.

### 3. 실험결과 및 고찰

인버터에서 출력은 양측 채널1과 채널2로 나누어서 측정하였다. 구동주파수 대역은 50kHz ~ 60kHz이며 허용입력 전압은 15V ~ 20V이다. 휘도조절전압 대 입력전류의 특성이 그림 7과 같이 측정되었다.

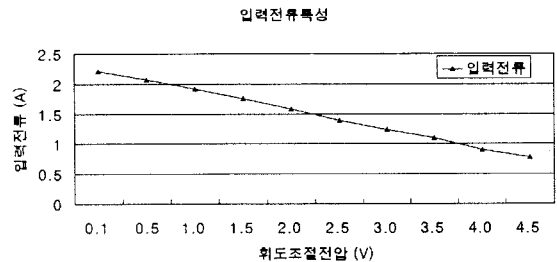


그림 7 인버터 입력전류특성  
Fig. 7 Characteristics of input current

입력전압 16V로 하였을 때의 휘도조절전압에 대한 입력전류의 변화는 휘도에 따라 선형적이다.

출력전류특성

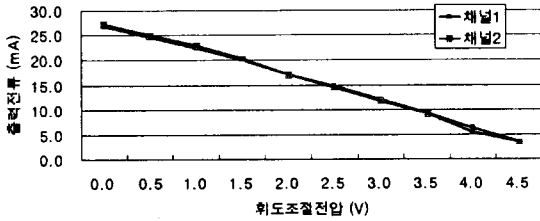


그림 8 인버터 출력전류특성  
Fig. 8 Characteristics of output current

회도제어전압과 출력전류 특성은 그림 8와 같이 양쪽 채널간의 전류편차가 미소하다는 것을 알 수 있다. 결과적으로 회도제어전압에 따른 입력력 전압전류의 선형성을 확인하였으며, 이에 따른 안정적인 출력과 폭넓은 회도제어가 가능하다. 그림 8에 나타난 전류는 램프3개의 출력전류의 합이다.

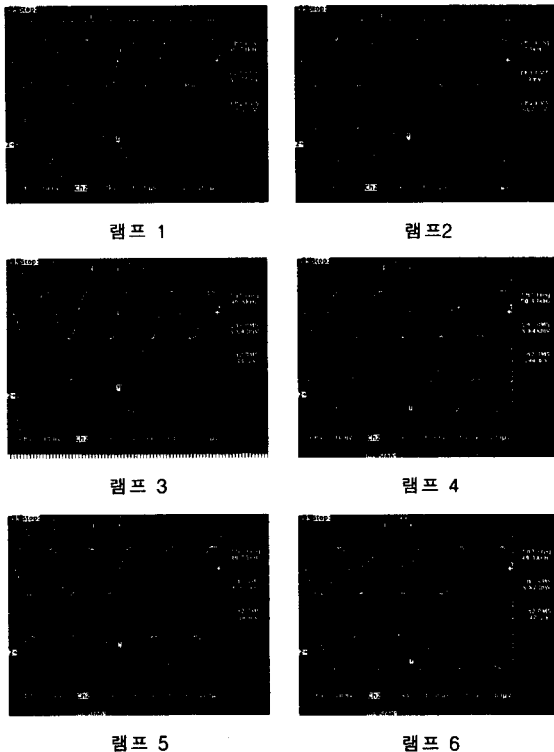


그림 9 램프 출력파형(최대회도)  
Fig. 9 Output waveform of the lamps(Max. brightness)

그림 9는 16V, 2.2A의 입력에서 인버터의 출력 전류·전압 파형을 나타낸 그림이다. 최대회도의 값을 가질 때 출력전류를 9mA로 보고 측정하였으며 Channel 1은 전류, Channel 2는 전압이다. 램프들간에 최소 584.6V에서 최대 607.6V, 최소 8.848mA에서 최대 9mA로 미소한 차를 보여주고 있다. 인버터의 입출력 대비 효율은 85% ~

90%이다.

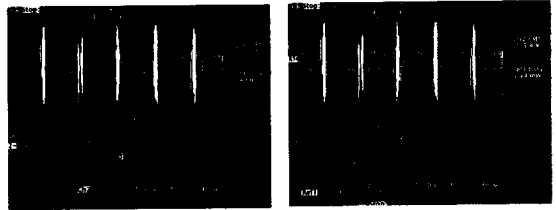


그림 10 램프 출력파형(최소회도)  
Fig. 10 Output waveform of the lamps(Min. brightness)

그림 10은 최소회도의 값을 가질 때의 전류·전압 파형으로 각 채널간에 한 개의 램프출력을 나타내고 있으며 이 때의 출력전류값을 3 ~ 4mA 정도로 보고 있다.

최대회도를 가질 때의 램프에서의 출력전압은 최소회도를 가질 때의 출력전압에 비해서 작은 값이다. 이는 출력전력의 일정한 값에 비해 출력전류가 작아지면서 상대적으로 전압값은 상승한다.

#### 4. 결론

본 논문은 대형모니터를 위한 멀티램프 구동용 인버터는 최소개수의 변압기를 사용하여 부하에 충분한 전력전달을 위한 설계이다. 실험에 사용된 20인치용 LCD모니터는 상하 램프3개씩 총6개가 내장되어있으며, 설계된 인버터는 최대 8개 램프를 구동하기위한 전력전달 구조를 가지고 있다. 실험결과 최대 90.3%의 효율을 얻었으며, 램프간의 출력전류차는 2%로 미소하다. 또한 인버터의 소자 및 변압기의 열손실도 적어 상용화 가능하며, 다른 방전램프 적용도 가능하다.

이 논문은 한국과학기술재단 지정 전남대학교 고품질전기전자부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

#### 참고 문헌

[1] Mu-Shen Lin, Wen-Jung Ho, Fu-Yuan Shih, Dan Y. Chen and Yan-Pei Wu : A Cold-Cathode Fluorescent Lamp Driver Circuit with Synchronous Primary-Side Dimming Control, IEEE TRANS. ON Industrial Electronics. Vol. 45. No. 2. pp.249-255, April 1998.  
[2] Abraham I. Pressman, Switching Power Supply Design. McGraw Hill. 1998, pp. 563-609