

## 대형 LCD 백라이트용 멀티램프 구동 인버터 설계

권기현, 한재현, 임영철, 양승학\*

전남대학교 전기공학과, 호남대학교 전기공학과\*

### Design of the backlight inverter for multi-lamp driving

Kweon Gie Hyoun, Han Jae Hyun, Lim Young Cheol, Yang Seung Hak\*

RRC & Dept of Electrical Engineering, Chonnam National University

RRC & Dept of Electrical Engineering, Honam University\*

#### ABSTRACT

LCD 모니터 화면의 대형화와 슬립화에 따른 모니터 내의 백 라이트용 냉음극 방전램프(CCFL)도 가늘어지고 길어지고 있으며, 하나의 램프를 이용한 백 라이트로는 휘도의 한계가 있어 램프를 병렬로 사용해 필요한 휘도를 만들고있다. 멀티램프 구동용 인버터는 소형, 고효율화 뿐만 아니라 대출력이 요구된다. 방전램프가 정밀하고 동일한 제작 과정을 거치더라도 점등, 주파수, 전압, 전류 등 여러 가지 특성이 동일하지 못하다. 이는 각기 상이한 램프특성 때문에 초기 점등조건이나 점등 후 동일한 휘도를 갖기 어렵다. 본 논문에서는 멀티램프를 최소의 인버터 개수로 같은 입력조건에서 같은 출력을 갖도록 설계한다. LCD 모니터 내부에 상하 각 2개씩 4개의 램프를 내장하고 있는 18인치형을 이용하였다. 하나의 구동용 인버터를 이용하였으며, 결과적으로 90%이상의 휘도대비 입출력 효율을 얻었으며, 램프간의 출력차이가 미소하여 상용화 가능하며, 또 다른 방전램프의 멀티구동에 이용 가능하다.

#### 1. 서 론

최근 액정 모니터 화면이 대형화되고 전체 두께는 점점 얇아지면서 모니터 내의 백 라이트용으로 내장된 냉음극 방전램프도 가늘어지고 길어지고 있다. 또한 하나의 램프를 이용한 백 라이트로는 휘도의 한계가 있어 여러 개의 램프를 병렬로 사용해 적절한 휘도를 만든다. LCD 모니터가 대형화됨에 따라 거의 모두 멀티램프를 채용하고 있다. 현재 많이 사용되는 모델로 18인치형 LCD 모니터는 생산 회사별로 차이는 있겠지만 4-6개, 19인치급은 6-8개의 램프를 내장하고 있다. 이러한 구조로 인

하여 램프 구동용 인버터는 소형, 고효율화, 멀티램프구동을 위한 대출력이 요구되고 있다.

방전램프의 특성으로 초기 교류고압의 방전전압이 필요하고 점등 후 유지 전압, 전류가 필요한데 위와 같은 멀티램프가 되면 여러 개의 고압발생용 변압기와 인버터가 필요하게된다. 그러나 램프가 동일한 제작 과정을 거치더라도 점등, 주파수, 전압, 전류특성이 동일하지는 못하다.

본 논문에서는 설계된 인버터는 LCD 화면이 18인치용이며, 모니터 내부에 4개의 램프를 구동하였으며, 램프가 화면 기준 상하에 2개씩 병렬로 삽입되어있어 하나의 구동 IC와 승압용 변압기 2개로 인버터는 구성하였다. 이를 이용하여 90%이상의 휘도대비 입·출력 효율을 얻었다. 그리고 램프간의 출력차이는 거의 미소하여 냉음극 방전램프용 구동용 인버터로 상용화할 수 있으며, 또 다른 방전램프도 멀티구동이 가능하다.

#### 2. 냉음극 방전램프

LCD 백 라이트 구동용 인버터의 부하로 사용되는 냉음극 방전램프는 고휘도, 고효율, 저소비 전력, 장수명, 저발열, 우수한 내구성, 우수한 점등 특성 등 매우 많은 장점들이 있어 각종 디스플레이의 백 라이트, 이레이저, 스캐너, 계기류, 각종 조명, 장식용으로 사용되고있다.

본 논문에서는 LCD 모니터용으로 화면이 18인치용을 이용하였다. 일반적인 냉음극 방전램프 구동 특성으로는 초기 점등 시 요구되는 전압은 1kV이상이며, 점등 후 유지전압은 약 700-800V정도이다. 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.



그림 1 점등특성  
Fig. 1 Characteristic of the firing

램프의 전류와 휘도 특성은 전류가 120%정도까지는 휘도가 선형적으로 상승하나 그 이상에서는 방전램프 내부전류밀도 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.

### 3. 멀티램프 구동용 인버터

#### 3.1 냉음극 방전램프 구동 인버터

냉음극 방전램프를 구동하기 위한 인버터 회로는 다음과 같이 세 부분으로 볼 수 있다. 다양한 입력 전압을 위한 DC/DC 컨버터 부분과 방전램프를 위한 DC전원을 AC전원으로 변환해 주는 DC/AC 인버터 부분, 그리고 모니터 화면의 밝기 조절을 위한 램프 전류 검출과 휘도 제어 부분으로 구성되어 있다<sup>[1]</sup>.

#### 3.2 풀-브리지형 4램프 구동 인버터

4개의 램프를 내장한 18인치형 LCD 모니터 구동용 인버터에 이용한 토폴로지는 직렬공진형 풀-브리지이다. 램프의 수와 길이의 증가에 따른 보다 많은 전력을 전달하기 위한 형태이다. 실제 제작된 인버터의 개략도는 그림 2와 같다<sup>[2]</sup>.

회로의 구성으로는 변압기 1차측에는 2개의 풀-브리지의 구조로 반도체 스위치소자로는 P타입 MOSFET 2개와 N타입 MOSFET 2개를 이용하였으며, 승압용 변압기와 변압기 1차측 인덕턴스값과 공진을 위한 직렬커패시터로 이루어졌다. 변압기 2차측은 균등한 전류 분배를 위한 고압 직렬커패시터 2개, 초기 방전전압과 역률개선을 위한 고압 병렬커패시터로 이루어졌다. 전체 시스템은 위의 구성과 같은 구조가 병렬 연결되어있다.

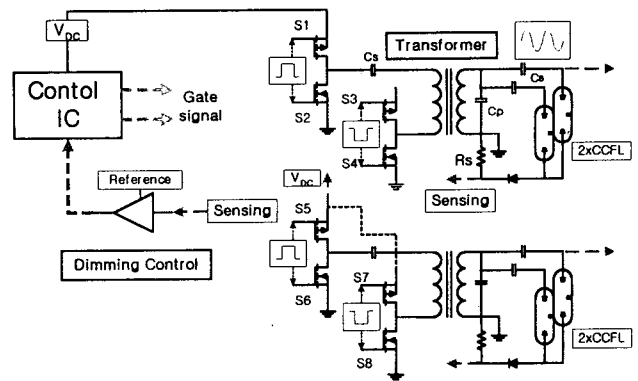


그림 2 멀티램프 구동용 인버터  
Fig. 2 Inverter for multi-lamp driving

구성된 인버터의 설계절차는 다음과 같다. 전력 변환부분의 해석을 용이하게 하기 위해 2개의 램프 구동 부분만을 재구성하면 다음과 같다. 재구성된 2램프 구동시스템의 개략도는 그림 3에 나타냈다.

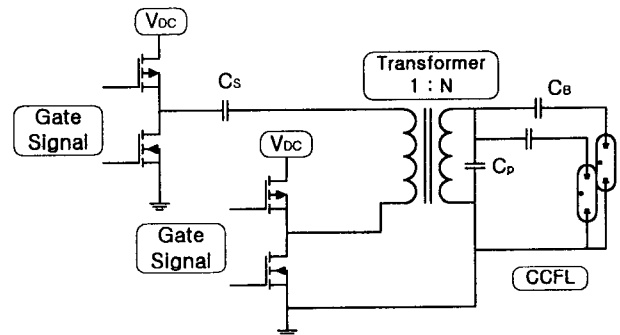


그림 3 풀-브리지 직렬공진형 인버터  
Fig. 3 Full-bridge type series resonant inverter

특징으로는 램프의 특성이 상이하기 때문에 변압기 2차측과 램프사이에 직렬 커패시터를 적절한 값으로 삽입하므로써 균등한 전류 분배를 하는 것이다. 이는 방전램프의 특징을 이용한 것으로 램프가 점등시에는 전압이 주요하고 점등후에는 전류가 주요하기 때문이다. 삽입된 커패시터와 방전램프의 임피던스를 비교하면 점등전에는 램프의 임피던스가 수MΩ으로 커패시터에 비해 매우 큰값을 가지므로 전압이 램프에 모두 인가되며, 점등후에는 램프의 임피던스가 수십~수백kΩ으로 낮아지므로 커패시터의 임피던스가 이보다 상대적으로 큰값의 것이라면 서로 램프의 임피던스가 조금 상이 하더라도 전체 흐르는 전류에는 크게 영향을 미치지 못하므로 균등한 전류 분배가 된다. 또 다른 특징으로는 변압기 2차측과 병렬 커패시터의 삽입이다. 이는 초기 구동시 공진에 의한 램프 구동전압을 생성함과 동시에 점등후에는 변압기의 인덕턴스에 의한 역률을 개선한다<sup>[3]</sup>.

인버터에 사용되는 회로 소자의 최적값을 찾기 위해 회로를 다시 등가화하여 수식을 이용해 값을 유도한다. 정상상태에서의 인버터의 동작특성을 알아보기 위하여 그림 3의 DC/AC 전력 변환부를 재구성한다. 간략화된 등가회로는 그림 4에 나타냈다.

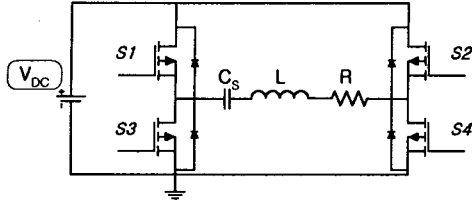


그림 4 간략화된 인버터회로  
Fig. 4 Simplified circuit of the inverter

그림 4는 풀-브리지 직렬공진형 인버터의 간략화된 등가회로<sup>[4]</sup>이다. 변압기는 L, 램프와 직·병렬 커패시터는 R로 근사화하였다. 회로 구성요소의 특성값은 다음과 같은 식을 이용하여 유도한다. 초기 조건으로 입력전압  $V_{DC}$ 는 12V이며, 입력최대전류는 2A, 인버터 출력 24W, 동작주파수는  $55 \pm 2\text{kHz}$ 이다. 최대설정효율은 95%이며, 이외에 요구되는 특성값으로  $Q_L$ 과  $Z_o$ 가 있다.

입력 저항값은 다음의 식(1)과 같으며, 입력전력 ( $P_I$ )은 다음의 식(2)과 같다.

$$R = \frac{8V_I^2}{\pi P_I} \cos^2 \phi \quad (1)$$

$$P_I = \frac{24}{0.95} \quad (2)$$

주파수 조건은 다음과 같이 표현되며, 식 (3)에 나타냈다.

$$f/f_o = \frac{1}{2} \left( \frac{\tan \phi}{Q_L} + \sqrt{\left( \frac{\tan^2 \phi}{Q_L^2} + 4 \right)} \right) \quad (3)$$

인버터의 공진소자의 특성값은 다음과 같은 수식을 이용하여 구할 수 있으며, 식 (4)와 식 (5)에 표현하였다.

$$C = \frac{1}{\omega_o Q_L R} \quad (4)$$

$$L = \frac{Q_L R}{\omega_o} \quad (5)$$

특성 임피던스값은 수식 (6)에 나타냈다.

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (6)$$

사용된 변압기의 인덕턴스값은 140uH:600mH이고, 공진용 직렬커패시터: 2uF이며, 변압기 2차측 고압 병렬커패시터: 20pF이고 고압 직렬커패시터는 33pF이다.

설계된 풀-브리지형 인버터의 동작특성을 스위치 소자의 동작구분을 기준으로 살펴본다. 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.

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 5(a)와 같다.

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 약간의 지연이 있다. 그 후에는 데드타임 구간이다. 따라서 이 모드는 지연과 데드타임이 섞인 구간이라 볼 수 있다. 변압기로 전력이 전달되는 아주 미약한 모드이다. 그림 5(b)에 표현하였다.

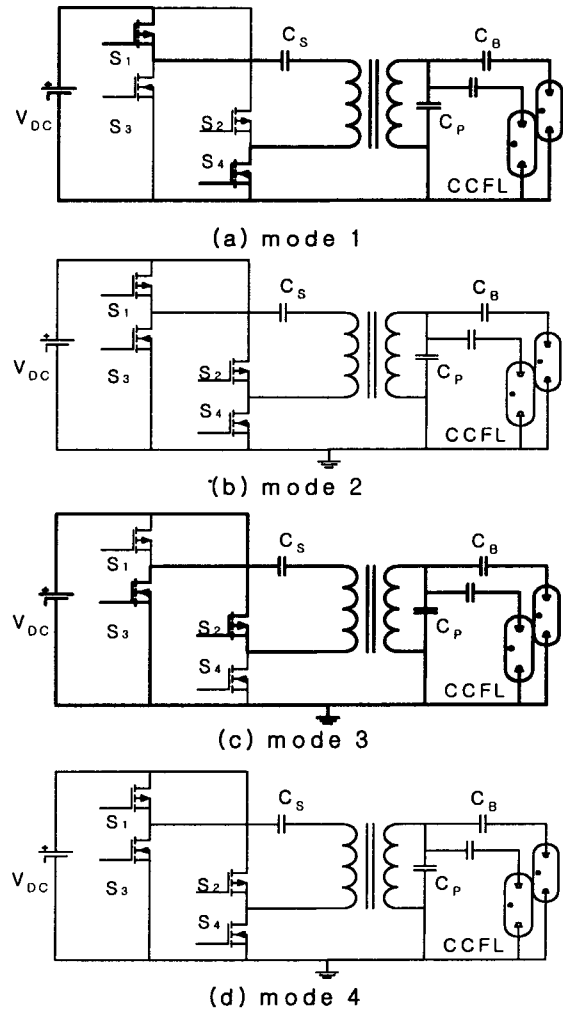


그림 5 인버터의 동작모드  
Fig. 5 Operation modes of the inverter

모드 3은 모드 1과 반대로 스위치 소자  $S_1$ ,  $S_4$ 가 OFF 상태이며,  $S_2$ ,  $S_3$ 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.

#### 4. 결과 고찰

그림 6부터 그림 8까지는 인버터의 출력을 나타낸다. 램프의 최대 휘도를 출력전류 7.5mA로 보고 측정하였다. 각 램프의 파형으로 채널1은 전류, 채널2는 전압이다. 그림 6은 최대 휘도일 때를 나타내며, 그림 7은 약 80%정도의 휘도를 나타낸다. 그림 9는 점등된 상태의 최소휘도를 나타낸다.

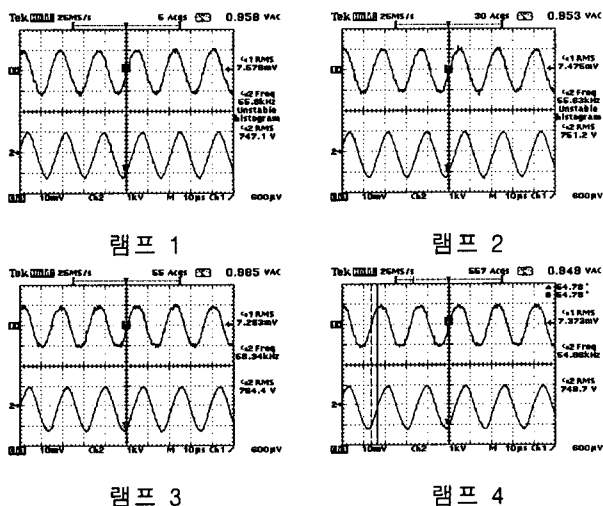


그림 6 램프 출력파형(최대휘도)  
Fig. 6 Output waveform of the lamps(Max. Brightness)

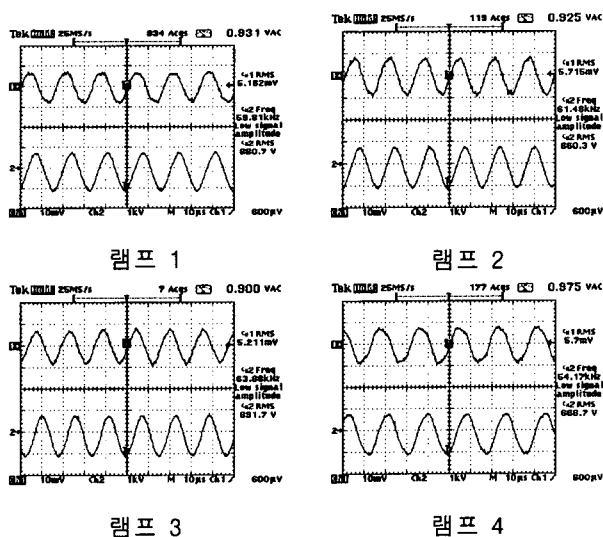


그림 7 램프 출력파형(80% 휘도)  
Fig. 7 Output waveform of the lamps(Mid. Brightness)

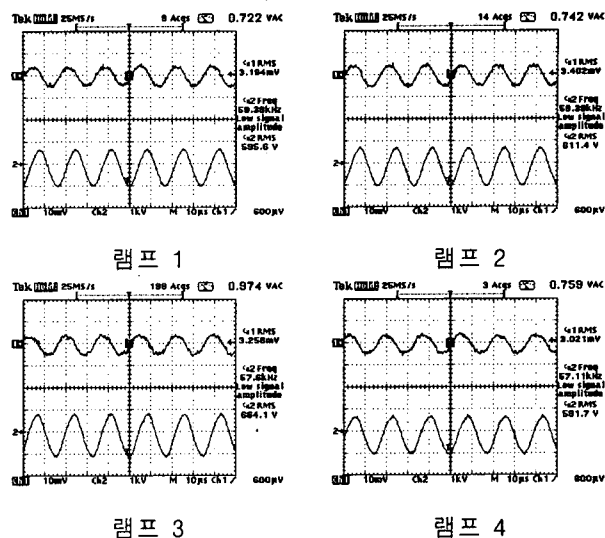


그림 8 램프 출력파형(최소휘도)  
Fig. 8 Output waveform of the lamps(Min. Brightness)

#### 5. 결론

설계된 인버터는 LCD 화면이 18인치용이며, 모니터 내부에 4개의 램프를 구동하였다. 램프가 화면 기준 상하에 2개씩 병렬로 삽입되어있어 하나의 구동 IC와 승압용 변압기 2개로 구성하였다. 이를 이용하여 90%이상의 휘도대비 입·출력 효율을 얻었다. 그리고 램프간의 출력차이는 거의 미소하여 냉음극 방전램프용 구동용 인버터로 상용화할 수 있으며, 또 다른 방전램프도 멀티구동이 가능하다.

이 논문은 한국과학재단지정 전남대학교 고품질전자부품 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] Gie Hyoun Kweon, Young Cheol Lim, Seung Hak Yang, Jong Yoon Shin : An Analysis of the Characteristics of Piezoelectric Transformer and its Application, ICEE2K, 2000. 07, 489~492
- [3] Abraham I. Pressman, Switching Power Supply Design. McGraw Hill. 1998, pp. 563~609
- [4] Marian K. Kazimierczuk and Dariusz Czarkowski, Resonant Power Converter, Wiley Interscience, 1995, pp. 241~261.