

37인치 LCD TV를 위한 CCFL 백라이트 인버터에 관한 연구

조현창, 임영철, 양승학*, 박연도**

전남대학교 전기공학과, 호남대학교 전기공학과*, LG 이노텍(주)**

A Study on the CCFL Backlight Inverter for 37" LCD TV

Cho Hyun Chang, Lim Young Cheol, Yang Seung Hak*, Park Yun Do**

RRC & Dept of Electrical Engineering, Chonnam National University

RRC & Dept of Electrical Engineering, Honam University*

LG Innotek Co.,Ltd**

ABSTRACT

LCD 디스플레이의 대형화에 따라 백라이트용 냉음극 방전램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp)는 길어지고 있으며, 하나의 램프를 이용한 백라이트는 휘도의 한계가 있어 대형 디스플레이에서는 램프를 병렬로 사용하여 필요한 휘도를 만들고 있다.

본 논문에서는 냉음극 방전램프 16개를 사용하는 37인치 LCD TV용 대형 백라이트 구동을 위한 인버터를 각각의 램프들이 입력조건에 대해 동일한 출력을 갖도록 설계하였다. 기존의 냉음극 방전램프의 구동방식인 하이-로우(H-L) 방식에서의 문제점을 보완하여 하이-하이(H-H) 방식을 채택함으로써 램프간의 휘도편차를 개선하였고 향후에 상용화가 가능함을 보였다.

1. 서 론

최근 LCD의 크기는 대형화되고 전체 두께는 점점 얇아지고 있으며 모니터 및 TV 내의 백라이트용으로 내장된 냉음극 방전램프도 가늘어지고 있다. 이러한 대형 백라이트 디스플레이에서는 한 개의 램프로 적정한 휘도를 내는데 한계가 있기 때문에 여러 개의 램프를 병렬로 사용하게 된다. LCD 모니터 및 TV는 대형화됨에 따라 거의 모두 멀티램프를 채용하고 있으며 현재 LCD TV의 시장은 더욱 커지고 있다. 현재 많이 사용되고 있는 모델인 32인치형 LCD TV는 생산 회사별로 차이는 있겠지만 12-16개, 37인치급은 16개의 램프를 내장하고 있다. 이에 따라 멀티램프를 구동하기 위한 인버터도 대출력이 요구되고 있다.

방전램프의 특성으로 초기 교류고압의 방전전압이 필요하고 점등 후 유지 전압, 전류가 필요하다. 이러한 특성으로 인하여 고압발생용 변압기와 인버터가 필요하게 된다. 그러나 램프가 동일한 제작

과정을 거치더라도 점등, 주파수, 전압, 전류특성이 같지 않아서 램프간 균일한 휘도를 나타내기가 어렵게 된다.

본 논문에서 설계된 인버터는 LCD TV의 화면이 37인치용이며, TV내의 16개의 램프가 병렬로 삽입되어 있으며 두 개의 구동 IC를 사용하여 서로 동기화를 시킴으로서 그 동작을 제어하므로 서 휘도를 동일하게 유지하게 하고자 한다. 또한 변압기 2개를 직렬로 연결하여 램프 8개의 동작을 제어하는 인버터를 구성하고 그 특성을 고찰하고자 한다.^[1]

2. 냉음극 방전램프

2.1 냉음극 방전램프(CCFL)의 구조

LCD 백라이트 구동용 인버터의 부하로 사용되는 냉음극 방전램프는 고휘도, 고효율, 저소비저력, 장수명, 저발열, 우수한 내구성, 우수한 점등특성 등 매우 많은 장점들이 있어 각종 디스플레이의 백라이트, 이레이저, 스캐너, 각종 조명, 장식용으로 사용되고 있다.

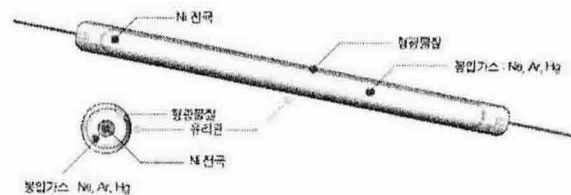


그림 1 냉음극 방전램프의 구조
Fig. 1 Construction of the CCFL

본 논문에서는 37인치용 LCD TV의 CCFL를 이용하였다. CCFL의 구조를 살펴보면 그림1과 같이

램프의 양쪽 끝에 전극이 붙어 있으며, 내부에는 일정량의 수은과 Ar과 Ne의 혼합가스가 들었다. 또한 램프의 내부 표면은 형광체로 도포되어 있으며 램프가 가늘고 전극이 다른 점 빼고 일반 형광등과 동일한 구조를 갖는다.

2.2 냉음극 방전램프(CCFL)의 동작원리

그림2는 CCFL의 동작원리를 알 수 있듯이 최초 구동할 때 전극 간에 고전압을 인가하면 관내에 존재하는 전자가 전극(양극)에 이끌려 고속으로 이동, 전극에 충돌하여 2차 전자가 방출되어 방전이 개시된다. 방전에 의하여 흐르는 전자는 관내의 수은원자와 충돌하여 자외선을 발생시키며, 이 자외선이 형광물질을 여기시켜 가시광선을 발광한다.

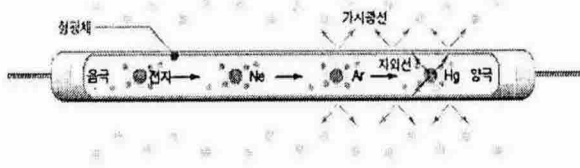


그림 2 냉음극 방전램프의 동작원리
Fig. 2 The Operation Principle of the CCFL

3. 37인치 LCD TV 백라이트용 인버터 설계

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 변화시켜 주는 DC/AC 인버터 부분, 그리고 TV 화면의 밝기 조절을 위한 램프 전류 검출과 휘도 제어 부분으로 구성되어 있다.^[1]

3.2 풀-브리지형 16램프 구동 인버터

16개의 램프를 내장한 37인치 LCD TV 구동용 인버터에 이용한 토폴로지는 램프의 수와 길이 증가함에 따라 보다 많은 전력을 전달하기 위해 풀-브리지형을 채택하였다. 실제 제작된 인버터의 개략도는 그림3과 같다.^[2]

회로의 구성으로는 두 개의 변압기를 직렬로 연결하여 1차측에는 4개의 풀-브리지의 구조로 하고 반도체 스위치소자로는 P타입 MOSFET 2개와 N타입 MOSFET 2개를 이용하였으며, 승압용 변압기 그리고 변압기 1차측 인덕턴스와 공진을 위한 직렬커패시터로 이루어졌다. 변압기 2차측은 균등한 전류 분배를 위한 두 개의 고압 직렬커패시터, 초기 방전전압과 역률개선을 위한 고압 병렬커패시터로 이루어졌다. 전체 시스템은 아래의 구성과

같은 구조가 병렬로 연결되어 있다.

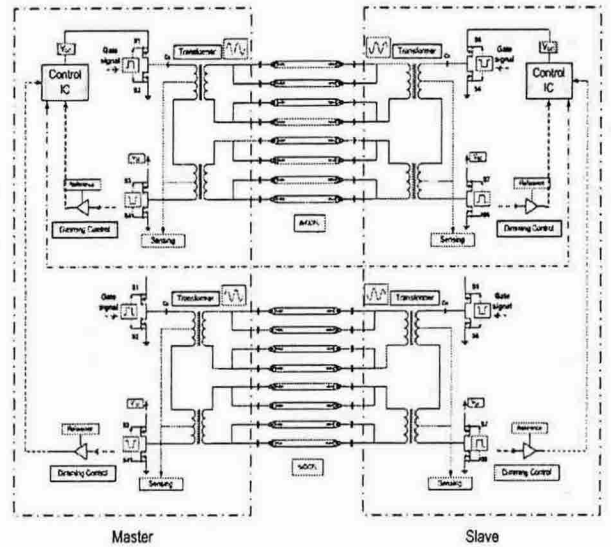


그림 3 멀티램프 구동용 인버터
Fig. 3 Inverter for multi-lamp driving

구성된 인버터의 설계절차는 다음과 같다. 전력 변환부분의 해석을 용이하게 하기 위해 8개의 램프 구동부분만 재구성하면 다음과 같다. 재구성된 8램프 구동시스템의 개략도는 그림 4에 나타났다.

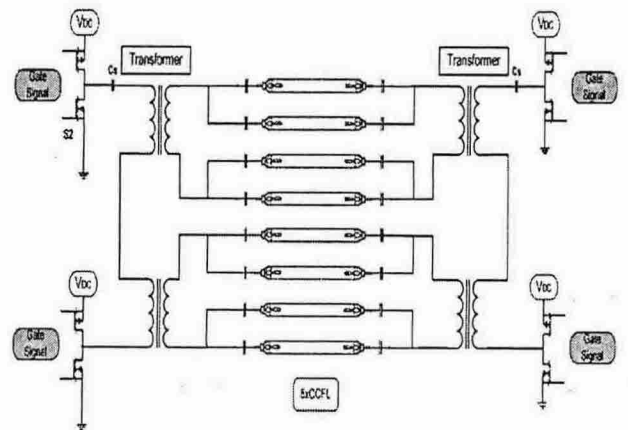


그림 4 풀-브리지 인버터
Fig. 4 Full-bridge type inverter

특징으로는 램프의 특성이 상이하기 때문에 변압기 2차측과 램프사이에 직렬 커패시터를 적절한 값으로 삽입함으로써 균등한 전류 분배를 하는 것이다. 이는 방전램프의 특징을 이용한 것으로 램프가 점등 시에는 전압이 중요하고 점등 후에는 전류가 중요하기 때문이다. 삽입된 커패시터와 방전램프의 임피던스를 비교하면 점등 전에는 램프의 임피던스가 수MΩ으로 커패시터에 비해 매우 큰 값을 가지

므로 전압이 램프에 모두 인가되며, 점등 후에는 램프의 임피던스가 수십~수백kΩ으로 낮아져 커패시터의 임피던스가 이보다 상대적으로 큰 값의 것이라면 모든 램프의 임피던스가 조금씩 상이 하더라도 전체 흐르는 전류에는 크게 영향을 미치지 못하므로 균등한 전류 분배가 된다. 또 다른 특징으로는 변압기 2차측과 병렬 커패시터의 삽입이다.^[3]

3.3 풀-브리지형 16램프 구동 인버터의 동작특성
설계된 풀-브리지형 인버터의 동작특성을 스위치 소자의 동작을 기준으로 살펴본다. 정상상태에서 인버터 전력변환회로의 전체적인 동작은 한 주기 동안의 스위치 소자의 동작으로 구분한다.

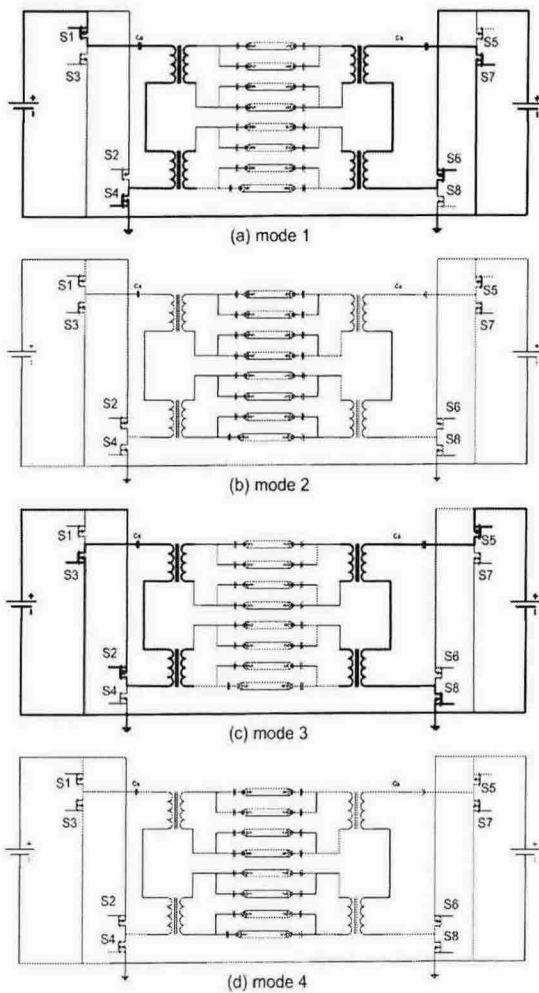


그림 5 인버터의 동작모드
Fig. 5 Operation mode of the inverter

본 논문에서 응용한 풀-브리지 회로는 4개의 동작모드로 나누어 나타낼 수 있다.

모드 1은 Master의 스위치 소자 S1,S4가 ON이고

S2,S3가 OFF 상태이며, Slave의 스위치 소자 S5,S8이 OFF이고 S6,S7이 ON상태로 되는 교번동작을 함으로써 변압기로의 전력을 공급하는 모드이다. 스위치의 동작으로 생성된 구형파형은 공진소자 C와 L의 동작으로 정현파에 가까운 형태가 되어 변압기에 인가된다. 동작모드는 그림 5(a)와 같다.

모드 2는 스위치 소자 S2,S3,S6,S7은 계속 OFF상태이고, S1,S4,S5,S8은 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.

모드 3은 모드 1과 반대로 스위치 소자 S1,S4와S5,S8이 OFF상태이며, S2,S3와S6,S7이 동작하는 구간이다. 모드 4는 모드 2와 같으나 스위치 소자 S1,S4와S5,S8은 계속 OFF상태이고 S2,S3,S6,S7은 ON상태에서 OFF상태로 바뀌는 모드이다.

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

3.4 Dimming Control

화면의 밝기 조절은 LCD 백라이트용 인버터의 필수 요건중 하나이다. CCFL의 휘도는 입력되는 전력에 비례하므로 인버터의 출력을 제어함으로써 밝기제어가 가능하다. 휘도조절 제어방식에는 PWM 신호를 이용하여 기준전압과 비교함으로써 펄스폭인 듀티비에 따라 제어가 가능한 버스트(Burst)방식과 밝기 조절을 위해 직류 기준 값을 조정하는 것으로 매우 간단하나 수동소자인 가변저항을 사용한 아날로그 방식이 있다.

본 논문에서는 버스트 제어방식을 사용하였다. 버스트 제어방식은 가변 펄스폭 방법으로 외부의 전압을 1~3V를 넣어주게 되면 OP AMP 출력에 PWM신호가 출력되며 이 신호가 제어 IC에 들어가며 최종적으로 인버터의 온/오프를 디지털적으로 제어하게 된다. 그림 6은 실제 구성한 PWM회로도이며 그림7에서 볼 수 있듯이 외부에서 전압을 인가하는 양에 따라 PWM의 신호가 출력된 것을 볼 수 있다.

$$V1 = V_{ref} \times (R54 // R20) \div (R23 + R54 // R20)$$

$$V2 = V_{ref} \times [(R54 // R20) \div (R23 + R54 // R20) + (R23 // R54) \div (R20 + R23 // R54)]$$

$$T1 = R55 \times C \times \ln[(V_{ref} - V1) \div (V_{ref} - V2)]$$

$$T2 = R55 \times C \times \ln[(V2 \div V1)]$$

$$V(A-) = V_{ref} + (V1 - V_{ref}) \times e^{-t / (R55 \times C)}$$

$$V(A-) = V2 \times e^{-t / (R55 \times C)}$$

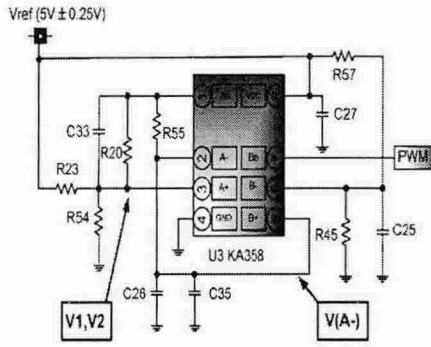


그림 6 휘도 제어 설정
Fig. 6 Dimming control Setting

$$Freq = 1 / (T1 + T2) \quad (1)$$

식 (1)을 통하여 휘도 제어 설정 주파수를 설정할 수 있다.

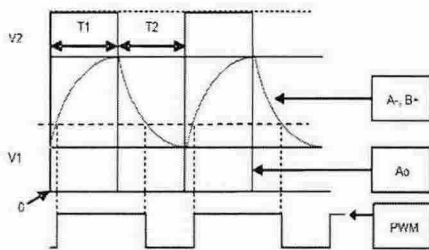


그림 7 휘도 제어 출력 파형
Fig. 7 Output waveform of the dimming control

4. 결과 및 고찰

그림 8부터 그림 9까지는 램프의 전압, 전류를 나타내고 있다.

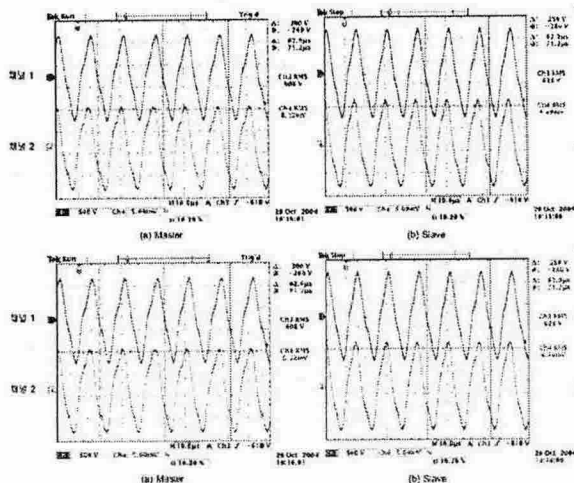


그림 8 램프 출력 파형(최대휘도)
Fig. 8 Output waveform of the lamps(Max. Brightness)

각 램프의 파형으로는 채널1은 전압 채널2는 전류이다. 그림 11은 최대 휘도일 때를 나타내며, 그림 12은 버스트 디밍을 사용하여 약 50%정도의 휘도일 때를 나타낸다.

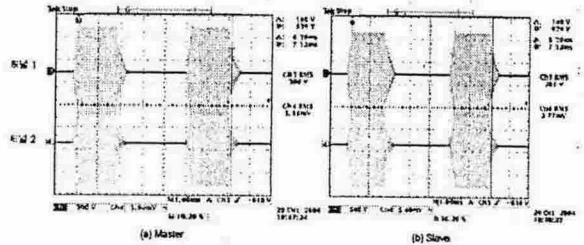


그림 9 램프의 출력파형(50% 휘도)
Fig. 9 Output waveform of the lamps(Mid. Brightness)

5. 결론

설계된 인버터는 37인치 LCD TV이며, TV의 내부에 16개의 램프를 구동하였다. 램프가 화면 기준으로 16개가 동일한 간격으로 삽입되어 있으며 두 개의 구동 IC와 승압용 변압기 8개로 구성하였다. 이를 이용하여 90%이상의 휘도대비 입·출력 효율을 얻을 수 있었다. 그리고 램프간의 출력차이는 거의 미소하여 냉음극 방전램프 구동용 인버터로 상용화할 수 있으며, 또 다른 대형디스플레이를 위한 멀티구동으로 적용할 수 있으리라 판단된다.

이 논문은 전남대학교 고품질전기전자부품 및 시스템연구센터의 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