

무수은 면광원 램프용 Scanning Backlight 구동회로

오은태, 정용민, 이경인, 유호원, 이준영
단국대학교 전자전기공학과

Scanning backlight Driver for Mercury free flat fluorescent lamp

Eun-Tae Oh, Yong-min Jung, Kyung-In Lee, Ho-Won Yoo,
and, Jun-young Lee

Dept. of Electronics and Electrical Eng. Dankook University

ABSTRACT

현재 사용하고 있는 LCD(Liquid Crystal Display) Backlight용 램프는 주로 CCFL(Cold Cathod Fluorescent Lamp)과 EEFL(External Electrode Fluorescent Lamp)이 사용되고 있다. 하지만 이 램프는 수은을 사용하여 RoHS(the Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)규제가 점점 강화되면서 사용이 제한되고 있으며, 이에 따라 수은을 사용하지 않는 램프의 제작이 불가피해지고 있다. 또한 LCD TV는 CRT와 PDP와는 다른 LCD만의 Hold-type 특성과 LC(Liquid Crystal)의 응답속도로 인하여 Motion Blur현상이 나타나는 단점이 있다. 본 논문에서는 RoHS 규제를 만족시키는 무수은 면광원 램프를 구동하기 위한 인버터를 제안한다. 제안한 인버터는 포워드 방식을 사용하여 반도체 소자 및 자기 소자의 수를 줄여서 구동회로가 간단하다. 또한 면광원 램프를 세로방향으로 6블록으로 나누어 스캔구동을 하여 Motion Blur현상을 저감 시켰다. 끝으로 실험을 통하여 제안한 인버터의 유용성을 입증하였다.

1. 서론

최근, 벽걸이형 TV에 CCFL(cold cathode fluorescent lamp)을 후면 광원(Backlight)으로 이용하는 BLU(Back Light Unit)이 널리 사용되고 있다. BLU는 후면광원, 광 반사판, 램프반사판, 도광판, 확산판, 프리즘 필름 등으로 구성되고, 후면광원으로는 CCFL, ELD, 열 음극형 램프 등이 있지만 휴대폰을 제외한 대부분의 경우에서 CCFL을 사용하고 있다. LCD에 사용되는 후면광원의 기본 조건은 넓은 사용온도, 선명한 화면을 실현하기 위한 고 휘도, 저소비 전력, 균일화, 고 효율화, 장수명화 등이 요구되고 있으며, CCFL은 이와 같은 조건을 만족하고 있다. 그러나, CCFL은 수은을 사용하고 있기 때문에 고 효율화, 고 휘도화를 이룰 수 있지만, 저온에서 수은을 활성화시키기 어려워 저온 동작의 어려움 등의 단점을 갖고 있으며, 또한 수은을 사용하고 있기 때문에 환경 친화적이지 못하다.^{[2][4][6]}

본 논문에서는 LCD의 후면 광원용으로 적당하고, 온도 의존성이 적고, 환경 친화적이지 못한 수은을 사용하지 않고, 가스 방전 시 자외선 방사량이 뛰어난 Xe를 방전 가스로 사용한 평판형램프의 구동을 위한 인버터를 설계, 제작하였다.

인버터는 포워드방식을 사용하여 기존의 full-bridge방식에

비해 반도체 소자 및 자기 소자의 수를 줄여서 구동회로가 간단하다. 또한 면광원을 이용하여 LC의 응답 속도와 hold-type 특성으로 인해 나타나는 motion blur의 감소를 위한 스캔구동을 가능하게 하였다. 스캔구동은 15인치 무수은 면광원 램프를 6개의 블록으로 나누어 60Hz로 구동 하였으며 각 블록의 on-time을 변화시켜 휘도를 조절 할 수 있도록 제작하였다.^{[1][3]}

2. 위상천이 방식의 풀-브리지인버터

기존의 위상천이 방식의 풀-브리지 인버터는 그림 1과 같이 직류 전압원, 스위칭소자 4개, 변압기, 커패시터, 부하로 구성되어 있다. 기존 인버터는 주기 당 8개 모드로 동작하며 첫 반주기 4개 모드와 다음 반주기 4개 모드가 대칭적으로 동작한다.

Mode 1($t_0 \leq t < t_1$)에서는 X_s 와 Y_g 가 도통된 상태이며 mode 1 diagram에서 보듯이 main 전압 V_s 로 부터 에너지가 트랜스로 전달되고 출력전압 V_{01} 과 V_{02} 가 서로 다른 위상을 갖게 된다. 이 때 두 출력에너지의 차이로 인해 패널은 방전된다.

Mode 2($t_1 \leq t < t_2$)에서는 X_s 만 도통되며 Panel로 전달되는 에너지가 차단된다. 이 때 트랜스 같은 자기 소자는 에너지를 환류시킬 수 있는 path가 필요하게 되는데 이 환류 path는 mode 2 diagram에서와 같이 구성되어 순환전류를 발생시킨다. 이 순환전류로 인해 스위치 Y_s 의 기생Capacitance를 방전시켜 Y_s 는 ZVS로 턴-오프된다.

Mode 3($t_2 \leq t < t_3$)에서는 X_s 와 Y_s 가 도통되며 mode 2에서와 같은 path가 유지된다.

Mode 4($t_3 \leq t < t_4$)에서는 X_g 가 턴-오프되고 Y_s 만 도통되어 mode 4 diagram과 같이 새로운 환류 path를 형성한다. 이 때 흐르는 순환전류가 X_g 의 기생 Capacitance를 방전시켜 X_g 는 ZVS로 턴-오프가 된다.

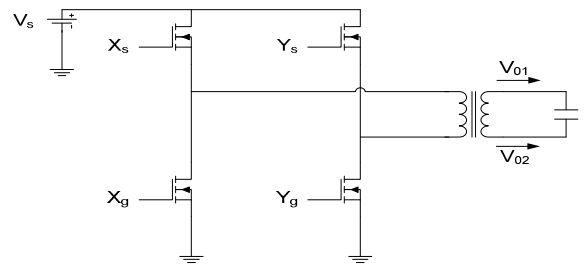


그림 1 기존 회로

Fig. 1 Conventional circuit

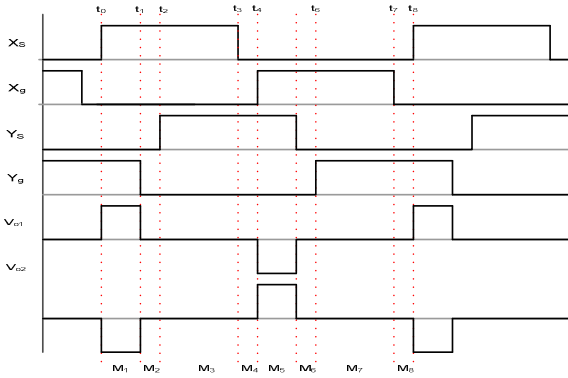


그림 2 기존 인버터의 동작 파형도
Fig. 2 Driving pulse of conventional inverter

기존 회로는 위상천이 방식으로 제어하여 제어가 복잡하고 제어 IC소자의 가격이 비싸며, 반도체 소자와 자기소자의 수가 많고, 별도로 부트스트랩 게이트 드라이버를 사용해야한다는 단점이 있다.

3. 제안한 포워드 방식의 인버터와 스캔 구동

3.1 제안한 회로

본 논문에서 제안한 포워드 방식의 인버터는 그림 3과 같이 직류 전압원, 스위칭 소자, 변압기 그리고 스너버 역할을 하는 커패시터, 저항으로 구성되어 있다.

제안한 인버터는 주기 당 2개의 모드로 동작되며 모드에 대한 동작은 다음과 같다.

Mode 1에서는 스위치 X_s 가 도통된 상태이며, 1차 권선의 전압은 V_i 가 된다. 전력이 부하로 전달되는 Powering구간에 해당한다. 턴 비를 고려하였을 때 2차측에 유도되는 전압은

$$V_0 = \frac{N_2}{N_1} D V_i \text{ 이 된다. } N_1 \text{에 흐르는 전류 } i_1 \text{은}$$

(V_i/L_{m1}) 의 기울기로 증가하며, 여기에서 L_{m1} 는 인버터의 1차 측에서 바라본 등가 자화 인덕턴스이다.

Mode 2에서는 스위치 X_s 가 차단된 상태이며, 변압기 전압의 극성은 반대로 된다. 이것은 변압기 1차측의 다이오드(D_1)를 도통 시키고, 변압기 1차측에 축적된 자화전류를 리셋 시키게 된다. 변압기의 자화전류는 각 주기의 끝에서 0으로 리셋되어야 한다. 그렇지 않으면, 변압기는 포화될 수 있고 이것은 스위칭 소자를 손상시키는 원인이 될 수 있다. 그림 3 회로의 RCD리셋 회로는 스위치가 차단되었을 때 변압기의 자화전류를 리셋 시키는 역할을 한다.

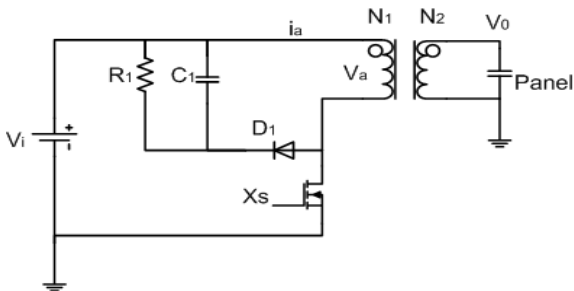
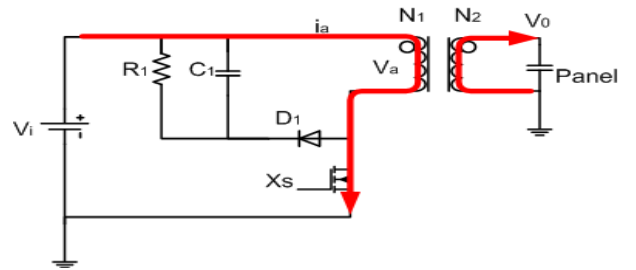
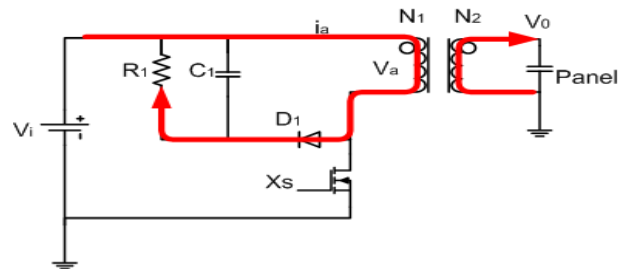


그림 3 제안한 인버터 회로
Fig. 3 Proposed circuit



(a) Mode 1



(b) Mode 2

그림 4 제안한 인버터의 모드별 동작

Fig. 4 Proposed inverter driving at each mode

제안한 포워드 방식의 인버터는 제어가 간단하며, 기존회로에 비해 회로 구성이 복잡하지 않으며, 소자의 수가 줄었다.

3.2 스캔구동

그림 5는 스캔구동을 위한 PWM generator로써 Scan 신호를 생성하고 면광원의 scanning 주파수 및 각 블록의 on-time을 조절한다. O2micro사의 oz976을 사용하여 6개의 스캔 신호를 발생하였으며 NE555 Timer IC와 CD4538을 이용하여 스캔 주파수와 duty(block on time)를 조절 할 수 있다. 생성된 신호들은 비교기 LM393과 buffer IC를 통하여 inverter부의 scan control input으로 전달된다.

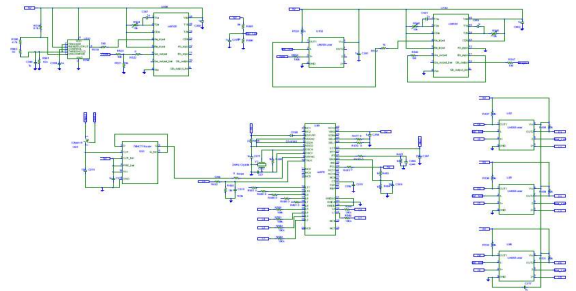


그림 5 스캔구동 회로

Fig. 5 Scan driving circuit

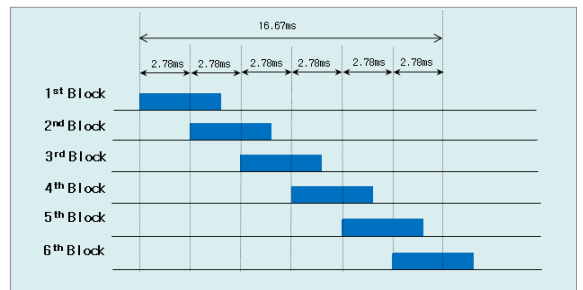


그림 6 스캔 파형도(60Hz)
Fig. 6 Scan pulse(60Hz)

3. 실험 결과

그림 7 은 실제로 제작한 무수은 면광원을 위한 Scanning 포워드 인버터 회로이다. 사진과 같이 회로는 총 6채널로 구성되어 있고, 15인치 무수은 패널을 6개의 채널로 나누어 각각의 채널에 전극을 연결하여 패널을 방전 시켰다. 방전조건은 펄스 폭 1us에 주파수는 25kHz 이고, 입력전압 190V에 출력전압 2kV이다. 스캔 구동을 위한 PWM generator의 주파수는 60Hz이고, 각 블록의 on-time은 4.5ms이다. 스캔 구동 시에 입력전압 190V에 약 4000cd/m²의 휘도를 보였다.

그림 8은 60Hz로 스캔 구동시의 실제 패널 사진으로 안정적인 방전상태를 유지했다.

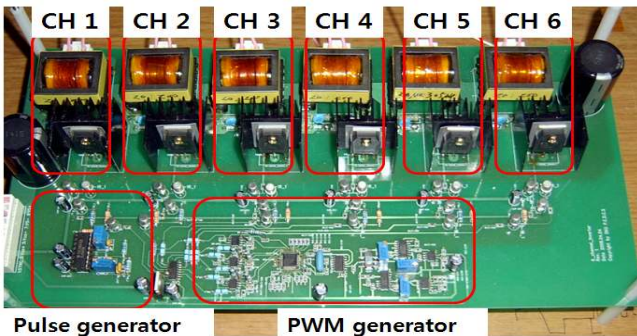


그림 7 제작한 6CH Scanning 포워드 인버터 회로 사진
Fig. 7 Picture of proposed 6CH forward inverter

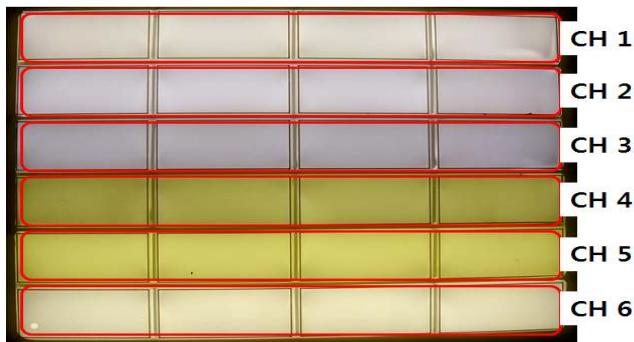


그림 8 무수은 면광원의 방전사진(60Hz스캔구동)
Fig. 8 Discharging picture of mercury free fluorescent lamp

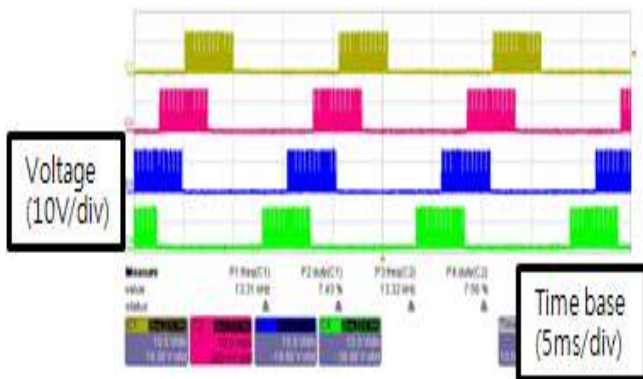


그림 9 1, 2, 3, 4 블록의 각 구동 인버터 gate파형
Fig. 9 Gate pulse of each channel

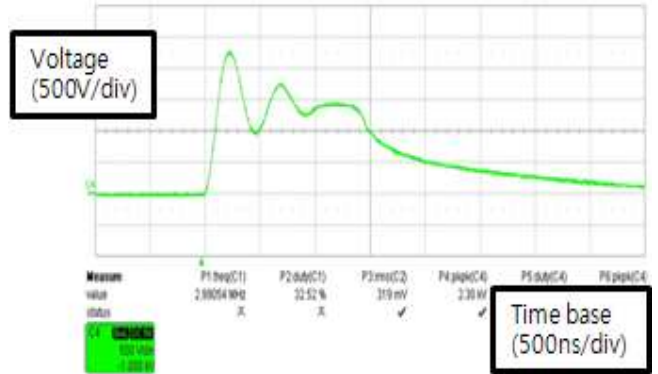


그림 10 인버터 출력 파형(약 2kV)
Fig. 9 Inverter output pulse

4. 결론 및 고찰

무수은 면광원 구동을 위한 포워드 인버터와 LCD에 나타나는 motion blur를 감소시키는 scanning 회로를 설계, 제작하였다. 광원으로 15인치 무수은 면광원을 이용하여 램프를 6블록으로 나누고 60Hz로 스캔구동 하였다.

제작한 포워드 방식의 인버터는 기존의 위상천이 방식의 풀-브리지 인버터보다 많은 소자수의 감소와 간단한 제어방식으로 저가의 인버터를 구현할 수 있었다. 하지만 인버터와 패널을 매칭 시키는 과정에서 방전조건을 잡는데 어려움이 있었고, 만족할만한 휘도를 얻을 수가 없었다. 따라서 앞으로 회로의 개선과 패널과의 매칭을 통해 효율을 증가시키는 일이 과제로 남아있다.

참 고 문 헌

- [1] Jeongwook Hur, Taejo Kim and Sungkyoo Lim, "Flat panel Light Source and High Power Inverter for LCD Backlight Application", SID 00 DIGEST, pp. 1033-1035, 2000.
- [2] 박종리, "면광원 램프를 이용한 LCD TV용 Slim Backlight Unit의 설계, 제작 및 특성 분석", 단국대학교 전자공학과 학위논문(박사), 2007.
- [3] T. Shiga, S. Kuwahara, N. Takeo, and S. Mikoshiba, "Adaptive Dimming Technique with Optically Isolated Lamp Groups", SID 05 DIGEEST, pp. 992-995, 2005.
- [4] A. A. S. Sluyterman, H. J. G. Gielen, "Architectural choices in the Aptura scanning backlight for large LCD TVs", Journal of the SID 14/2, pp. 169-174, 2006.
- [5] 허정욱, "면광원을 사용한 LCD TV 백라이트 인버터 설계", 단국대학교 전자공학과 학위논문(박사), 2007.
- [6] 권순석, "대면적 LCD 후면광원용 무수은 평판형광램프", 대한 전자 공학회, 2003.