

# 넓은 범위의 영 전압 스위칭 동작을 보장하는 Half-Bridge Inverter 및 LCD Backlight에의 응용

정용준, 한상규, 노정욱, 홍성수, 사공석진, 권기현\*, 이효범\*  
 국민대학교 전력전자 연구소, 삼성전기 (주) P&M 사업부\*

## Half Bridge Inverter With Wide Zero Voltage Swiching(ZVS) operation Range and its Applications to The LCD Backlight

Yong-Joon Jung, Sang-Kyoo Han,  
 Chung-Wook Roh, Sung-Soo Hong, Sug-Chin Sakong, \*Gi-Hyun Kwon, \*Hyo-Bum Lee  
 Kookmin University Power Electronics Center, \*Samsung Electro-Mechanics Co., LTD.

### ABSTRACT

LCD Backlight 구동 응용을 위한 새로운 인버터 회로 Topology인 Modified Half Bridge Inverter를 제안한다. 제안된 회로는 LCD의 광원 역할을 하는 냉음극 형광램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL) 구동을 위한 회로로서, 제안된 회로는 주 스위치의 동작 시비율이 낮을 때도 보조 스위치를 이용하여 넓은 범위의 영 전압 스위칭 동작을 보장할 수 있다. 제안된 회로의 동작원리를 설명하고, 타당성을 Simulation 및 실험을 통하여 검증한다.

### 1. 서론

현재 널리 사용되고 있는 인버터 구동 방식으로는 Symmetric Phase-Shift Full Bridge가 있다. 이는 4개의 반도체 스위치와 1개의 트랜스포머로 구성되어있으며, 그림. 1-1에 나타내었다. Phase-shift 동작으로 초기 구동이 용이하고, 넓은 부하 범위에서 Lamp 전압의 비대칭성 없이 ZVS가 가능하다. 이로 인하여 고효율 동작 및 Surge 와 Noise 문제를 저감할 수 있다.

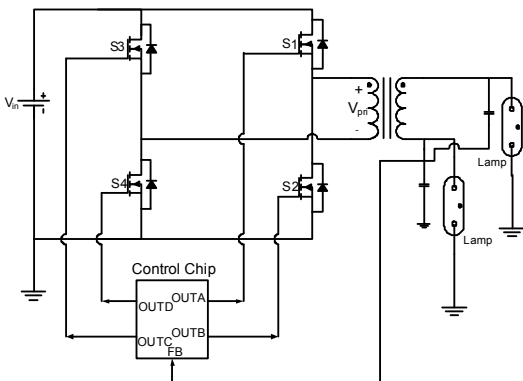
그러나 Symmetric Phase-Shift Full Bridge는 특허 우선순위가 있는 기술로써, 기술 보유 업체에게 Royalty가 들어가는 단

점이 있다. 본 논문에서는 넓은 범위의 영 전압 스위칭 동작을 보장하고, 특허회피가 가능한 새로운 방식의 인버터 회로 Topology를 제안한다. 제안된 회로는 주스위치의 동작 시비율이 낮을 때도 보조 스위치를 이용하여 넓은 범위의 영 전압 스위칭 동작을 보장한다. 제안된 회로를 살펴보고, 동작원리에 대한 타당성을 Simulation 및 실험을 통하여 검증한다.

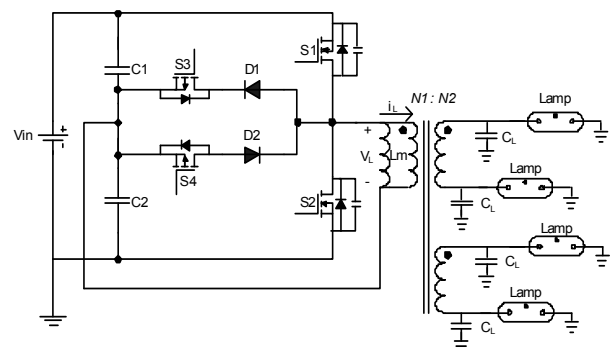
### 2.1 Modified Half Bridge Inverter의 동작원리

그림. 2-1 및 그림. 2-2은 제안된 Modified Half Bridge 인버터 회로의 개념도 및 동작 전압/전류 파형을 나타낸다. 제안된 회로는 기존 half bridge 회로에 보조 스위치 S3, S4와 다이오드 D1, D2가 추가된 형태이다. 제안된 회로는 시비율 D가 작을 때도 보조 스위치 S3, S4를 이용하여 환류 구간을 형성함으로써 Asymmetry문제를 해결할 수 있으며, 주 스위치 S1, S2는 시비율 D를 가지며 서로 180도 만큼의 위상 차이를 가지고 교대로 도통/차단을 반복하면서 영 전압 스위칭 동작을 보장함으로써 소자 발열을 줄이고, 고효율 동작을 할 수 있는 장점이 있다.

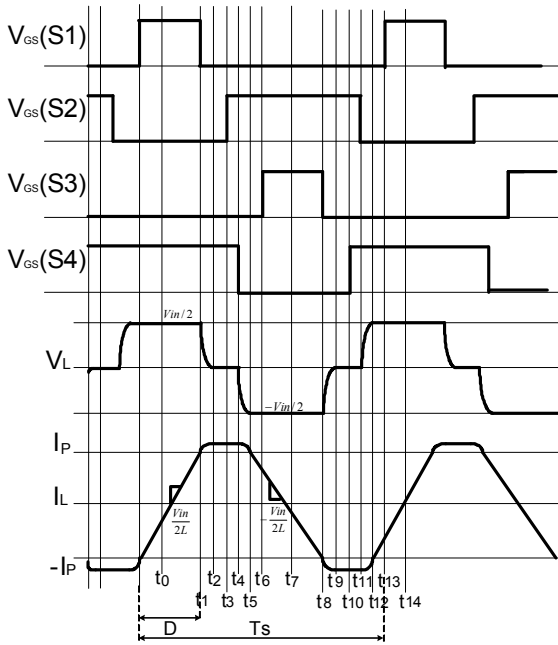
해석을 용이하게 하기 위해, C1, C2의 양단 전압은  $+Vin/2$  전압으로 가정하고, 공진회로는 트랜스포머의 1차 측에서 바라보아 인덕턴스 부하  $Lm$ 으로 등가적으로 보인다고 가정한다. 처음 반주기 동안의 회로 동작을 7개의 모드로 나누어서 설명한다. 처음 반주기 동안의 회로의 동작 원리는 다음과 같다.



[그림. 1-1] Symmetric Phase-Shift Full Bridge 인버터



[그림. 2-1] Modified Half Bridge 인버터



[그림. 2-2] Modified Half Bridge 인버터 회로의 동작 전압/전류 파형

**Mode 1 ( $t_0 - t_1$ )** : 스위치  $S_1$  은 도통되고, 트랜스포머 1차측 전압  $V_L$  은  $+V_{in}/2$  가 인가된다. 전력이 부하로 전달되는 Powering 구간에 해당한다. 스위치  $S_4$ 는 도통된 상태이고  $D_2$ 는 anode쪽 전압이  $V_{in}/2$ , Cathode쪽 전압이  $V_{in}$ 이므로 차단된다. 트랜스포머 1차측 전류  $i_L$ 은  $+V_{in}/2L$ 의 기울기를 가지고 상승한다.

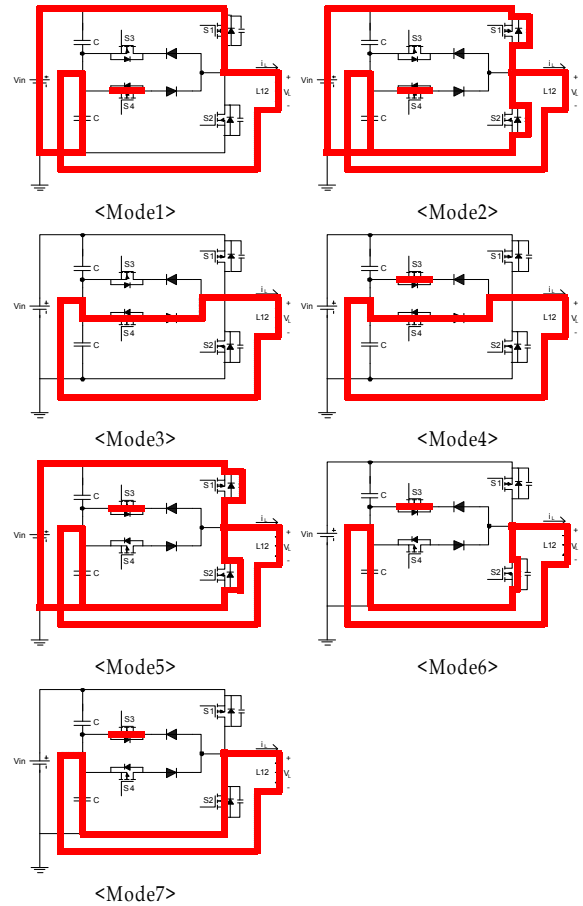
**Mode 2 ( $t_1 - t_2$ )** :  $t=t_1$ 에서 스위치  $S_1$ 이 차단되고,  $L_m$ ,  $C_{ds}(S_1)$  그리고  $L_m$ ,  $C_{ds}(S_2)$  의 경로로 공진 path가 형성된다.  $S_1$  의 Drain-Source 간 전압  $V_{ds}(S_1)$  은 0에서  $+V_{in}/2$  까지 상승하고, 트랜스포머 1차측 전압  $V_L$ 은 0까지 하강한다.  $S_2$ 의 Drain-Source 간 전압  $V_{ds}(S_2)$ 는  $+V_{in}$ 에서  $+V_{in}/2$ 까지 하강한다.

**Mode 3 ( $t_2 - t_3$ )** :  $t=t_2$ 에서  $V_{ds}(S_2)$ 가  $+V_{in}/2$  이 되면,  $D_2$ 가 도통한다.(diode의 turn on voltage drop은 무시) 이 구간 동안 트랜스포머 1차측 전압  $V_L$ 은 0이 되고, 트랜스포머 1차측 전류  $i_L$ 은  $i_L(t_2)$ 로 유지한다.

**Mode 4 ( $t_3 - t_4$ )** :  $t=t_3$ 에서 스위치  $S_3$ 는  $V_{ds}(S_3)$ 가 0인 상태에서, 영전압 스위칭 동작으로 도통한다. 트랜스 1차측 전압  $V_L$ 은 0이 되고, 트랜스 1차측 전류  $i_L$ 은  $i_L(t_2)$ 로 유지한다.

**Mode 5 ( $t_4 - t_5$ )** :  $t=t_4$ 에서  $S_4$ 가 차단되고,  $L_m$ 과  $C_{ds}(S_1)$ ,  $C_{ds}(S_2)$  의 공진 경로가 형성된다.  $i_L(t_2)$ 가 충분히 크다면,  $V_{ds}(S_1)$  은  $+V_{in}/2$ 에서  $+V_{in}$ 까지 상승하고,  $V_{ds}(S_2)$ 는  $+V_{in}/2$ 에서 0까지 하강하게 된다.  $V_L$ 은 0에서  $-V_{in}/2$ 까지 하강한다.

**Mode 6 ( $t_5 - t_6$ )** :  $t=t_5$ 에서  $S_2$ 의 body diode가 도통되어,  $V_{ds}(S_2)$ 는 영 전압 상태를 유지한다.



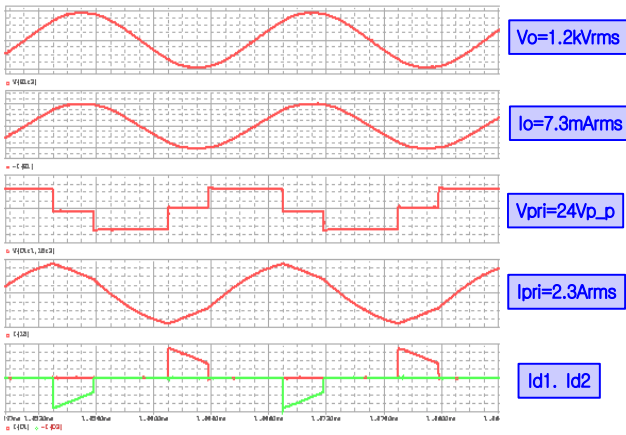
[그림. 2-3] Modified Half Bridge 인버터 회로의 모드해석

**Mode 7 ( $t_6 - t_7$ )** :  $t=t_6$ 에서  $S_2$ 는  $V_{ds}(S_2)$ 가 0인 상태에서, 영 전압 스위칭 동작으로 도통한다. 이 구간동안  $V_L$ 은  $-V_{in}/2$ 로 유지하고, 전력이 입력측으로 환원되는 Circulating 구간에 해당한다.  $t>t_7$  이후에  $i_L$ 은 음의 값을 가지고, 전력이 부하로 전달된다.

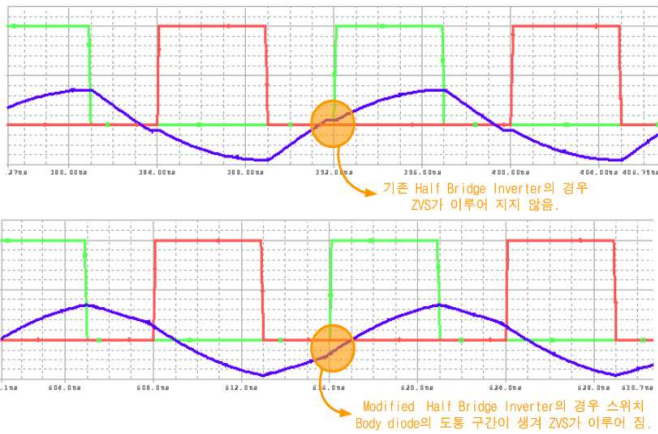
## 2.2 Modified Half Bridge Inverter의 모의실험

그림.2-4은 제안된 Modified Half Bridge Inverter회로의 Pspice 모의실험 결과이다.  $V_{in}$ 은 24V이며, 주 스위치  $S_1$ 과  $S_2$ 의 Duty는 0.3으로 같고, 스위칭 주파수  $f_s$ 는 62.5kHz이다. 그리고 트랜스포머의 Magnetic Inductance  $L_m$ 은 58uH, 1차측 Leakage Inductance  $L_{k\_pri}$ 는 4.25uH, 2차측 Leakage Inductance  $L_{k\_sec}$ 는 394mH이고 트랜스포머 일차측 대 이차측 턴 비  $N_p:N_s$ 는 12:2240이다. 모의실험 파형을 보면, 환류 구간에 보조 스위치  $S_3$ 와  $S_4$ , Diode  $D_1$ ,  $D_2$ 를 통하여 전류가 흐르게 함으로써 트랜스포머 일차측에 전압이 0이라는 것을 알 수 있다.

그림.2-5는 기존 Half Bridge Inverter와 Modified Half Bridge Inverter의 ZVS 동작여부를 모의실험한 결과이다. 기존 Half Bridge Inverter의 경우 시비율이 낮을 경우 ZVS가 되지 않지만, Modified Half Bridge Inverter는 시비율이 낮은 경우에도 Body Diode의 도통 구간이 생겨 ZVS가 이루어진다.



[그림. 2-4] Modified Half Bridge 인버터 회로의 모의실험



[그림. 2-5] 기존 Half Bridge Inverter와 Modified Half Bridge Inverter의 ZVS 파형

### 2.3 Modified Half Bridge Inverter의 실험결과

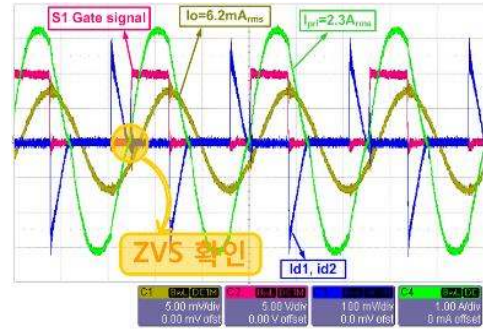
Modified Half-Bridge 인버터에 실험에 사용된 32인치 LCD 인버터 사양은 표 1과 같다.

항목	값
$V_{in}$ [V <sub>dc</sub> ]	24
Main Freq. [kHz]	62.5
Test CCFL panel	LTA320WT-L06
$I_{lamp}$ [mA <sub>rms</sub> ]	6.0
$C_{pattern}$ [pF]	5

표 1. 32인치 Inverter Specification

입력 전압은 24V이고, 구동 주파수는 62.5kHz이다. 실험에 사용된 CCFL panel은 LTA320WT-L06을 사용하였으며 구동 램프 전류는 6mA<sub>rms</sub>가 되도록 하였다. 보드에 구성되어 있는 pattern cap.은 5pF이다.

그림. 2-6는 상기 모의실험에 사용한 사양과 Parameters 값들로 한 실험 파형을 나타낸다. 실험결과 트랜스포머 1차 측 전류는 2.3A<sub>rms</sub>가 되고, 출력 전류는 6.2mA<sub>rms</sub>이다. 환류 구간에 보조 스위치 S3와 S4를 통하여 트랜스포머 일차 측에 전압



[그림. 2-6] Modified half bridge 인버터 회로의 실험 결과

이 0이라는 것을  $id1$ 와  $id2$ 의 파형을 통하여 알 수 있다. 스위치 S1이 도통 하는 순간 트랜스포머 1차 측 전류가 0이 되는 실험 파형을 통해 Zero Voltage Switching(ZVS)가 이루어지고 있음을 확인 할 수 있다. 입력전압이 24V이므로 트랜스포머에 걸리는 전압은  $\pm 12V$ 로써, 기존 Full-Bridge에 비하여 트랜스포머의 전압 스트레스가 저감되는 효과를 확인하였다. 모드 해석을 통한 이론적 해석과 시뮬레이션의 파형, 그리고 실험결과 파형이 일치함을 알 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 LCD Backlight를 구동하기 위한 Modified Half Bridge Inverter에 관한 연구를 하였다. 인버터의 전력 변환 Topology는 Asymmetry와 회로의 고효율 및 Surge와 Noise문제를 해결하기 위한 영 전압 스위칭 동작이 필요하다. 제안된 회로는 넓은 입력범위에서 S1, S2 스위치의 영 전압 스위칭 동작을 보장함으로써 소자 발열 감소 및 고효율 동작을 가능하게 하여 Surge 와 Noise를 저감할 수 있다. 이론적 해석 및 모의실험을 통하여 제안된 회로의 동작을 검증하였다.

이 논문은 삼성전기(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] H. Matsuo, F. Kurokawa, L. Tu and K. Shimizu. "Performance characteristics of a novel combined. half-bridge type inverter for electronic ballast for Lighring" Journal of IEI of. Japan, No. 3, pp. 147-155, 1996.
- [2] Sheng Tai Lee, "Circuit structure for driving a plurality of Cold Cathode Fluorescent Lamps" U.S. Patent 6781325B2, Aug.24,2004.
- [3] Yung-Lin Lin, "High-efficiency adaptive DC/AC convertre" U.S. Patent 6804129 Oct.12, 2004
- [4] Yu-Kang Lo, "A High-Voltage Input Backlight Module Driver for Multi-Lamp LCD Panels." PEDS 2005.