

# 고정 주파수 및 고정 시비율을 갖는 링크전압 제어형 고효율 LCD 백라이트 인버터

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

## High Efficiency Link Voltage Controlled LCD Backlight Inverter with Fixed Frequency and Fixed Duty Ratio

Sang-Keun Ji, Sang-Kyoo Han, Chung-Wook Roh, Sung-Soo Hong, Sug-Chin Sakong,  
 Hyo-Bum Lee\*

Kookmin University Power Electronics Center, \*Samsung Electro-Mechanics Co., LTD.

### ABSTRACT

기존 LCD 백라이트 인버터 시스템은 램프 관전류 제어를 위해 인버터 구동 펄스 폭의 크기를 변조하는 PWM(Pulse Width Modulation) 방식이다. 이 경우 시비율의 폭을 가변함에 따라 효율 저감 및 회로 발열 등의 단점이 있다. 본 논문에서는 인버터를 고정 주파수 및 50% 고정 시비율로 구동하고 램프 관전류 제어를 위해 링크전압을 제어하는 새로운 방식을 제안한다. 이를 통해 효율 증대, EMI 성능의 향상 및 전체 시스템의 원가저감 효과를 획득 할 수 있다.

### 1. 서론

현재의 LCD 백라이트 시스템은 그림 1과 같이 관전류를 일정하게 유지하기 위해 인버터 듀티 사이클(D)의 폭이 가변함에 따라 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

- Circulating 구간이 길기 때문에 도통 손실, 발열 문제
- ZVS(Zero Voltage Switching)가 확보되지 않는 영역에서 Hard Switching으로 인한 효율의 저감 및 EMI 문제
- 작은 기본파 성분으로 인한 광 효율 및 휘도 저감, 변압기 턴비 증가 문제

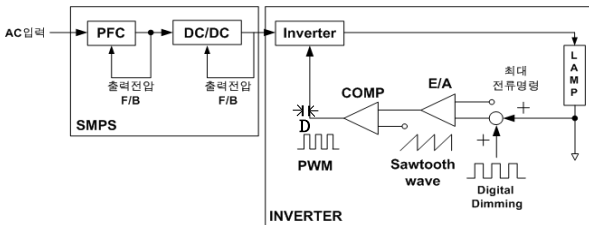
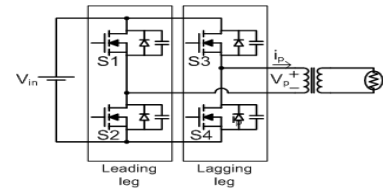


그림 1. 기존 LCD Backlight 인버터 시스템

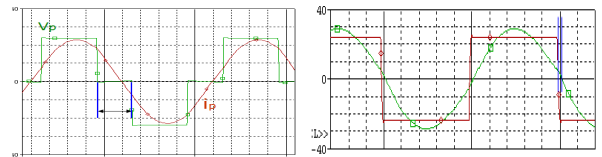
따라서, 이를 해결하기 위해서 인버터의 듀티 사이클을 50%에 가까운 최대 듀티 사이클로 고정하면서도 램프의 최대전류를 제어하는 방식인 링크전압 제어형 LCD Backlight 인버터를 제안한다. 이와 같은 방식은 LCD Backlight 인버터 효율의 획기적인 증대, EMI 성능의 향상 및 전체 시스템의 원가저감의 효과가 있다.

### 2. 고정 주파수 및 고정 시비율 제어 방식 소개

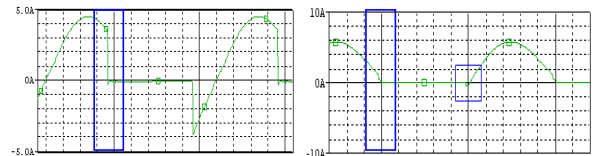
#### 2.1 50% 고정 듀티 인버터 시스템의 특징



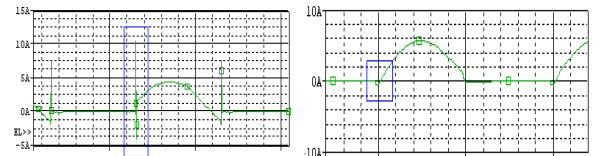
(a) 인버터부 회로



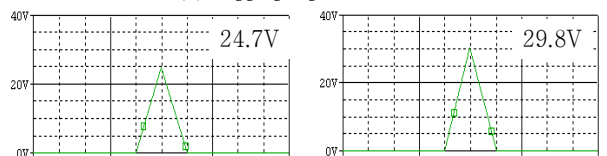
(b) Circulation Energy



(c) Leading leg switch 전류



(d) Lagging leg switch 전류



(e) 변압기 1차측 전압 기본파 성분

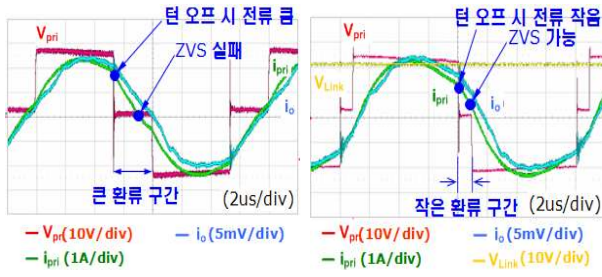
그림 2. 기존 듀티 가변 방식과 고정 듀티 방식 비교

그림 2(a)와 같은 기존 LCD 인버터 기술의 문제점은 그림 2(b)에서 처럼 Circulation 구간이 길기 때문에 도통손실과 발열이 심하다. 또한 그림 2(c)처럼 턴오프시 전류가 크기 때문에 스위칭 손실이 크고, 그림 2(d)처럼 턴온시 Hard Switching을 하기 때문에 스위칭 손실, 발열, EMI 특성이 좋지 않다. 마치

막으로 그림 2(e)와 같이 기본과 성분이 작기 때문에 광효율 및 휘도 저감과 변압기 턴비 증가의 문제가 발생한다. 이러한 문제점의 원인은 전류제어를 위해 인버터 듀티를 가변(정상상태시 약 35%)함에 있다. 이는 50% 고정 듀티를 통해 상기 문제점을 해결할 수 있다. 50% 고정 듀티 시에는 Circulation 구간이 거의 없기 때문에 발열 및 효율이 상승하고, 턴오프시 전류가 작아서 턴오프 스위칭 손실이 작아진다. 또한 완전한 ZVS로 인해 발열 및 EMI 특성이 개선되고, 기본과 성분이 증가함으로써 광효율 상승 및 휘도 증가, 턴비 감소등의 효과를 볼 수 있다.

## 2.2 50% 고정 듀티 인버터 시스템의 실험

실험을 통하여 이론적 근거를 바탕으로 확인하였던 50% 고정 듀티 인버터 시스템의 장점을 발열실험을 통해 검증해 보기로 하였다. 그림 3은 기존 시스템과 50% 고정 듀티 시스템을 비교한 파형이다.



(a) 기존 시스템 (b) 50% 고정 듀티 시스템  
그림 3 기존 시스템과 50% 고정 듀티 시스템의 비교

그림 3(a)는 큰 환류 구간을 가지고 턴 오프시 전류가 크다. 또한 P-MOSFET은 턴 온시 1차측 전류가 충분히 남아있어 ZVS가 가능하지만 N-MOSFET이 턴 온 시에는 1차측 전류가 반대 방향으로 흐르고 있어 ZVS가 불가능하다. 반면 그림 3(b)처럼 50% 고정 듀티인 경우에는 환류 구간이 작아 Circulating 에너지가 작다. 또한 턴 오프시 전류가 작고, N-MOSFET이 턴 온 시에도 1차측 전류가 충분히 남아있어 ZVS가 가능하게 된다.

표 1. 기존 듀티 제어와 50% 고정 듀티 제어의 발열 데이터

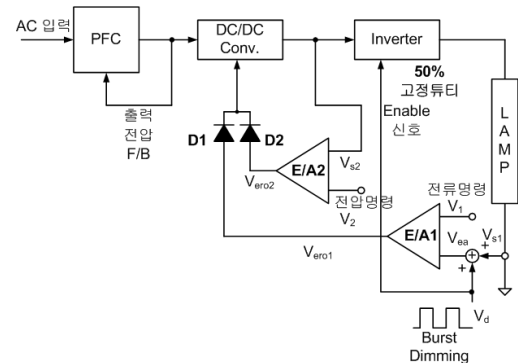
No	ITEM	기존 듀티 가변 방식		50% 듀티 고정		기존 대비 온도 하강 폭
		aging 후 (2H)	$\Delta^{\circ}\text{C}$	aging 후 (2H)	$\Delta^{\circ}\text{C}$	
1	Switch (S1)	42.6	18.8	37.9	14.4	4.4
2	Switch (S2)	48.0	24.2	40.6	17.1	7.1
3	Switch (S3)	51.5	27.7	47.3	23.8	3.9
4	Switch (S4)	49.5	25.7	45.6	22.1	3.6
5	Trans 1차측	44.7	20.9	43.2	19.7	1.2
6	Trans 2차측	39.4	15.6	32.9	9.4	6.2
7	Trans Core	45.0	21.2	44.8	21.3	-0.1
8	Trans 1차측	48.1	24.3	42.3	18.8	5.5
9	Trans 2차측	48.6	24.8	43.0	19.5	5.3
10	Trans Core	45.5	21.7	42.1	18.6	3.1
11	CT	37.1	13.3	36.4	12.9	0.4
12	상온	23.8	0	23.5	0.0	0.0

표 1은 기존 듀티 가변 인버터 시스템과 50% 고정 듀티 제어 인버터 시스템의 발열 실험 데이터를 정리한 것이다. 기존 듀티 가변 인버터 시스템과 비교해 전체적으로 소자 발열이 개

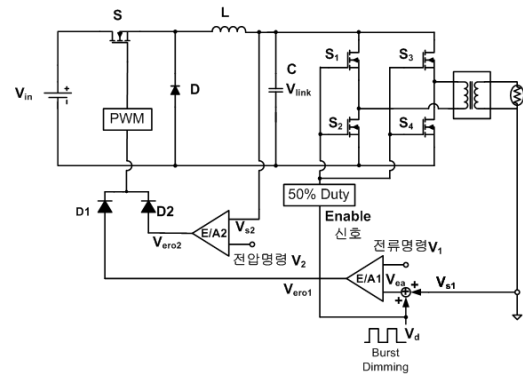
선 되었으며 최고 약  $7.1^{\circ}\text{C}$  개선됨을 확인하였다. 특히 스위치 소자들의 발열이 개선되었는데 이는 Circulation 구간이 줄고, 스위칭 손실이 작아졌기 때문이다. 이 실험을 통해 50% 고정 듀티 제어 시스템의 발열에 대한 장점을 확인할 수가 있다.

## 2.3. 제안된 방식의 전류제어 시스템 소개

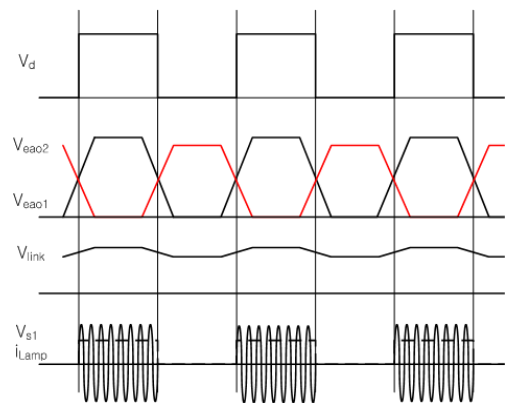
### 2.3.1. Link Voltage Controlled Inverter System



(a) 제안 방식의 블록도



(b) 제안 방식의 회로도



(c) 제안 방식의 동작 파형도

그림 5. 제안 방식

앞에서 언급한 인버터 듀티 고정으로는 전류 제어가 불가능하기 때문에 램프 전류 제어 구현을 위한 새로운 방식의 제어 시스템을 제안 한다.

그림 5(a)는 기존 LCD Backlight 인버터 시스템에 제안된

전류제어 방식을 적용한 블록도이다. 제안 방식은 PFC 단, DC/DC 단, 인버터 단의 전력단 구성 및 PFC 단의 제어단 구성은 기존과 동일한 상태에서 50% 고정 듀티 인버터 시스템을 구현하기 위해 인버터 및 DC/DC 단 제어 방식이 기존과 다르다. 인버터 단의 동작 듀티는 50%로 고정시키고 관 전류를 제어하기 위해서 DC/DC 단의 동작 시비율이나(PWM converter의 경우), 주파수(공진형 컨버터의 경우)를 가변시켜 인버터 단의 입력 전압을 가변시켜 제어하는 방식이다.

Lamp의 관전류가 필요 전류보다 적게 흐를 경우 기존 시스템의 경우 인버터 단의 동작 듀티를 증가시켜 관전류를 증가시키지만 제안 방식의 경우 인버터 단의 동작 듀티를 50%로 고정되어 있기 때문에 DC/DC 단의 듀티(PWM converter의 경우)를 증가 시키거나 주파수(공진형 컨버터의 경우)를 상승시켜 인버터 단의 입력 전압인 링크 전압을 상승시켜 Lamp 관 전류를 증가시킨다.

반대로 Lamp의 관 전류가 필요 이상 많이 흐를 경우 기존 시스템의 경우 인버터 단의 동작 듀티를 감소시켜 관 전류를 감소시키지만 제안 방식의 경우 DC/DC 단의 듀티(PWM converter의 경우)를 감소 시키거나 주파수(공진형 컨버터의 경우)를 감소시켜 인버터 단의 입력 전압인 링크 전압을 감소시켜서 Lamp 관 전류를 감소시킨다.

제안 방식은 인버터의 동작 듀티가 50%로 고정되므로, 앞에서 확인하였던 50% 고정 듀티 인버터 시스템의 장점을 가진다.

제안 방식은 LCD Backlight에 필수적인 디지털 디밍 기능을 이용하여 효과적으로 구현할 수 있다. 그림 5(b)(c)에서 보면 인버터부는 인버터 제어기에 따라 스위칭 제어되어 램프에 AC 전원을 공급하며, 디지털 디밍신호( $V_d$ )에 따라 인버터의 구동부는 Enable/Disable 동작이 되고, 디지털 디밍 'On' 구간에서 (인버터 구동부의 Enable 시), E/A1은 사전에 설정된 전류 신호( $V_1$ )와 램프 전류 오차와 비교하여 E/A1의 출력전압( $V_{ea01}$ )을 생성하고 이 전압이 E/A2의 출력전압( $V_{ea02}$ )보다 높아져서, 다이오드 D1이 도통하여 설정된 최대 램프 관 전류가 흐르도록 DC/DC 단 전압이 제어된다. 이때 다이오드 D1의 레벨을 다이오드 D2의 레벨 보다 높게 설정한다. 디지털 디밍 'Off' 구간에는 (인버터 구동부의 Disable 시), E/A1은 '0' 이 된다. 이때에는 E/A2에서 DC/DC단의 출력을 검출한 신호( $V_{s2}$ )와 사전에 설정된 전압 신호( $V_2$ )를 비교하여 E/A2의 출력전압( $V_{ea02}$ )을 생성하고 다이오드 D2가 도통하여 최대 전류 명령 시의 DC/DC 단 출력 전압 보다 약간 낮은 레벨에서 제어된다. 여기서 DC/DC 단 출력 전압 level은 램프에 최대 전류를 흐르게 하는 출력 전압 레벨 보다 적으면 어떤 값도 상관없다.

### 3. 모의실험 결과

제안된 방식의 동작을 검증하기 위해 그림 5(b)와 같이 DC/DC(buck)단과 인버터부(Full Bridge)에 표2와 같은 값으로 모의실험을 실시하였다.

표 2. 모의 실험에 사용한 특성값

항목	값	항목	값
$V_{in}$	40V	$R_{lamp}$	100k $\Omega$
$C_{lamp}$	15pF	L	20 $\mu$ F
C	100 $\mu$ F	Dim Freq	150Hz
Npri/Nsec	24/2240	Inv. Freq	65.5KHz

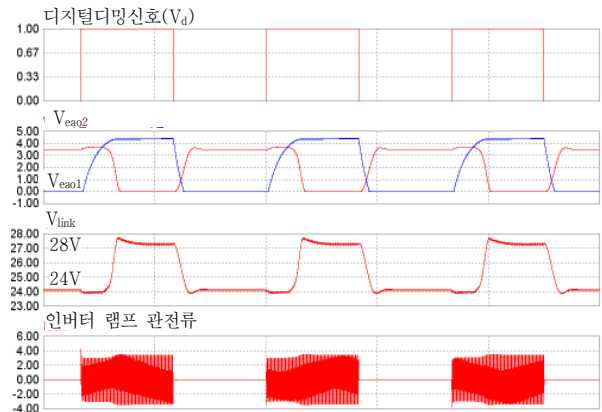


그림 6. 제안 방식 모의실험

그림 6은 제안 방식의 PSIM 모의실험 결과이다. 위에서 디지털 디밍신호, E/A1, 2 출력, 링크전압, 인버터 램프 관 전류를 나타내고 있다. 디지털 디밍 신호에 따라 on 구간일때는  $V_{ea01}$ 으로 제어하고, off 구간에는  $V_{ea02}$ 로 제어함으로써 DC/DC단의 전압이 24V와 28V로 바뀌고 설정된 다이오드 레벨에 따라 이를 선택 함으로써 인버터 램프 전류를 제어하고 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 고정 주파수 및 고정 시비율을 갖을 때 LCD 백라이트 인버터가 고효율을 얻는다는 것을 실험적으로 증명하고 그에 맞는 새로운 제어 방식을 연구하였다. 기존의 LCD 백라이트 인버터의 제어 방식은 램프의 관전류를 제어하기 위해 인버터 구동 펄스 폭의 크기를 변조하는 방식 즉, 듀티 가변 방식을 사용함에 따라 Circulation, Hard Switching, 발열문제 등의 전체적인 시스템 효율이 좋지 않았다. 이는 인버터의 동작 시비율을 가변함으로 발생하는 문제이고 인버터부의 최적 동작을 위해 50% 고정 시비율을 갖는 새로운 방식을 제안하였다. 인버터를 50% 고정 듀티로 스위칭 제어하고, 인버터에 입력되는 DC 전원을 가변하여, 인버터의 영전압 스위칭 영역을 확보함으로써 스위칭 소자의 발열을 감소시키고 스위칭 동작의 효율을 높일 수 있는 효과가 있으며, 전체적인 시스템 효율의 상승을 기대할 수 있다.

이 논문은 삼성전기(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] Sheng Tai Lee, "Circuit structure for driving a plurality of Cold Cathode Fluorescent Lamps" U.S. Patent 6781325B2, Aug.24, 2004.
- [2] S.W.Lee, "Simplified Control Technique for LCD Backlight Inverter System Using the Mixed Dimming Method", IEEE APEC 2001, vol.1 pp.447-453, March 2001