대화면 LCD TV를 위한 고효율 및 저가형 PCM 방식 백라이트 인버터

장영수, 한상규, 노정욱, 홍성수, 사공석진, 김종덕*, 이효범*
국민대학교 전력전자연구소, *삼성전기(주) P&M사업부

High efficiency & Low cost PCM Backlight Inverter for Large Area LCD TV

Young-Su Jang, Sang-Kyoo Han, Chung-Wook Roh, Sung-Soo Hong,
Sug-Chin Sakong, *Jong-Duck Kim, *Hyo-Bum Lee
Kookmin University Power Electronics Center, *Samsung Electro-Mechanics Co., LTD.

ABSTRACT

대화면 LCD TV (40인치 이상 LCD TV)에서 LCD 인버터의 가격 경쟁력을 위해 인버터 하나로 다수의 램프를 병렬 구동하면서 Two Stage System 구조인 Super IP Board 형태의 인버터 회로가 많이 사용되고 있다. 본 논문에서는 기존 Super IP Board의 인버터 구동 방식인 PWM 제어 방식을 분석하고, 문제점으로 제기되었던 Half-Bridge단 스위치의 하드 스위칭과 과도한 Circulating Energy 등의 문제를 해결한 새로운 Pulse Count Modulation (PCM) 방식을 적용한 인버터를 제안하고 이론적 및 실험적 검증을 통해 제안된 방식의 우수성을 확인하였다.

1. 서 론

대화면 LCD시장이 확대되면서, TFT-LCD의 성능 및 제작 단가 개선을 달성하기 위해서는 Panel 부의 연구뿐만 아니라 전원회로, 즉 백라이트 인버터와 관련된 연구 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 특히 LCD TV 백라이트의 최적 토폴로지에 관한 연구와 시스템적인 측면에서의 상호 배열 및 계통에 대한 연구가 필요하며 이러한 연구의 결과로부터 저가형, 고효율, 고성능의 LCD TV 전원시스템이 완성될 수 있을 것이다.

최근 대화면 LCD TV에 사용되고 있는 백라이트 구동기술은 제품의 가격 경쟁력을 위해 인버터 1개로 다수 개의 램프를 병렬 구동하면서 DC/DC Converter단을 삭제한 Two Stage System 구조인 Super IP Board 형태의 전원 회로가 많이 사용되고 있다.

본 논문에서는 대화면 LCD TV용 전원회로인 Super IP Board에 적합한 PCM 방식의 인버터 시스템을 제안하고 동작원리와 특징을 모의실험과 실험을 통해 검증하였다.

2. 종래 LCD 백라이트 구동 기술

2.1 Conventional PWM 방식

그림 1은 종래의 LCD 백라이트를 위한 Super IP Board의 전력 계통 회로의 블록도를 나타낸다. LCD 백라이트용 전원 계통 회로는 PFC단, 인버터 단으로 구성되는데, 상용 AC 전압에서 PFC단을 385V 정도의 DC 전압으로 변환되고, 변환된 전압은 CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp) 구동을 위한 DC/AC Inverter 단을 통해 CCFL 구동을 위한 높은 교류 전압으로 변환되게 된다. 인버터는 램프의 전류를 센싱하여 전류명령을 추종하도록 제어기가 설정되고, 제어 신호는 PWM (Pulse Width Modulation)을 통해 일정 시비율(Duty Cycle)을 가지는 On/Off 신호로 변환되어 인버터 전력단의 MOSFET를 구동하게 된다.

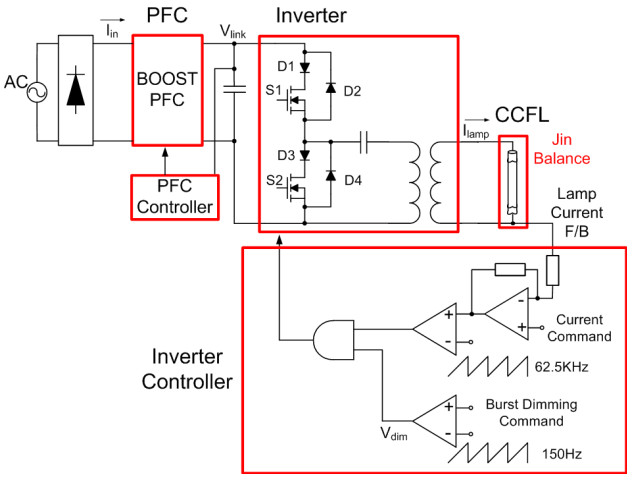

그림 1. PWM 방식 인버터 시스템의 블록도 (Super IP Board)

2.2 PWM 방식의 단점

PWM 방식은 입력 전압 변동 및 주변 온도에 관계없이 램프 전류를 일정하게 제어하기 위해 시비율의 폭을 가변하므로 이로 인해 다음과 같은 문제점을 가진다.

첫째, 인버터 스위치의 구동 시비율은 마진을 고려해 보통 Normal 입력전압에서 35% 정도로 설계되고 시비율의 폭이 가변함에 따라 스위치 전류가 스위치 Body Diode를 통과하는 시간이 길어짐으로 인해 도통손실이 증가하여 효율이 저감되고 온도가 상승할 수 있다.

둘째, 시비율이 낮은 경우, 영전압 스위칭이 확보되는 영역을 벗어나게 되며 스위치의 Hard Switching 동작으로 인해, 효율이 저감되고 서지 전류, 전압등이 발생하여 회로 노이즈 및 전자파 장애(EMI)가 상승할 수 있다.

셋째, 낮은 시비율로 동작 시 인버터 트랜스포머를 포함한 공진탱크의 작은 기본파 성분으로 인해 광효율 및 휘도

가 저감되고 백라이트 전체 시스템의 효율 저감을 야기한다.

2.3 PWM 방식 실험

그림 2는 PWM 방식의 실험 파형이다. PWM 방식의 단점으로 지적되었던 영전압 스위칭 영역을 벗어나 Hard Switching 동작과 시비율의 변화로 Circulating 구간이 길어지는 것을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

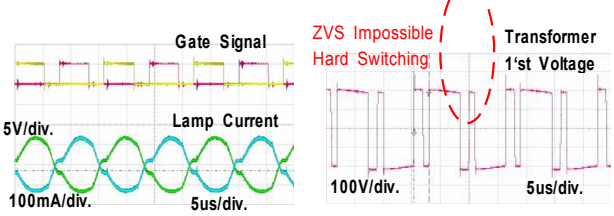

그림 2. Conventional PWM 방식의 실험 파형

3. 제안 LCD 백라이트 구동 기술

3.1 PCM(Pulse Count Modulation) 방식

PCM 방식이란 고정 주파수 및 고정 시비율의 고주파 구동 신호에 의해 생성된 램프의 관 전류 펄스 개수를 평균 휘도 또는 평균 전류에 따라 폐루프 제어하는 방식이다.

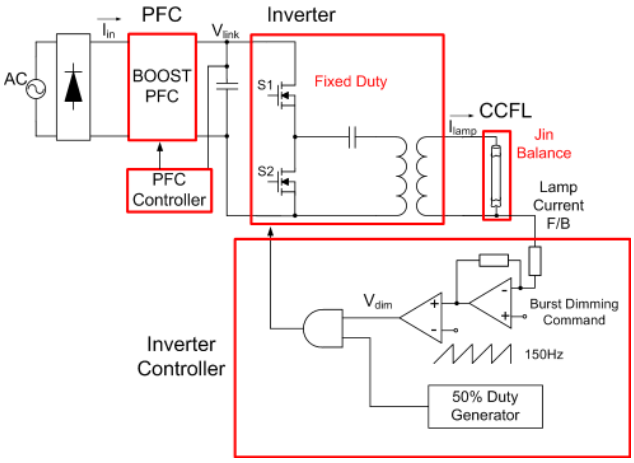

그림 3. PCM 방식의 인버터 시스템 블록도 (Super IP Board)

그림 3은 PCM 방식의 인버터 시스템을 블록도로 표현한 것이다. PCM 방식은 궁극적인 제어 대상이 램프의 순시 휘도 및 순시 전류가 아니라 램프의 평균 휘도 또는 평균 전류라는 점에서 착안되었다. 기존 방식의 경우 평균 휘도 또는 평균 전류에 대한 폐루프 제어 없이 입력 전압의 변동이나 외란에 대해 평균 휘도는 변동하게 된다. 이를 위해 별도의 제어 없이 단순히 인가했던 기존 방식의 디지털 디밍 신호를 램프의 평균 휘도에 따라 폐루프 제어를 하여 저주파의 PWM 신호를 발생시키고 이를 최적의 구동 신호(고주파 고정 시비율 신호)와 논리 곱하여 램프를 구동함으로써 평균 휘도 및 평균 전류를 제어할 수 있다.

즉, 다시 말해서 PCM 방식은 인버터 시스템의 램프 관 전류 및 휘도를 제어하기 위해 인버터를 최적의 고정 시비율 및 고정 주파수로 구동시키고, 램프에 유입되는 평균 전류 또는 평균 휘도를 검출한 후 구동 인버터에 인가되는 디지털 디밍 신호를 제어하는 방식이다.

그림 4는 최적의 고정 주파수 및 50% 고정 시비율 D의 고주파 구동 신호에 의해 구동되고 있는 인버터부의 주요 동작 파형을 나타내고 있다. PCM 방식의 경우 고정 시비율로 동작하므로 인버터단의 스위치들이 전 영역에서 영전압 스위칭이 보장되고 거의 대부분의 입력 전력이 순환하지 않고 출력으로 전달되어 도통손실 및 발열 특성면에서 기존 PWM 방식 대비 우수한 장점을 갖는다. 게다가 램프에 인가되는 기본파 성분이 극대화되어 램프 휘도를 극대화 할 수 있다.

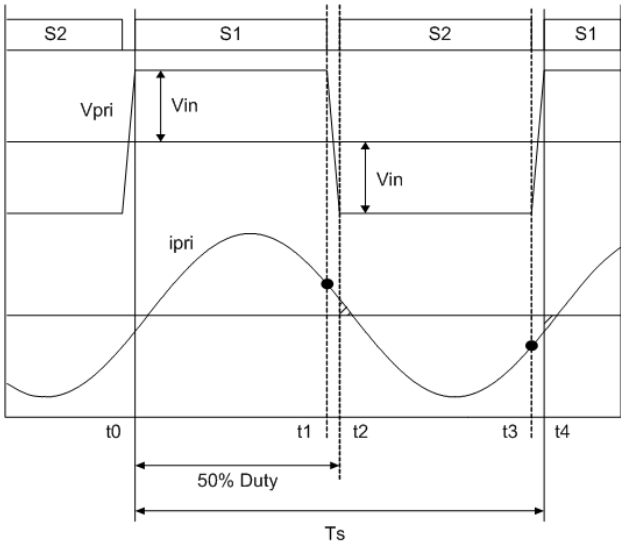

그림 4. PCM 방식 인버터 시스템의 주요 동작 파형

3.2 PCM 방식 모의 실험

그림 5는 PCM 방식의 모의 실험 결과를 나타내고 있다.

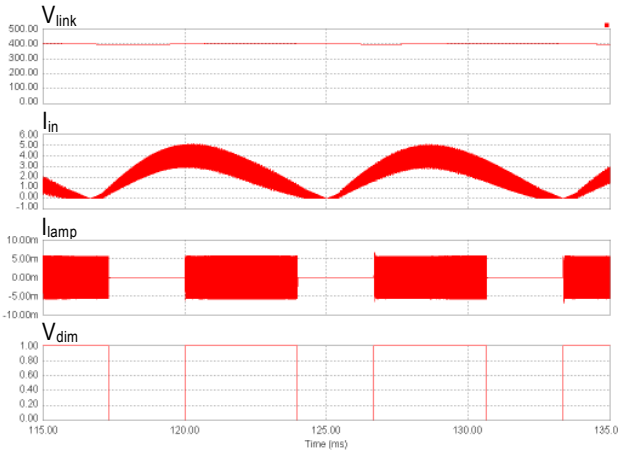

그림 5. PCM 방식 인버터 시스템의 모의실험 회로 및 결과 파형

위에서부터 PFC 링크 전압(V_{link}), 입력 전류(I_{in}), 램프 전류(I_{lamp}), 디지털 디밍 신호(V_{dim})를 나타내고 있다. 모의 실험 결과 PFC 및 인버터 모두 잘 동작되고 있음을 확인할 수 있었으며, PCM 방식의 인버터 시스템 적용 가능성을 확인하였다.

3.3 PCM 방식 실험

그림 6은 PCM 방식 인버터 시스템의 실험 파형이다. 전 영역에서 영전압 스위칭이 이루어지고 있음을 확인할 수 있었으며 트랜스포머 1차측 전압의 경우 데드타임이 거의 존재하지 않는 것처럼 보일 정도로 Circulating 구간이 짧은

이상적인 파형을 보이고 있다.

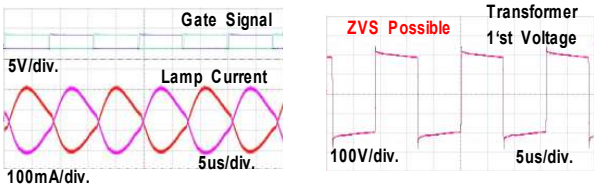

그림 6. PCM 방식 인버터 시스템의 실험 파형

표 1은 PCM 방식 인버터 시스템의 디밍 전압이 최대와 최소일 때 입력 전압을 가변에 따른 평균 휘도 및 관 전류의 RMS값을 정리한 것이다. 입력 전압의 변동에 따른 평균 휘도 및 관 전류의 평균이 거의 일정함을 확인 할 수 있었다.

표 1. 입력전압 가변에 따른 휘도 및 관 전류의 크기
(a) 최대 디밍 전압 (3.1V 일 때)

Vin (V)	입력 전력 (W)	평균 휘도 (cd/m^2)	평균 관 전류 (mA)
370	141.80	8558.75	94.55
390	143.00	8503.75	93.10
410	141.00	8413.75	89.85

(b) 최소 디밍 전압 (0V 일 때)

Vin (V)	입력 전력 (W)	평균 휘도 (cd/m^2)	평균 관 전류 (mA)
370	40.50	1590.75	50.80
390	41.00	1716.63	50.70
410	39.00	1485.38	49.40

표 2은 기존 PWM 방식 인버터 시스템과 PCM 방식을 적용한 50% 고정 시비율 인버터 시스템의 발열 실험 데이터를 정리한 것이다.

표 2. 기존 PWM 방식과 PCM 방식 인버터 시스템의 발열 데이터

No	ITEM	PWM 방식		PCM 방식		기존 대비 온도 하강 폭
		2시간 aging 후	△℃	2시간 aging 후	△℃	
1	Transformer Core	41.9	18.8	37.1	14.1	4.7
2	Transformer 2차측	40.6	17.5	40.1	17.1	0.4
3	Transformer 1차측	46.4	23.3	39.5	16.5	6.8
4	High side Switch (S1)	42.3	19.2	36.7	13.7	5.5
5	Low side Switch (S2)	45.3	22.2	37.5	14.5	7.7
6	Diode (D1)	44.1	21.0	38.1	15.1	5.9
7	Diode (D2)	39.9	16.8	35.5	12.5	4.3
8	Diode (D3)	48.9	25.8	37.8	14.8	11.0
9	Diode (D4)	47.7	24.6	37.2	14.2	10.4
10	Gate Drive(FAN7382N)	35.9	12.8	34.6	11.6	1.2
11	Inverter IC (LX1691A)	28.2	5.1	26.4	3.4	1.7
12	상온	23.1	0.0	23.0	0.0	0.0

표 3. PCM 방식 인버터 시스템의 추가 발열 실험 데이터

No	ITEM	PWM 방식		PCM 방식		다이오드 제거 후		스위치 방열판 제거 후	
		2시간 aging	△℃	2시간 aging	△℃	2시간 aging	△℃	2시간 aging	△℃
1	High side Switch (S1)	42.3	19.2	36.7	13.7	34.9	9.8	40.8	18.5
2	Low side Switch (S2)	45.3	22.2	37.5	14.5	35.2	10.1	41.3	19.0
3	상온	23.1	0.0	23.0	0.0	25.1	0.0	22.3	0.0

기존 PWM 방식 인버터 시스템은 스위치의 온도가 최고 45.3℃, 상온 대비 약 22.2℃의 결과를 보이고 있다. 하지만 PCM 방식 인버터 시스템의 경우 스위치 온도가 약 37.5℃, 상온 대비 약 14.5℃의 결과로 기존 PWM 방식 인버터 시스템 대비 약 7.7℃ 개선된 결과를 얻을 수 있었다. 스위치 뿐만 아니라 스위치와 역병렬로 연결되어 있던 다이오드 역시 4℃에서 최고 11℃까지 개선 효과가 있다. 추가 발열 실험 시 인버터 부의 스위치 온도를 중점적으로 확인하였다.

PCM 방식 인버터 시스템의 발열 실험 결과 아주 우수한 특성을 보여 인버터의 동작 스위치에 역병렬로 연결되어 있는 다이오드와 스위치 방열판을 제거하고 추가적인 발열 실험을 실시하고 표 3에 발열 실험 데이터를 정리하였다. 표 3의 데이터를 보면 다이오드 및 방열판을 제거한 후 발열 실험에서도 충분히 spec에 만족하는 결과를 얻었다.

3.4 PCM 방식과 기존 PWM 방식 비교

제안된 PCM 방식 인버터 시스템은 기존 PWM 방식 대비 우수한 특성을 가진다. 표 4은 각 방식의 특성들을 서로 비교하였으며 시작품의 사진을 함께 첨부하였다. PCM 방식의 시작품을 보면 스위치의 방열판과 역병렬로 추가된 다이오드가 제거된 모습을 확인할 수 있다.

표 4. 기존 PWM 방식과 PCM 방식 인버터 시스템의 특성 비교

항 목	기존 PWM 방식 제품	제안 PCM 방식 제품
인버터 Topology	Duty 가변 Conventional Half Bridge	50% 고정 Duty PCM Half Bridge
디지털 디밍	개루프	평균 전류 제어
스위치 발열	•	20% 발열 감소
인버터 스위치 주변회로	다이오드 4EA, 방열판	다이오드 및 방열판 모두 제거 기존 방식 대비 약 $0.8 저감
Sample 비교		

4. 결 론

본 논문에서는 대화면 LCD TV용 전원 회로, 그중에서도 백라이트를 구동하는 인버터 회로 기술에 대해 중점적으로 연구하였다.

제안된 PCM 방식 인버터 시스템의 경우 고정 시비율의 고주파 구도 신호에 의해 생성된 램프의 관 전류 펄스 개수를 평균 휘도 또는 평균 전류에 따라 폐루프 제어하는 방식으로 기존 PWM 방식이 시비율를 가변함으로써 발생되는 여러 문제점들을 해결하였고 50% 고정 시비율로 동작하는 PCM 방식 인버터 시스템을 모의실험과 실험을 통하여 제안 회로의 우수성을 증명하였다.

이 논문은 삼성전기(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

참 고 문 헌

[1] 장영수, 윤 석, 권기현, 한상규, 홍성수, 사공석진, 노정욱 "대화면 LCD TV용 CCFL 병렬 구동에 관한 연구", 전력전자학회 논문지 2006. 10. p454

[2] "Microsemi Integrated Products", Microsemi Corporation Proprietary & Confidential Information.