

32인치 LCD Backlight의 휘도 제어를 위한 새로운 PCM 방식 인버터

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

A New PCM Inverter for Brightness Control of 32inch LCD Backlight

Jae-Kwang Lee, Sang-Kyoo Han, Chung-Wook Roh, Sung-Soo Hong, Sug-Chin Sakong,
 Jin-Wook Kim*, Hyo-Bum Lee*

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

ABSTRACT

본 논문에서는 LCD Backlight를 위한 기존 Phase shift Full bridge 인버터 방식을 검토하여, 이를 바탕으로 기존의 Full bridge Inverter 토폴로지와 전력 시스템은 동일하게 가져가고 좀 더 나은 성능을 위해 독자 기술의 새로운 구동 및 제어 방식을 구현하고자 한다. 인버터 부의 최적 동작을 위해 인버터 구동 신호의 주파수와 시비율을 고정하는 대신 펄스 개수를 제어하는 새로운 Pulse Count Modulation (PCM) 방식을 제안하며 이론적 및 실험적 검증을 통해 제안된 방식의 우수성을 확인한다.

1. 서론

현재 가장 널리 사용되고 있는 CCFL 백라이트 인버터 토폴로지 및 구동 방식으로는 Phase shift 방식으로 제어되는 Full bridge 인버터가 있다.^[1] 이는 4개의 반도체 스위치와 1개의 트랜스포머로 구성되어있으며, 그림 1에 나타내었다. Phase shift 동작으로 초기 구동이 용이하고, 넓은 부하 범위에서 Lamp 전압의 비대칭성 없이 영전압 스위칭(ZVS)이 가능하다.^[2] 이로 인하여 고효율 동작 및 서지와 노이즈 문제를 저감할 수 있으며, 트랜스포머의 전압 및 전류 스트레스 또한 적은 장점이 있다.

그러나 Phase shift Full bridge 방식의 경우 특허 우선순위가 있는 기술로써, 기술 보유 업체에게 비싼 Royalty를 지급해야 하는 치명적인 단점이 있다. 또한 관 전류를 일정하게 유지하기 위

해 시비율의 폭이 가변 되게 되어 있고, 이에 따라 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 첫째 시비율의 폭이 가변 함에 따라 Circulating 구간이 발생하고, Circulating 전류가 스위치의 Body Diode를 통과하는 시간이 길어짐으로 인해, 도통손실이 크고 온도가 상승해서 병렬 스위치가 사용된다. 둘째 시비율 폭이 변하므로, 인버터가 만일 ZVS가 확보되지 않는 영역이 발생하면, 이에 따른 스위치의 Hard Switching 동작으로 인해 효율이 저감되고 서지 전류 및 전압 등이 발생하여, 회로 노이즈 및 전자과 장애(EMI)가 발생할 수 있다. 셋째 낮은 시비율로 인버터를 동작시킬 경우, 인버터 트랜스포머를 포함한 공진탱크의 작은 기본과 성분으로 인해 광효율 및 휘도가 저감되고, 트랜스포머의 턴비가 증가함에 따라 동선이 증가되어 단가 상승을 초래할 수 있다.

기존 방식의 Circulating Energy, Hard Switching, 작은 기본과 성분, 발열 및 원가상승 문제점들은 관 전류를 제어하기 위해 시비율의 가변됨에 있는데, 정상상태에서 시비율은 약 35% 정도이다. 이와 같은 문제점들은 50% 고정 시비율로 동작되는 제안된 PCM 방식으로 모두 해결 가능하다. 본 논문에서는 32인치급 인버터 시스템에 적용한 제안된 PCM 방식의 동작원리를 나타내고 실험 결과를 제시하여 그 타당성을 검증한다.

2. 제안된 PCM 방식 소개

2.1 PCM 방식

기존 방식은 인버터부를 고정된 높은 주파수 및 가변 시비율로 램프의 순시전류를 페루프 제어함으로써 순시 휘도를 일정하게 제어하고 있으며, 평균 휘도는 궤환 제어하지 않고 사용자의 버튼 조작에 의해 발생된 디지털 디밍신호를 PWM 신호와 논리 곱을 취해 제어부에 인가함으로써 개루프 제어로 조절한다.

PCM 방식은 인버터의 최적 동작을 위해 고정된 높은 주파수 및 고정 시비율로 스위칭하고, 램프에 유입되는 전류의 적분치에 따른 디지털 디밍 신호를 페루프 제어함으로써 고효도 및 고효율을 구현할 수 있는 방식이다.

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 페루프 제어 없이 입력 전압의 변동이나 외란에 대해 평균 휘도가 변동하게 된다. 이를 위해 별도의 제어 없이 단순히 인가했던 기존 방식의 디지털 디밍 신호를 램프의 평균 휘도에 따라 페루프 제어를 하여 저주파의 Pulse Width Modulation (PWM) 신호

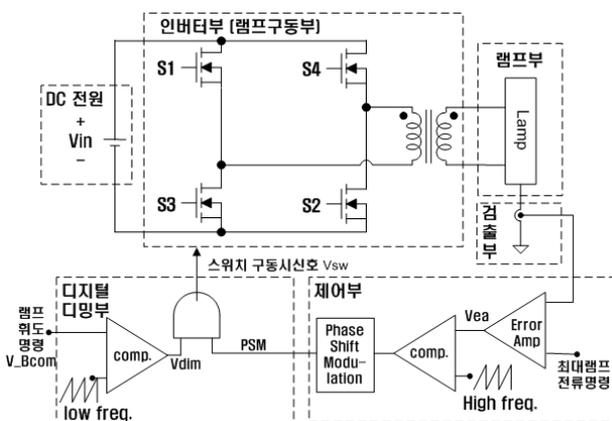


그림 1 LCD Backlight 용 인버터 회로 블록도

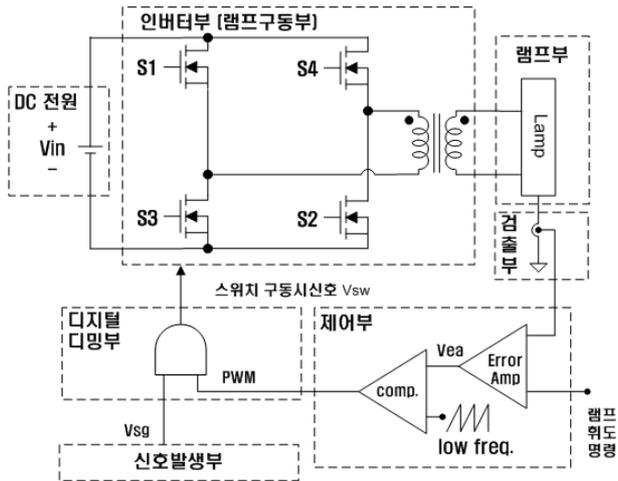


그림 2 PCM 방식 회로도

를 발생시키고 이를 최적의 구동 신호(고주파 고정 시비율 신호)와 논리 곱하여 램프를 구동함으로써 평균 휘도 및 평균 전류를 제어할 수 있게 된다.

즉, PCM 방식은 고정 주파수 및 고정 시비율의 고주파 구동 신호에 의해 생성된 램프의 관 전류 펄스 개수를 평균 휘도 또는 평균 전류에 따라 페루프 제어하는 방식이다. 그림 2는 PCM 방식의 회로도를 나타내고 있다.

2.2 PCM 방식 동작 원리

그림 3은 PCM 방식의 디지털 디밍 동작을 보이고 있는 파형도이다. 검출부에서 검출된 램프 평균전류 또는 평균휘도를 사용자의 버튼 조작에 의한 램프휘도 명령과 비교하여 그 차이를 차동증폭기를 통해 증폭한 신호 V_{ea} 를 비교기에 전달하고 V_{ea} 를 디지털 디밍 저주파수의 톱니파와 비교하여 PWM 신호를 생성한다. 다시 PWM 신호는 신호 발생부에서 생성된 최적의 고정 주파수 및 50% 고정 시비율의 고주파 구동신호 V_{sg} 와 논리 곱이 되어 인버터부에 인가된다. 즉, PWM 신호가 high일 때 V_{sw} 신호는 인버터부에 인가되어 인버터부가 동작되어 램프는 발광하게 되고, PWM 신호가 low일 때 V_{sw} 신호는 low가 되어 인버터부의 스위치 S1~S4는 모두 차단되어 램프는 꺼지게 됨으로써 램프의 휘도는 제어된다.

정상상태에서 램프휘도는 B1으로 제어되고 있다고 가정한다. t_a 시점에서 램프휘도를 증가하려는 명령이 발생하면 V_{ea} 는 증가하게 되므로 그 만큼 램프전류 펄스개수 또한 증가하게 되므로 PCM 동작에 의해 램프 평균휘도는 B2로 증가하게 된다. 또 t_b 시점에서 DC 전원이 갑자기 상승하는 외란이 발생하면, 램프전류가 순간적으로 상승하게 되고 V_{ea} 는 감소한다. 따라서

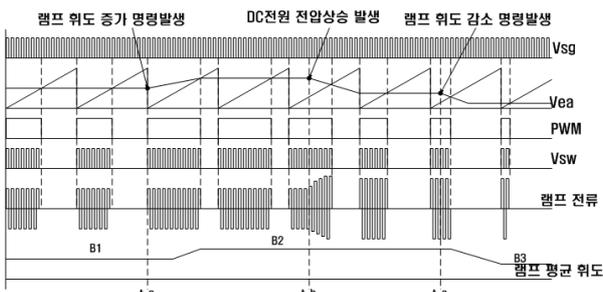


그림 3 PCM 방식의 디지털 디밍 동작 파형도

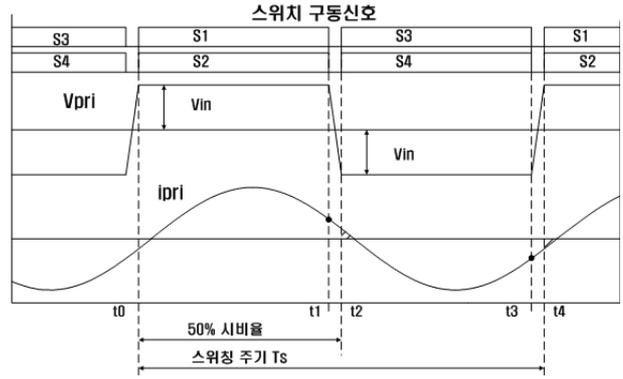


그림 4 PCM 방식의 인버터 단 주요 동작 파형도

PWM 신호는 시비율이 감소하게 되고 그만큼 램프 관 전류의 펄스 개수 또한 감소하게 되므로 PCM 동작에 의해 램프 평균휘도는 일정하게 제어될 수 있다. 또 t_c 시점에서 램프휘도를 감소하라는 명령이 발생하면 V_{ea} 는 감소하게 되므로 그만큼 램프 전류의 펄스개수 또한 감소하게 되므로 PCM 동작에 의해 램프 평균휘도는 B3로 감소하게 된다.

그림 4는 최적의 고정 주파수 및 50% 고정 시비율의 고주파 구동신호에 의해 구동되고 있는 인버터 부의 주요 동작 파형도이다. PCM 방식의 경우 고정 시비율로 동작하고 있으므로 인버터 부의 모든 스위치들이 전 영역에서 ZVS가 보장되며 거의 대부분의 입력전력은 순환하지 않고 곧 바로 출력으로 전달되므로 도통손실 및 회로발열 특성이 매우 우수한 장점을 가진다. 뿐만 아니라 램프에 인가되는 기본파 성분이 가장 크므로 램프 휘도를 극대화 할 수 있다.

3. 실험결과

제안된 PCM 방식을 적용한 50% 고정 시비율 인버터 시스템의 유효성을 입증하기 위해 기존 시비율 가변 인버터 시스템과 PCM 방식 인버터 시스템을 비교하여 실험을 실시하였다.

그림 5는 Q101, Q102가 한 쌍으로 Q103, Q104가 한 쌍으로 연결된 병렬 스위치로 구성된 실험 회로도이고, 제안된 회로의 실험을 위한 사양은 다음과 같다.

- 입력 전압 : DC 24V
- 디밍 주파수 : 150Hz ·인버터 동작 주파수 : 62.5kHz

그림 6은 트랜스포머 1차 측 전압과 전류 파형이다. 제안된 PCM 방식 인버터 시스템이 기존 시비율 가변 시스템에 비해 작은 환류 구간이 존재하여 스위칭 및 도통 손실이 작아서 소자발열이 작음을 확인할 수 있었다. 또한 50% 고정 시비율 인버터

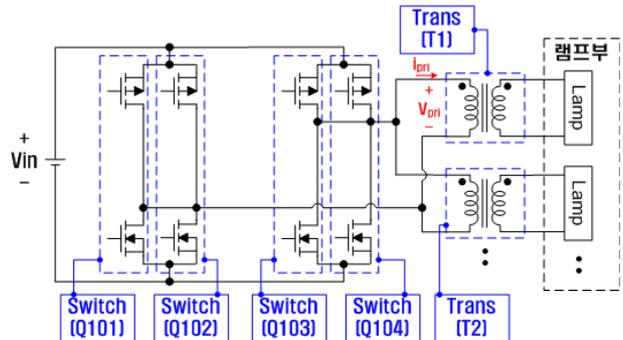
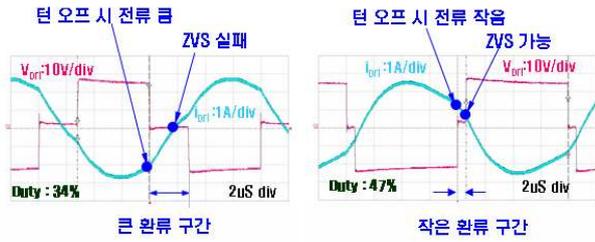


그림 5 실험 회로도



(a) 기존 시비율 가변 시스템 (b) PCM 방식 시스템
그림 6 트랜스포머 1차 측 전압과 전류

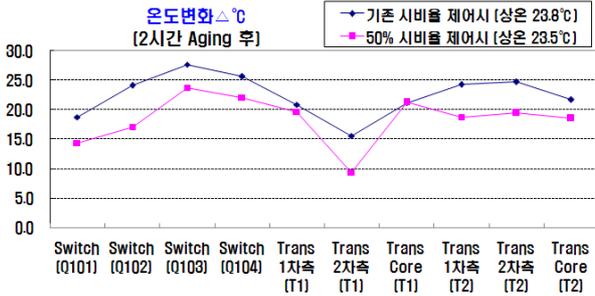


그림 7 기존 방식과 PCM 방식의 발열 데이터

시스템은 스위치 모두 다 스위치의 기생 Capacitor를 방전 할 수 있는 전류가 충분히 남아 있어 ZVS 가능하지만, 기존 시비율 가변 시스템은 일부 스위치가 기생 Capacitor를 방전 할 수 있는 전류가 역 방향으로 흐르고 있어 ZVS가 실패되는 과현을 나타내고 있다. 50% 고정 시비율 인버터 시스템의 기본과 성분의 크기는 1.268이어서 기본과 성분의 크기가 1.116 인 기존 시비율 가변 시스템에 비해 큰 기본과 성분을 가짐을 확인할 수 있었다.

그림 7은 제안된 PCM 방식 인버터 시스템과 기존 시비율 가변 시스템의 발열 데이터를 상온 대비 각 소자의 온도변화를 그래프를 통해 도시한 것이다. PCM 방식 인버터 시스템 방식이 기존 시비율 가변 시스템에 비해 소자 발열이 전체적으로 개선된 것을 확인할 수 있고, 스위치 Q102에서 최고 7.1°C가 개선되었다.

PCM 방식 인버터 시스템이 소자 발열 특성이 우수하여 기존 시스템의 병렬 연결된 스위치 1개씩 제거하고 스위치 크기의 방열판을 부착 후 스위치 발열 실험 결과가 표 1에 표시했다. 병렬 스위치 없이 방열판이 부착된 하나의 스위치 사용으로 spec에 만족함을 확인할 수 있었다.

인버터의 입력 전압 가변에 따른 관 전류와 평균 휘도의 레귤레이션 정도를 확인하기 위해 실험을 실시하였다. 일반적인 인버터의 입력 전압은 24V 이고 이 전압에 ±10% 에서 출력 레귤레이션이 보장 되어야 한다. 표 2는 PCM 방식 인버터 시스템의 디밍 전압의 최대와 최소 일 때 입력 전압 가변에 따른 평균 휘도, 관 전류의 평균 값, 관 전류의 RMS 값 및 디밍 신호의 시비율을 정리한 것이다.

PCM 방식은 디밍 시비율이 가변하므로 저온 및 최저전압을 고려하여 20% 마진을 두고 최대 시비율을 80% 정도에 맞추었고 입력 전압 변동에 따른 평균 휘도 및 관 전류의 평균이 거의 일정함을 확인할 수 있었다. 또한 관 전류의 RMS 값도 디밍 전압이 최대일 때 보면 0.73mA의 매우 적은 차이가 남을 확인할 수 있었다.

따라서 제안된 PCM 방식이 환류 구간이 거의 없고, 완전한

표 1 병렬 스위치 1개씩 제거 & 작은 방열판 부착 후 발열 데이터

NO	ITEM	°C
1	Switch (Q102)	59.1
2	Switch (Q104)	58.6

표 2 입력 전압 가변에 따른 관 전류의 크기 및 디밍 시비율

(a) 최대 디밍 전압 (3.1V 일 때)

입력전압 (V)	평균휘도 (cd/m ²)	관 전류 (mA)		시비율 (%)
		Mean	RMS	
21.6	7651.11	6.01	7.15	80.3
24	7686.67	6.03	7.50	70.6
26.4	7586.67	6.06	7.88	63.4

(b) 최소 디밍 전압 (0V 일 때)

입력전압 (V)	평균휘도 (cd/m ²)	관 전류 (mA)		시비율 (%)
		Mean	RMS	
21.6	1309.89	1.79	3.77	22.1
24	1390.78	1.80	3.95	19.7
26.4	1458.33	1.78	4.12	17.7

ZVS 스위칭이 가능하고, 큰 기본과 성분 및 개선된 발열 특성을 가지는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

본 논문은 32인치 급 LCD Backlight의 휘도 제어를 위한 기존 Phase shift Full bridge 인버터로부터의 특허회피 및 새로운 제어 방식을 제안하였다.

32인치 급 인버터 시스템 전원회로 기술 중 기존 방식과의 차이점은 인버터 제어 방식의 차이이다. 기존 방식의 경우 램프의 관 전류를 제어하기 위하여 인버터의 동작 시비율을 가변하는 방식을 사용하고 있지만, 시비율 가변하면서 Circulating Energy, Hard Switching, 작은 기본과 성분 및 발열 및 원가 상승의 문제점들이 도출되었다. 인버터의 동작 시비율을 가변함으로써 발생한 문제들로 인버터부의 최적 동작을 위해 50% 고정 시비율로 동작시키는 PCM 방식을 제안하였다.

PCM방식은 고정주파수 및 고정 시비율의 고주파 구동신호에 의해 생성된 램프부에서 램프 전류펄스의 개수를 평균 휘도 또는 평균 전류에 따라 페루프 제어하는 방식이다. 인버터 부 모든 스위치들이 전 영역에서 ZVS가 가능하여 도통손실 및 발열 특성이 우수하며 또한 램프에 인가되는 기본과 성분이 커서 광효율이 우수하다는 장점을 가진다.

50% 고정 시비율 시스템의 장점을 실험을 통하여 검증함으로써 제안된 PCM 방식의 우수성을 확인하였다

이 논문은 삼성전기(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었습

참고 문헌

- [1] Ye, Z., Jain, P., Sen, P.C., "A Full Bridge Resonant Inverter with Modified Phase Shift Modulation", Power Electronics Specialists Conference, 2005, pp 642-649.
- [2] W. Chen et al, "A Comparative Study of a Class of Full-Bridge Zero-Voltage-Switched PWM Converters", IEEE, 1995, pp 893-899