

# 대화면 LCD TV를 위한 고효율 및 저가형 PCM 방식 백라이트 인버터

張榮洙<sup>†</sup>, 盧政煜<sup>§</sup>, 洪成洙<sup>§</sup>, 司空石鎭<sup>§§</sup>, 金鍾德<sup>\*\*</sup>, 李孝範<sup>\*\*\*</sup>, 韓翔圭<sup>†</sup>

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

Young-Su Jang, Chung-Wook Roh, Sung-Soo Hong, Sug-Chin Sakong,  
Jong-Duck Kim, Hyo-Bum Lee and Sang-Kyoo Han

### 요 약

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

### ABSTRACT

To enhance the competitive edge of the material cost, IP(Integrated Power) Board form of inverter circuit is widely used in large area LCD TV(Greater than or equal to 40 in.). This scheme is Two Stage System and one inverter drives multi-lamp in a parallel circuit. This paper analyzes the conventional IP Board inverter controlled with Pulse Width Modulation (PWM), and its problems such as serious hard switching and excessive circulating energy can be solved by a proposed Pulse Count Modulation (PCM) scheme. To confirm the validity and superiority of the proposed system, theoretical analysis and experimental results are presented.

**Key Words** : PCM, Inverter, IP Board

## 1. 서 론

최근 멀티미디어 시대 및 디지털방송 시대를 맞이하

여 화면의 정보량이 기하급수적으로 증가하면서 고해상도와 대화면화의 요구가 거세지고 있다. 100인치급 패널이 개발되면서 대형화에 한계가 있다는 고정관념을 깨뜨린 LCD는 대형 TV 시장에서 PDP 업체들과 치열한 시장 경쟁을 하고 있다. 이러한 경쟁에서 우위를 점하기 위한 핵심은 백라이트의 가격 절감이다. 따라서 백라이트 유닛의 전력모듈 및 고전압 인버터의 고효율 및 통합형 저가 전력 전자시스템 구성이 절실히 요구되고 있다.

그림 1은 대화면 LCD TV의 구조를 나타내고 있다. 기존 LCD 백라이트 인버터는 3단 구조로 PFC단,

<sup>†</sup>교신저자 : 정회원, 국민대 전자정보통신공학부 조교수

E-mail : djhan@kookmin.ac.kr

<sup>\*</sup>학생회원, 국민대 전자공학과 석사과정

<sup>\*\*</sup>정회원, 삼성전기(주) P&M 사업부 책임연구원

<sup>\*\*\*</sup>정회원, 삼성전기(주) P&M 사업부 팀장

<sup>§</sup>정회원, 국민대 전자정보통신공학부 부교수

<sup>§§</sup>정회원, 국민대 전자정보통신공학부 교수

접수일자 : 2007. 8. 14

1차 심사 : 2007. 9. 3

심사완료 : 2007. 9. 14

DC/DC단, 인버터단으로 구성되어 가격이 높고 효율이 저감되는 문제점을 안고 있다. 따라서 최근 사용되고 있는 대화면 LCD 백라이트 인버터는 가격 경쟁력을 위해 IP Board로 변화되고 있는 추세이다. IP Board는 인버터 1개로 다수 개의 램프를 병렬 구동하면서 DC/DC단을 삭제한 Two Stage System 구조로 기존 인버터 시스템과는 달리 PFC 출력 전압인 약 400V의 DC 전압을 인버터의 입력 전압으로 사용함으로써 DC/DC단이 빠진 간단한 구조를 가진다.<sup>[1][3][4][6]</sup>

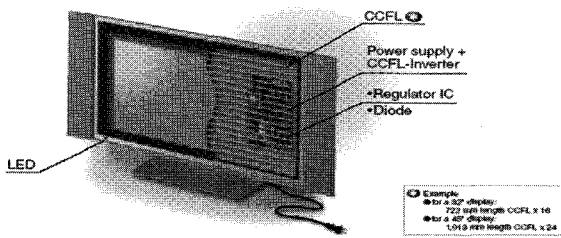


그림 1 대화면 LCD TV 구조  
Fig. 1 Structure of large area LCD TV

본 논문에서는 모든 인버터 구조에 적용 가능한 새로운 PCM 방식을 제안하고, 제안된 PCM 방식을 IP Board에 적용하여 이론적, 실험적 검증으로 제안 방식의 우수성을 검증하였다.

## 2. 종래 LCD 백라이트 구동 기술

### 2.1 Conventional PWM 방식

그림 2는 기존 IP Board 형태의 LCD 백라이트 인버터를 블록도로 나타낸다.

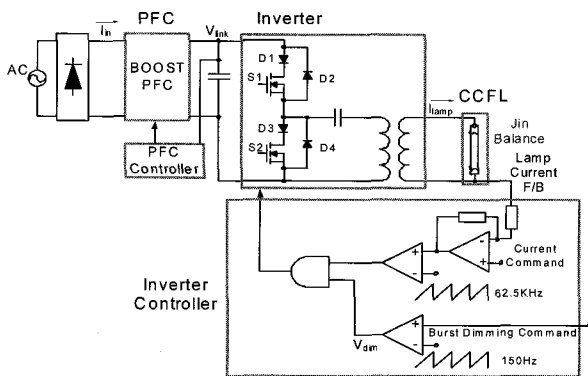


그림 2 기존 PWM 방식 인버터 블록도 (IP Board)  
Fig. 2 Block diagram of Conventional PWM Inverter (IP Board)

IP Board 형태의 LCD 백라이트용 인버터는 PFC단, 인버터단으로 구성되는데, 상용 AC 전압에서 PFC단을 거쳐 400V 정도의 DC 전압으로 변환되고, 변환된 DC 전압은 CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp) 구동을 위한 인버터단을 통해 CCFL 구동에 필요한 높은 AC 전압으로 변환되게 된다. 인버터는 램프의 전류를 검출하여 전류 명령을 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. 램프의 밝기 조절을 위해 영상부등 외부에서 인가되는 디지털 디밍 신호는 인버터 동작 자체를 150Hz의 주파수로 On/Off 하게 되는데, Enable 신호의 경우 램프 전류는 전류 명령을 추종하게 하여 램프를 점등시키고, Disable 신호의 경우 게이트 신호를 '0'으로 만들어 램프를 소등하는 동작을 주기적으로 반복함으로써 수행된다.<sup>[2][5]</sup> 즉, 램프의 순시 휘도는 PWM 제어에 의해 항상 일정하게 유지되는 상황하에 개루프로 인가되는 디지털 디밍 신호의 Enable과 Disable 신호의 시비율을 가변함으로써 램프 평균 휘도는 조절되게 된다.

### 2.2 Conventional PWM 방식의 단점

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

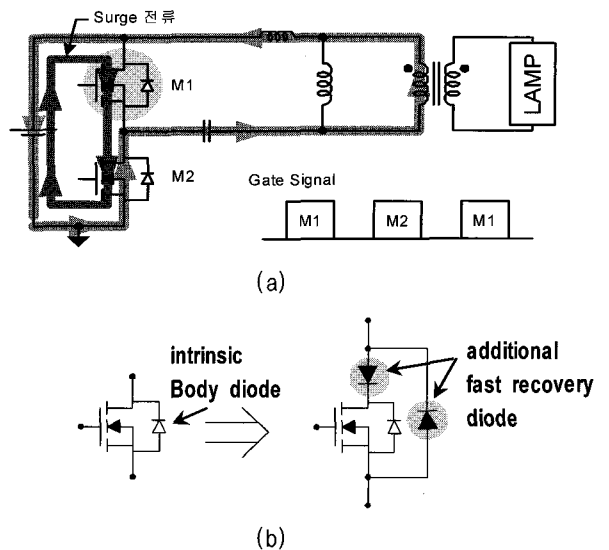


그림 3 기존 PWM 방식의 단점  
Fig. 3 Disadvantage of Conventional PWM Inverter

첫째, 하프브릿지 인버터 스위치의 역·병렬로 역 회복 특성이 우수한 다이오드가 추가되는 문제이다.

대부분의 MOSFET Body Diode는 역 회복 특성이 매우 느리다. 따라서 그림 3(a)와 같이 스위치 턴 온 시 순간적인 Short-Circuit 발생으로 인한 Surge성 전류가 매우 심각하다. 따라서 Surge성 전류로 인한 스위치 소손과 발열 및 신뢰성 저하 등을 개선하기 위해 그림 3(b)와 같이 스위치 주변에 역 회복 특성이 우수한 다이오드를 반드시 추가해야 한다.

둘째, 인버터 스위치의 구동 시비율은 마진을 고려해 보통 Normal 조건에서 35% 정도로 설계되고 시비율의 폭이 가변함에 따라 스위치 전류가 스위치 Body Diode를 통과하는 Circulating 구간이 길어짐으로 인해 도통손실이 증가하여 발열이 증가하고 효율이 저감될 수 있다.

셋째, 시비율이 35%정도로 낮으므로 모든 스위치는 항상 Hard Switching 동작을 하게 되며, 이로 인해 효율이 저감되고 Surge성 전류 및 전압 등이 발생하여 회로 노이즈 및 전자파 장애(EMI)가 상승할 수 있다.

넷째, 낮은 동작 시비율로 인하여 램프인가 전압의 기본과 성분이 작아 광 효율 및 휘도가 저감되고 턴비 증가에 따른 동선의 증가로 인하여 인버터 트랜스포머의 가격 상승을 야기한다.

### 2.3 Conventional PWM 방식 실험

그림 4는 기존 PWM 방식의 실험 파형이다. 위에서부터 게이트 신호, 램프 전류, 인버터 부의 트랜스포머 1차측 전압을 측정하였다.

첫 번째 게이트 신호를 보면 약 32~33%의 시비율로 동작하고 있으며 게이트 신호 사이 큰 Circulating 구간을 확인할 수 있다. 큰 Circulating 구간으로 인해 도통 손실이 커지게 된다.

두 번째 램프 전류 확대 파형을 보면 턴 오프 시 상당히 큰 전류에서 스위칭이 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 이는 턴 오프 시 스위칭 손실을 증가시키는 원인이 된다.

마지막 파형은 트랜스포머의 1차측 전압을 측정하는 것으로 모든 인버터 스위치가 Hard Switching하는 것을 확인할 수 있다. 뿐만 아니라, 스위치 오프 구간(Circulating 구간)에서 스위치의 기생 캐패시터와 트랜스포머의 누설 인덕턴스간의 공진으로 인하여 스위치의 기생 캐패시터가 지속적인 충·방전을 반복하는 것을 확인할 수 있다. 이는 기본과 성분의 크기를 작게 하는 근본적인 원인이 된다.

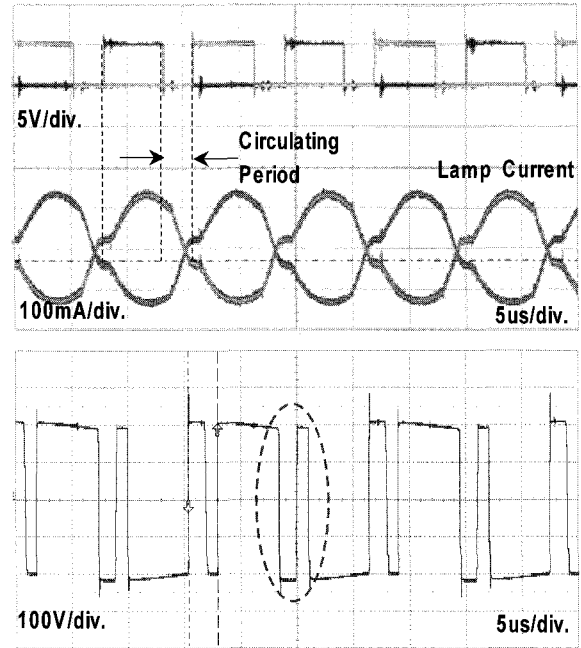


그림 4 기존 PWM 방식 실험 파형

Fig. 4 Experimentation Waveform of Conventional PWM Inverter

앞서 기존 PWM 방식의 문제점으로 지적되었던 큰 Circulating 구간, 영 전압 스위칭 실패, 작은 기본과 성분 등의 문제점들을 실험을 통하여 확인하였다.

## 3. 제안 LCD 백라이트 구동 기술

### 3.1 50% 고정 시비율 인버터 시스템

기존 PWM 방식의 문제점들이 시비율 가변에 따른 작은 시비율 구간에 원인이 있음을 확인하고 이를 해결하기 위해 50% 고정 시비율로 동작하는 인버터 시스템을 제안한다. 그림 5는 50% 고정 시비율로 인버터가 동작할 때 나타나는 특징들에 대해 정리한 것이다.

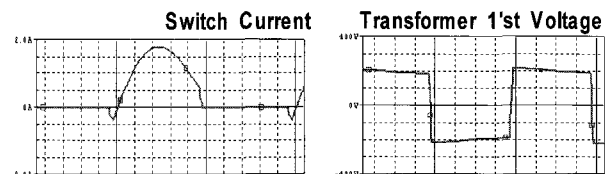


그림 5 50% 고정 시비율 인버터 시스템 특징

Fig. 5 characteristic of 50% Fixed duty Inverter System

기존 PWM 방식 대비 Circulating 구간이 거의 존재

하지 않을 정도로 줄어들었고 이로 인하여 모든 스위치의 완전한 영전압 스위칭 동작을 보장하게 되며 스위치 Body 다이오드의 역 회복 특성에 의한 문제가 없음을 확인할 수 있었다. 따라서 기존 회로에서 추가된 역·병렬 다이오드를 제거할 수 있다. 또한, 하프브릿지 입력 전압이 400V일 경우 트랜스포머 1차측에 인가되는 기본파 성분은 172.7V에서 256.6V로 약 50% 상승하여 광 효율의 상승 및 휘도의 증가를 가져올 수 있다.

하지만 50% 고정 시비율 인버터 시스템은 기존 PWM 방식의 램프 전류 제어가 불가능하기 때문에 새로운 방식의 램프 전류 제어를 필요로 하게 된다.

**3.2 제안 PCM(Pulse Count Modulation) 방식**

본 논문에서는 새로운 형태의 램프 전류 제어 방법으로 PCM 방식을 제안한다. 제안된 PCM 방식은 램프의 평균 전류를 제어하기 위하여 시비율이 고정된 펄스의 개수를 조정하는 방식이다.

즉, 인버터 부의 스위치를 고정 주파수 및 고정 시비율의 고주파 구동 신호에 의해 구동시키고 생성된 램프 전류의 펄스 개수를 평균 휘도 또는 평균 전류에 따라 페루프 제어하는 방식이다. 그림 6은 이해를 돕기 위해 기존 PWM 방식과 제안된 PCM 방식을 비교하여 설명한 것이다.

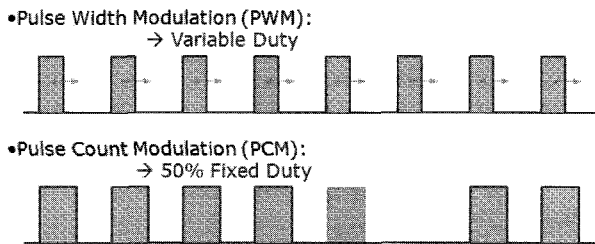


그림 6 PWM방식과 PCM방식 비교  
Fig. 6 Comparison between PWM and PCM

그림 7은 PCM 방식의 인버터 시스템을 블록도로 나타낸 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 페루프 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 페루프 제어를 하여 저주파의 PWM 신호를 발생시키고 이를 고주파수의 고정 시비

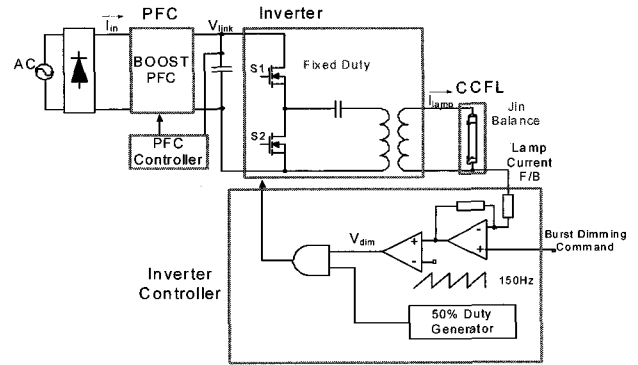


그림 7 제안된 PCM 방식 인버터 블록도 (Super IP Board)  
Fig. 7 Block diagram of Proposed PCM Inverter (Super IP Board)

율 신호와 논리 곱하여 램프를 구동함으로써 평균 휘도 및 평균 전류를 제어할 수 있다.

즉, PCM 방식은 인버터 시스템의 램프 전류 및 휘도를 제어하기 위해 인버터를 고정 주파수 및 고정 시비율로 구동시키고, 램프에 유입되는 평균 전류 또는 평균 휘도를 검출한 후 구동 인버터에 인가되는 디지털 디밍 신호를 제어하는 방식이다.

좀 더 자세히 살펴보면, 검출된 램프 전류가 전류 명령보다 클 경우 E/A의 출력은 작아지게 되고 이를 150Hz의 삼각파와 비교하여 150Hz의 구형파를 만들어내고 이를 50% 고정 시비율 신호발생기로부터 생성된 고주파수의 펄스와 논리곱하여 펄스의 개수가 줄어든 PCM 방식의 게이트 신호를 만들어낸다. 반대로 검출된 램프 전류가 전류 명령보다 작을 경우 E/A의 출력은 커지게 되고 이를 150Hz의 삼각파와 비교하여 150Hz의 구형파를 만들어내고 이를 50% 고정 시비율 신호발생기로부터 생성된 고주파수의 펄스와 논리곱하여 펄스의 개수가 늘어난 게이트 신호를 만들어 낸다.

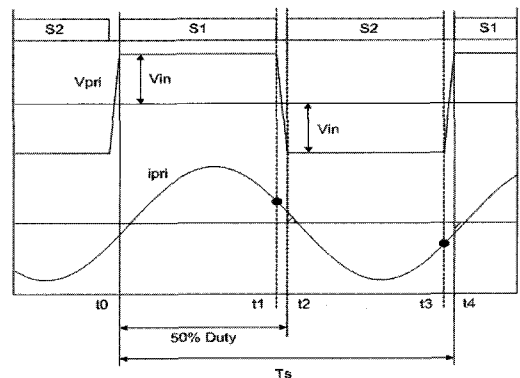


그림 8 제안된 PCM 방식 인버터 시스템의 주요 동작 파형  
Fig. 8 Main operating waveform of Proposed PCM Inverter

그림 8은 고정 주파수 및 50% 고정 시비율을 갖는 구동 신호에 의해 구동되고 있는 인버터부의 주요 동작 파형을 나타내고 있다. PCM 방식의 경우 고정 시비율로 동작하므로 인버터단의 모든 스위치들이 전 영역에서 영전압 스위칭이 보장되고 대부분의 입력 전력이 순환하지 않고 출력으로 모두 전달되어 도통손실 및 발열 특성 면에서 기존 PWM 방식 대비 우수한 장점을 갖는다. 뿐만 아니라 램프에 인가되는 기본파 성분이 극대화되어 램프 휘도를 극대화 할 수 있다.

#### 4. 실험 및 결과

##### 4.1 제안 PCM 방식 모의실험

3.2절에서 제안된 PCM 방식 인버터 시스템을 PSIM 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 모의실험은 40인치 LCD TV의 전원 시스템 동작 조건에 준하여 실시하였다. 표 1은 모의실험 사양을 나타내고 있다.

표 1 모의실험 설계 사양  
Table 1 Design Specification of simulation

Input Voltage	AC 90V
PFC 동작 Mode	CCM
PFC 링크전압	DC390V
인버터 동작주파수	62.5KHz
디밍주파수	150Hz
램프당 등가저항_초기 기동시	100KΩ
램프당 등가저항_Aging 후	50KΩ

그림 9는 모의실험에 사용된 회로이다.

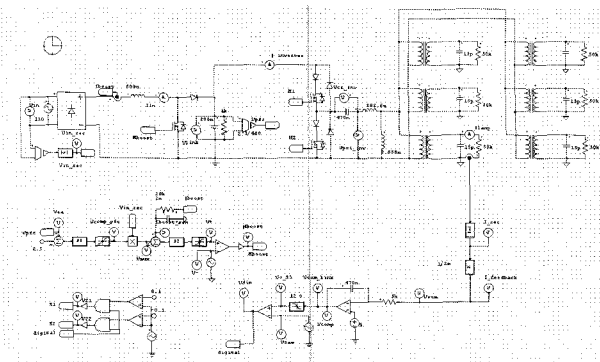
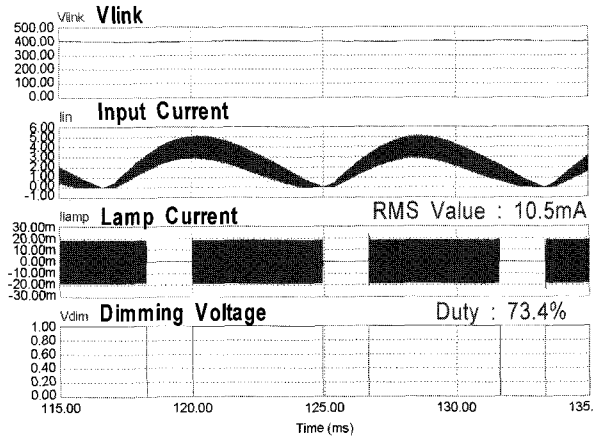
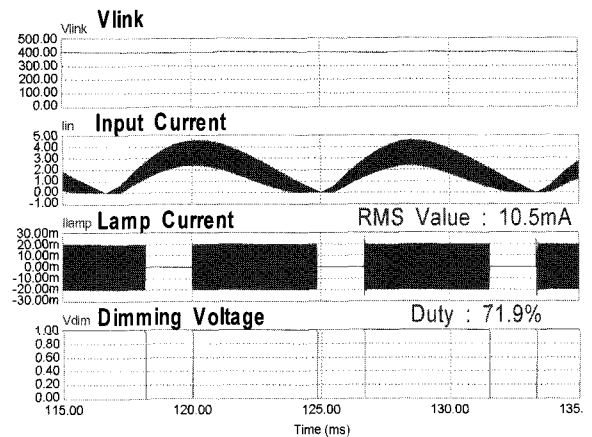


그림 9 제안된 PCM 방식 인버터 회로도 (모의실험)  
Fig. 9 Proposed PCM Inverter Circuit (Simulation)

제안된 PCM 방식의 램프 전류 제어 특성을 확인하기 위해 CCFL의 부저항 특성을 고려하여 두 가지 조건에서 모의실험을 실시하였다. CCFL의 램프 등가 저



(a) 초기 기동 시 모의실험 결과 (램프 저항 : 100KΩ)



(b) Aging 시 모의실험 결과 (램프 저항 : 50KΩ)

그림 10 제안된 PCM 방식의 모의실험 결과  
Fig. 10 Simulation Result of Proposed PCM Inverter

항 값을 초기 기동 시에는 약 100KΩ, Aging 후에는 약 50KΩ까지 낮아진다고 가정하고 모의실험을 진행하였다.

그림은 10은 모의실험 결과를 나타내고 있으며, 위에서부터 PFC 링크 전압(Vlink), 입력 전류, 램프 전류, 디지털 디밍 신호를 나타낸다. 모의실험 결과 모두 PFC 및 인버터 모두 잘 동작되고 있음을 확인할 수 있으며, 특히 Aging으로 인한 램프 등가 저항 값의 변화에도 전류 RMS 치가 일정하게 제어되고 있음을 확인하였다. 초기 기동 시에는 램프 저항 값이 크기 때문에 작은 전류가 흐르게 되고 이에 더 많은 개수의 펄스가 전달되도록 제어가 이루어지고 Aging 시에는 램프 저항 값이 작기 때문에 기동 시 대비 더 큰 전류가 흐르게 된다. 이에 보다 적은 개수의 펄스가 전달 되도록 제어가 이루어진다. 따라서 평균 전류가 일정

하게 유지되도록 제어가 이루어지는 것이다. 모의실험 결과 제안된 PCM 방식이 PWM 방식과 동일한 전류 제어 특성을 보임을 확인하였다.

**4.2 제안 PCM 방식 실험 결과**

그림 11은 제안된 PCM 방식의 실험 파형이다. 위에서 서부터 게이트 신호, 램프 전류, 인버터 부의 트랜스포머 1차측 전압을 측정한 것이다.

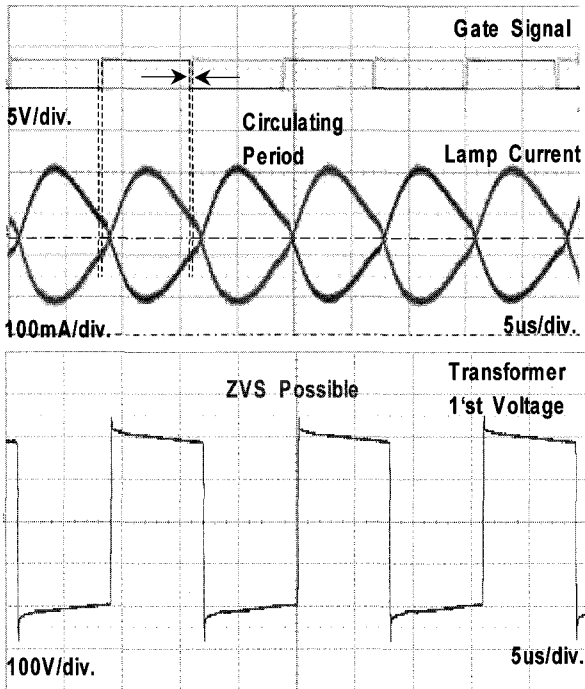


그림 11 제안된 PCM 방식 실험 파형  
Fig. 11 Experimentation Waveform of Proposed PCM Inverter

게이트 신호를 보면 50% 고정된 시비율로 동작하고 있어 게이트 신호 사이 Circulating 구간이 거의 없음을 확인할 수 있다.

두 번째 램프 전류 확대 파형을 보면 턴 온 시 완벽히 영 전압 스위칭이 이루어지고 있고 턴 오프 시 상당히 작은 크기의 전류에서 스위칭이 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 이는 기존 방식 대비 턴 온, 턴 오프 시 스위칭 손실을 크게 줄일 수 있다.

마지막 파형은 트랜스포머의 1차측 양단 전압을 측정한 것으로 스위치 오프 구간(Circulating 구간)이 크게 줄어들어 구형파에 가까운 파형을 보이고 있다. 이로 인해 기본파 성분의 크기가 커짐을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

앞서 기존 PWM 방식의 문제점으로 지적되었던 큰 Circulating 구간, 영 전압 스위칭 실패, 작은 기본파 성분 등의 문제점들이 모두 개선되었음을 실험을 통하여 확인하였다. 제안된 PCM 방식은 인버터를 50% 고정 시비율로 동작하기 때문에 기존 PWM 방식에서 제기되었던 문제점들이 모두 개선되고 다음과 같은 특징들을 가지게 된다.

첫째, 하프 브릿지 인버터의 스위치에 역, 병렬로 추가된 다이오드들을 제거 할 수 있으며, 둘째 작은 Circulating 구간과 함께 전 영역에서 모든 스위치의 영 전압 스위칭 동작을 보장하며 셋째, 큰 기본파 성분을 가지게 된다.

표 2는 제안된 PCM 방식의 Power Factor를 측정하여 정리한 것이다. 제안된 PCM 방식이 User측에서 요구한 Power Factor를 모두 만족하고 있으며, 기존 PWM 방식과 비교하였을 때 거의 동일한 특성을 보이고 있다.

표 2 제안된 PCM 방식 Power Factor 데이터  
Table 2 Power Factor Data of Proposed PCM Inverter

Vin (V)	PF(실험치)	PF(Spec)	측정조건
115	0.9911	>0.9	0.36A, Typ. Load
230	0.9746	>0.9	0.36A, Typ. Load

표 3 입력전압 가변에 따른 휘도 및 램프 전류의 크기  
Table 3 Brightness and Lamp Current at the variation of Input voltage

(a) 최대 디밍 전압 (3.1V 일 때)

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

표 3은 PCM 방식 인버터 시스템의 디밍 전압이 최대와 최소일 때 입력 전압 가변에 따른 평균 휘도 및 램프 전류의 RMS 치를 측정된 실험 데이터이다. 디밍 전압 최대와 최소로 나누어 실험을 실시하였고, 입력 전압은 370V, 390V, 410V 세 가지 경우에 대해 실험

표 4 기존 PWM 방식과 PCM 방식 인버터 시스템의 발열데이터  
Table 4 Thermal Data of conventional PWM Inverter and Proposed PCM Inverter

No	ITEM	PWM 방식		PCM 방식		기존 대비 온도 하강 폭
		2시간 aging 후	Δ℃	2시간 aging 후	Δ℃	
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	-	-	-
7	Diode (D2)	39.9	16.8	-	-	-
8	Diode (D3)	48.9	25.8	-	-	-
9	Diode (D4)	47.7	24.6	-	-	-
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 5 PCM 방식 인버터 시스템의 추가 발열 실험 데이터  
Table 5 Additional thermal data of Proposed PCM Inverter

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

하였다. 입력 전압의 가변에도 평균 휘도 및 램프 전류의 평균이 일정하게 유지됨을 확인하였다.

표 4는 기존 PWM 방식 인버터 시스템과 PCM 방식을 적용한 50% 고정 시비율 인버터 시스템의 발열 실험 데이터를 정리한 것이다.

기존 PWM 방식의 경우 스위치의 온도가 최고 45.3℃, 상온 대비 약 22.2℃의 결과를 보이고 있다. 하지만 PCM 방식은 스위치 온도가 약 37.5℃, 상온 대비 약 14.5℃의 결과로 기존 PWM 방식 대비 약 7.7℃ 개선된 결과를 얻을 수 있었다.

우수한 발열 실험 결과를 바탕으로 스위치의 방열판을 제거한 후 추가 발열 실험 진행하였고 인버터단의 스위치 발열 상태를 증점적으로 확인하였다.


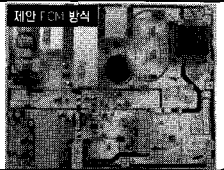
추가적인 발열 실험의 결과를 표 5에 정리하였다. 표 5의 데이터를 보면 방열판을 제거한 후의 발열 실험에서도 기존 PWM 방식과 거의 동등한 수준의 발열 특성을 확인하였다.

### 4.3 제안 PCM 방식과 기존 PWM 방식 비교

표 6은 각 방식의 특징들을 서로 비교 분석하였으며 기존 제품과 제안된 PCM 방식 시작품의 사진을 함께 첨부하였다. 인버터의 토폴로지는 모두 하프브릿지를 사용하였지만 기존 방식은 시비율을 가변하는 PWM 방식을 채택하였고, 제안 방식은 펄스 개수를 제어하는 PCM 방식을 사용하고 있다. 디지털 디밍은 기존 방식의 경우 개루프 형태로 제어가 이루어지지 않고 있지만 제안된 방식의 경우 램프의 평균 전류를 제어하게 된다. 고정 주파수와 50% 고정된 시비율로 인버터를 구동시킴으로써 제안된 PCM 방식은 기존 PWM 방식 대비 약 20%의 스위치 발열을 개선하였으며 이로 인하여 스위치의 방열판과 역·병렬로 추가된 다이오드를 제거할 수 있었다. 표 5에 첨부된 제안된 PCM 방식의 시작품을 보면 스위치의 방열판과 역·병렬로 추가된 다이오드가 제거되었음을 확인할 수 있다. 따라서 제안된 PCM 방식 인버터 시스템이 기존 PWM 방식 대비 우수한 특성을 가짐을 확인하였다.

표 6 기존 PWM 방식과 제안 PCM 방식 인버터 시스템의 특성 비교

Table 6 Characteristic comparison of conventional PWM Inverter and Proposed PCM Inverter

항 목	기존 PWM 방식	제안 PCM 방식
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
Sample 비교		

## 5. 결 론

기존 PWM 방식의 인버터 시스템은 시비율 가변에

따른 작은 시비율 때문에 인버터단 스위치에 흐르는 Surge 전류로 추가되는 다이오드, 큰 Circulating Energy, Hard 스위칭, 작은 기본파 성분의 문제점들을 안고 있다. 이로 인하여 전체적인 시스템 효율 및 발열 특성이 좋지 않았다.

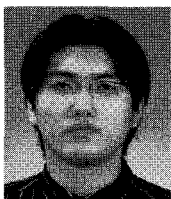
본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 시비율을 50%로 고정시키고 램프의 평균 전류를 제어하는 새로운 PCM 방식의 인버터 시스템을 제안하였다.

제안된 PCM 방식 인버터 시스템은 고정 주파수 및 50% 고정 시비율을 갖는 고주파 구동 신호에 의해 생성된 램프 전류의 펄스 개수를 평균 휘도 또는 평균 전류에 따라 폐루프 제어하는 방식으로 기존 PWM 방식의 여러 문제점들을 해결하였고, 이를 IP Board에 적용하여 모의실험과 시작품의 실험을 통해 제안 회로의 우수성을 증명하였다.

**참 고 문 헌**

- [1] Yu-Kang Lo, Kai-Jun Pai, Shang-Chin Yen, "A High-Voltage Input Backlight Module Driver for Multi-Lamp LCD Panels", Power Electronics and Drives Systems, 2005. International Conference on Volume 1, 16-18, pp. 663-665, 2006, Jan.
- [2] Bong-Soo Kim, et al., "High Power Dimming Control for a Large Area LCD Backlight" SID'03 Digest, pp. 1372-1375
- [3] 장영수, 윤 석, 권기현, 한상규, 홍성수, 사공석진, 노정욱 "대화면 LCD TV용 CCFL 병렬 구동에 관한 연구", 전력전자학회 논문지, pp. 454-462, 2006. 10.
- [4] "Microsemi Integrated Products", Microsemi Corporation Proprietary & Confidential Information.
- [5] Chang-Hua Lin, Ying Lu, and Kai-Jun Pai, "Digital-Dimming controller with current spikes elimination technique for LCD backlight electronic ballast", in Proc. IEEE Appl. Power Electron. conf., pp.153-158, 2004.
- [6] Abraham I. Pressman, "Switching Power Supply Design", McGraw Hill, pp.563-609, 1998.

**저 자 소 개**



**장영수(張榮洙)**

1978년 10월 17일 생. 2004년 대전대 전자공학과 졸업. 2003년~2005년 (주)필룩스 인버터개발팀 연구원. 2006년~현재 국민대 대학원 전자공학과 석사과정.



**노정욱(盧政煜)**

1971년 9월 10일 생. 1993년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기 및 전자 공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 전기 및 전자 공학과 졸업(공학). 2000년~2004년 삼성전자 (주) 영상 디스플레이 사업부 책임 연구원. 2004년~현재 국민대 전자정보통신공학부 부교수.



**홍성수(洪成洙)**

1961년 1월 25일 생. 1984년 서울대 전기공학과 졸업. 1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(공학). 1984년~1999년 현대전자(주) 정보통신 연구소 책임 연구원. 1999년~현재 국민대 전자정보통신공학부 부교수.



**사공석진(司空石鎭)**

1951년 3월 23일 생. 1976년 고려대 전자공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1985년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학). 1977년~1981년 모토로라코리아 응용전자연구실 선임연구원. 1990년~1991년 스위스 ETH초빙교수. 1989년~1992년 스위스 HTS 객원연구원. 1982년~현재 국민대 전자정보통신공학부 교수.



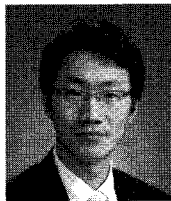
**김종덕(金鍾德)**

1975년 6월 8일 생. 1998년 수원대 전기공학과 졸업. 2000년 성균관대 전기공학과 졸업(석사). 2000년~2005년 한국항공우주산업 우주개발연구센터 전력계팀 선임연구원. 2005년~현재 삼성전기 Power 사업팀 책임연구원.



**이효범(李孝範)**

1956년 2월 18일 생. 1980년 항공대 전자공학과 졸업. 2002년~2005년 삼성전기 영상 Network사업본부 Digital사업부장. 2005년 1월~2005년 12월 삼성전기 RF사업부 Power사업팀장. 2006년~현재 삼성전기 Power 사업 팀장.



**한상규(韓翔圭)**

1973년 12월 13일 생. 1999년 2월 부산대 전기공학과 졸업. 2001년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 졸업(석사). 2005년 2월 동 대학원 전자전산학과 졸업(공학). 2005년 3월~2005년 8월 한국과학기술원 정보전자연구소 박사후연구원. 2005년 9월~현재 국민대 전자정보통신공학부 조교수.