

논문 2007-44IE-2-8

# LCD TV 백라이트 구동특성 개선을 위한 면광원 인버터 개발

(Development of Flat Fluorescent Lamp (FFL) Inverter for Improvement of LCD TV Backlight Driving Characteristics)

허 정 욱\*, 임 성 규\*\*

(Jeongwook Hur and Sungkyoo Lim)

## 요 약

본 논문에서는 Level Control Block (LCB)를 이용한 면광원 인버터를 개발하여 면광원을 이용한 LCD TV 백라이트의 구동 특성이 향상되었음을 확인하였다. 또한 LCB를 사용하여 면광원의 시동 시간, 휘도 안정화 시간, 전류의 크기를 조절할 수 있고 개선됨을 확인할 수 있었으며, LCB를 이용하여 면광원램프를 사용한 LCD TV용 백라이트를 넓은 온도범위에서 안정되게 동작시킬 수 있었다.

## Abstract

The inverter using level control block (LCB) was developed to drive LCD TV backlight using FFL light source. The FFL striking time, time for brightness stabilization, and lamp current of FFL backlight were shown to improve by applying LCB in the inverter. It was also shown that the stable driving of LCD TV FFL backlight with the inverter using LCB was possible over the wide temperature range.

**Keywords :** LCD, backlight, FFL, inverter, LCB

## I. 서 론

LCD(Liquid Crystal Display)의 대형화와 저가격화에 의해, LCD에서 가장 많은 부분을 차지하고 있는 백라이트 및 그 광원에 대한 관심이 점점 증가하고 있다. LCD는 직접 발광을 하지 못하는 수광 소자이기 때문에 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp), EEFL(External Electrode Fluorescent Lamp), FFL(Flat Fluorescent Lamp), LED(Light Emitting Diode) 등이 주요 광원으로 사용되고 있다. CCFL은 각 램프별로 인버터를 필요로 하기 때문에 단가 문제를 가지고 있

며, 이를 보완하기 위해 병렬 구동이 가능한 EEFL이 CCFL의 대안으로 많은 연구가 되고 있다. FFL은 광원 전체가 하나의 램프이면서 외부전극을 가지고 있기 때문에 EEFL과 같이 1개의 인버터만을 필요로 하며, 또한 구조가 단순하고, 빛이 균일하게 발광하기 때문에 고가의 광학 필름을 사용하지 않고도 높은 휘도와 균일도를 얻을 수 있어, 기존 CCFL을 사용한 BLU(Back Light Unit)와 비교했을 때 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 CCFL, EEFL, FFL은 모두 램프 내부에 봉입되어 있는 수은으로부터 방출되는 자외선을 이용하여 빛을 내는 메커니즘을 가지고 있어 상온에서는 최적의 광효율 특성을 보여주고 있으나, 온도에 민감하게 동작을 하기 때문에 램프의 구동 조건에 따라 상온 또는 저온에서 구동 조건이 달라진다. 상온에서 최적 휘도 조건에 도달하거나 저온에서 시동 및 구동을 위해서는 램프에 적절한 전압, 전류를 인가해야만 한다. CCFL과 EEFL은 구동 펄스의 파형에 따라 최적의 구동 특성을

\* 정희원, 단국대학교 전자컴퓨터공학과  
(Dep. of Electronics and Computer Eng. Dankook University)

\*\* 정희원, 단국대학교 전자공학과  
(Dep. of Electronics Eng. Dankook University)

접수일자: 2007년4월10일, 수정완료일: 2007년6월7일

보여주고 있는데 CCFL의 경우는 사인파(정현파)를 EEFL의 경우에는 구형파(펄스파)로 구동하는 것이 광 효율 달성에 좋은 것으로 연구되고 있다.<sup>[1][2]</sup> LCD TV 용 인버터는 특별한 기능의 부여 없이 시동, 구동, 밝기 조정 등의 기본 기능이 요구되어 왔지만 근래의 LCD TV는 고화질에 따른 고휘도 특성과 빠른 휘도 안정화 특성들을 요구하고 있다. 이러한 구동 특성은 광원자체의 특성으로 구현하기는 힘들기 때문에 인버터상의 추가 기능으로 보완하여 구동을 해야 한다.

이러한 수은 방전을 이용한 램프들의 구동 특성 향상을 위해 새로운 구동 제어 방법을 제안하며, 또한 외부전극 면광원 램프를 이용하여 그 동작 특성을 확인하였다.

## II. 본 론

### 1. Function of Inverter

CCFL, EEFL, FFL은 모두 수은 방전을 이용하여 적정온도에서 최적의 광효율을 달성하고 있으며, 특히 EEFL, FFL은 외부전극을 사용하기 때문에 그림 1, 그

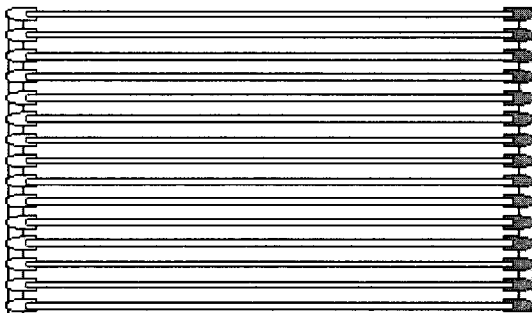


그림 1. EEFL 병렬 결선 방법  
Fig. 1. EEFLs connected in parallel.

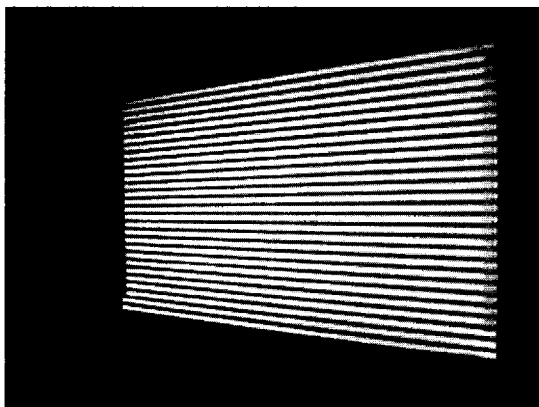


그림 2. FFL의 채널 및 전극 구조  
Fig. 2. FFL channels and electrode.

표 1. 인버터 기능

Table 1. Function of inverter.

No	Function	Remarks
1	Operating temperature range	-20 ~ 50 °C
2	Warm-up time	~ 5 minute

림 2와 같이 다수의 램프 또는 채널을 병렬 구동할 수 있기 때문에, 백라이트 가격 하락 및 LCD TV 대중화에 많은 도움이 될 것으로 기대되고 있다. 외부전극 형광램프의 경우 초기 휘도 안정화 및 저온 시동, 구동에 어려움을 가지고 있다. 최근 LCD TV용 인버터에서 요구되는 사항을 정리하면 표 1과 같다. 표 1에서 요구하는 -20 °C 에서의 저온 시동 및 구동과 상온에서의 빠른 휘도 안정화 특성을 외부전극 면광원 백라이트에 적용하기 위해 새로운 구동 방법을 제안하고 테스트 하였다.

### 2. 제안된 인버터의 구성

상온에서 빠른 휘도 안정화 동작 특성을 가져야 하고 저온에서의 시동 및 구동 시에는 높은 전압, 전류를 인가해야 하기 때문에 인버터는 정상 조건과 이상 조건에서 모두 안정적인 동작을 해야만 한다. 외부 전극 램프의 전압, 전류를 향상 시키는 방법은 인버터의 구동 주파수를 변경하는 방법과 인버터의 On/Off 듀티를 조절하는 방법 등이 있으며, 주파수를 조절하는 방식의 경우 최초 점등 주파수와 정상 구동 주파수간에 주파수 차이가 발생하므로 화면 품질에 이상을 줄 수 있는 문제를 가지고 있다. 그래서 듀티폭 조절방식을 적용하면, 상온 구동과 저온 시동, 구동 및 상온에서의 안정화 시간 확보까지 할 수 있어, 한 개의 회로를 이용하여 다양하게 적용이 가능하다. 수은을 주 방전 가스로 사용하는 대부분의 냉음극 형광램프들은 정상온도에서의 점등 특성과 저온에서의 점등 특성에 차이가 있으므로 인버터 상에서 구동 조건에 따른 구동 설정을 필요로 한다.

그림 3은 본 논문에서 제안 하는 인버터의 블록 다이어그램으로 인버터는 크게 3부분으로 구성되어 있다. 인버터의 구성은 LCB(Level Control Block), 풀 브리지 인버터(Full bridge inverter), 승압 변압기(Step-up transformer)로 구성되어 있다. LCB는 인버터의 핵심 컨트롤부로 인버터에서 출력되는 전압, 전류, 주파수 신호를 모두 제어하는 부분으로 마이크로 컨트롤러에 의

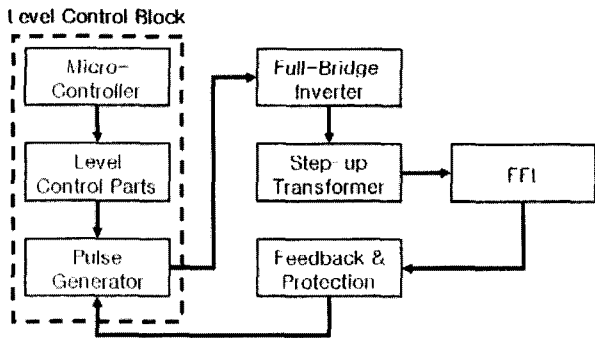


그림 3. 인버터의 구성  
Fig. 3. Block diagram of inverter.

해 제어되며, 설정된 조건에 따라 인버터를 제어하여 외부 전극 형광램프가 최적의 조건에서 구동이 가능하도록 컨트롤한다. 인버터는 풀 브리지 구동방식으로 구성되어 있어, 큰 전력의 안정적인 변환이 가능하며 특히 다른 구동 방식에 비해 듀티 변화 및 입력 전압 변동에 대해 뛰어난 안정성을 가지고 있다. 스텝-업 변압기는 풀 브리지 인버터에서 AC로 변환된 전압, 전류를 램프 점등이 가능하도록 고압의 전압, 전류로 변환시켜 주며, 변압기는 구동의 안정성 확보를 위해 각각의 램프 및 백라이트의 특성에 맞추어 주어 낮은 턴 수 및 턴 비에서도 저온 구동이 가능하다. 또한 변압기의 부하 매칭 상태에 따라 인버터 자체의 효율에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 변압기의 특성에 의해 인버터의 구동 주파수는 각 램프에 따라 최적 범위가 있으나, 가장 일반적인 인버터의 구동 주파수 범위는 40 kHz 에서 70 kHz 의 주파수 영역을 사용한다.

그림 4와 그림 5는 LCB 블록의 개념도와 실제 회로로 구현된 간략 도면이다. 물탱크에서 압력차에 의해 높은 곳에서 낮은 곳으로 물이 흐르게 되는데 이 원리를 LCB에 적용하여 LCB의 레벨 조절을 통해 램프의 구동 전압, 전류를 컨트롤하며 또한 인가 시간의 조절도 가능하다. LCB는 펄스제너레이터 (Inverter controller)와 마이크로컨트롤러가 서로 연동되어 동작하고 있으며, 마이크로컨트롤러의 동작 제어에 의해 상온 Warm-up 과 저온 구동 시 램프의 깜박임이나 흔들림 없이 정밀한 전압, 전류의 제어가 가능하다. 마이크로컨트롤러를 사용하지 않고 단순하게 몇 단계의 구동을 필요로 하는 경우에는 OP AMP 나 비교기 등을 사용하여 원하는 시간 동안 원하는 만큼의 전압, 전류 제어가 가능하나, 실제로 시간과 전압, 전류를 동시에 제어하기는 어려우므로 제안된 LCB를 사용하는 경우 동작 시간과 함께 램프에 인가되는 전압, 전류의 양까지

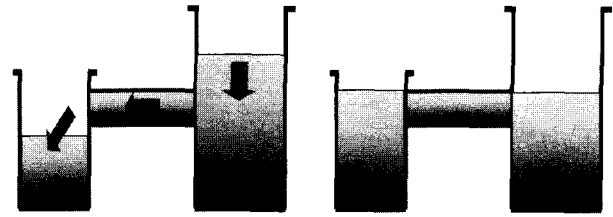


그림 4. LCB 의 개념도  
Fig. 4. Concept of LCB.

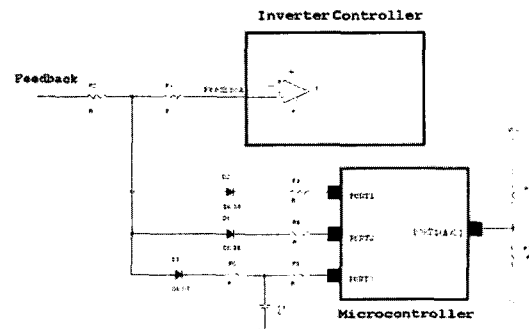


그림 5. LCB 기본 회로  
Fig. 5. Basic circuit of LCB.

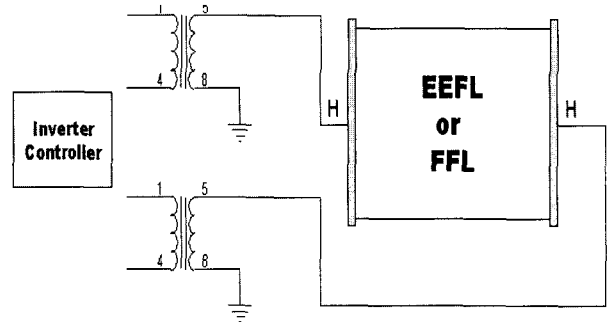


그림 6. 인버터와 EEFL, FFL 결선 방법  
Fig. 6. Wiring of EEFL or FFL with inverter.

도 제어가 가능하므로 구동 특성 개선과 함께 여러 가지 형광 램프 제어에 적용이 가능하다.

그림 6은 외부 전극 램프의 구동 결선 상태를 보여주고 있다. 외부전극 램프의 특성상 CCFL과 같은 HOT-COLD 방식의 구동을 적용하는 경우 HOT-COLD 간의 전류 누설로 인한 휘도 편차가 크게 발생하여 백라이트 상에서의 휘도 품질 저하를 발생시킨다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해 최근의 CCFL, EEFL, FFL 구동용 인버터의 경우, 그림 6과 같이 램프의 양쪽 전극에 2개의 변압기를 사용하여 양쪽 전극이 접지를 기준으로 높은 전압이 인가될 수 있는 HOT-HOT 구동 방식을 사용하며, 이 방식은 패널의 휘도 편차를 줄일 수 있으며, 램프의 중앙부를 가상 접지로 사용하게 된다.<sup>[3][4][5][6]</sup>

### III. 테스트 결과

제안된 LCB를 이용하여 32인치 외부전극 면광원 램프의 구동 특성을 측정 평가 하였다. 그림 7과 그림 8은 제안된 LCB를 사용하여 정상 구동 시와 빠른 휘도 안정화를 위한 Warm-up 동작 수행시의 램프 전압, 전류 파형을 보여주고 있다.

그림 7은 빠른 휘도 안정화를 수행하기 위해 Warm-up 동작을 수행하므로 그림 8 보다 높은 전압, 전류를 면광원 램프에 인가하고 그림 8은 Warm-up 동작을 수

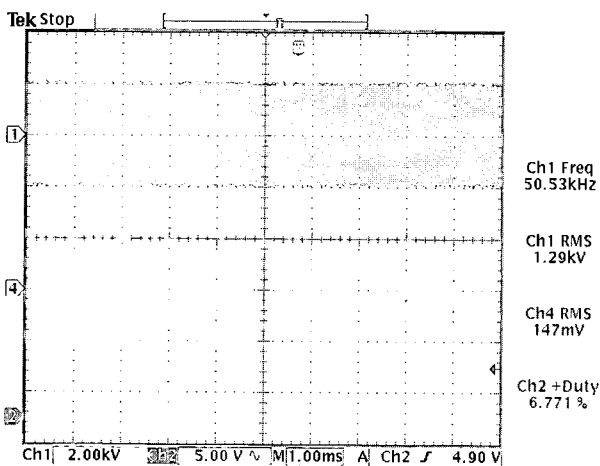


그림 7. Warm-up 동작 시 램프 전압, 전류 파형  
CH1 : 램프 전압 파형, CH4 : 램프 전류 파형  
CH2 : LCB 출력 제어 신호

Fig. 7. Warm-up mode lamp waveforms.  
CH1 : lamp voltage, CH4 : lamp current  
CH2 : LCB control pulse

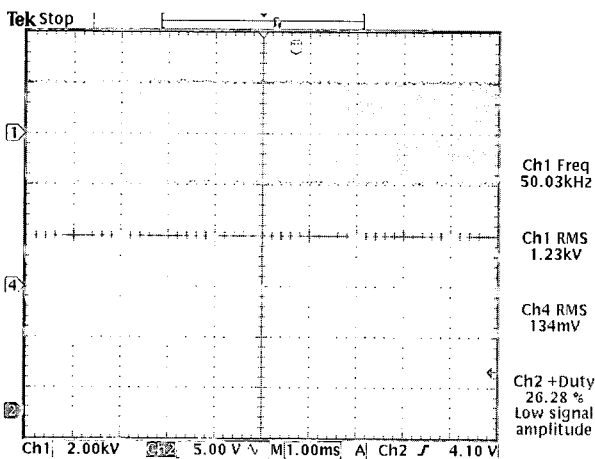


그림 8. Normal mode 동작 시 램프 전압, 전류 파형  
CH1 : 램프 전압 파형, CH4 : 램프 전류 파형  
CH2 : LCB 출력 제어 신호

Fig. 8. Normal mode lamp waveforms.  
CH1 : lamp voltage, CH2 : lamp current  
CH2 : LCB control pulse

행한 후 정상 구동 전압 전류로 낮아진 것을 보여 주고 있다. 이때 그림 7, 그림 8의 CH2 는 LCB를 제어하는 컨트롤 신호의 동작 방법을 보여주고 있다. 마이크로컨트롤러에서 출력되는 제어 신호에 의해 펄스제너레이터는 출력 시간과 출력 전력의 양을 제어하므로 깜박임이 없는 안정적인 램프의 전력제어가 가능하다.

그림 9는 LCB를 사용하여 램프 시동 시 램프에 인가되는 전압, 전류의 인가 모습을 보여주고 있다. 수은 가스를 사용하는 대부분의 형광램프는 초기 시동 시 높은 전압, 전류를 인가해서 램프를 점등시키는데, 이때 램프에 인가되는 전압뿐만 아니라 램프에 인가되는 시간도 매우 중요하다. LCB를 적용하면 램프 시동 시 램프에 인가되는 전압의 크기뿐만 아니라 인가 시간까지 제어가 가능하기 때문에 EEFL 백라이트와 같이 다수의 램프를 병렬로 구동하는 방식에 매우 적합함을 알 수 있다.

그림 10은 제어 컨트롤러에 가장 많이 사용하는 기존

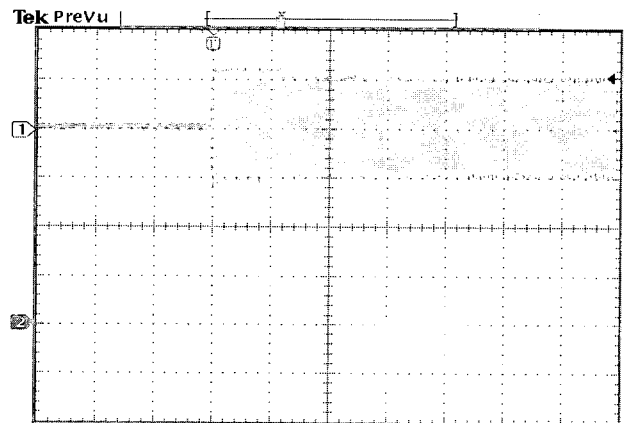


그림 9. 시동 전압, 전류 파형  
상: 램프 시동 전압 파형, 하: 전류 파형

Fig. 9. Start-up waveforms.  
Top : lamp voltage, bottom : lamp current

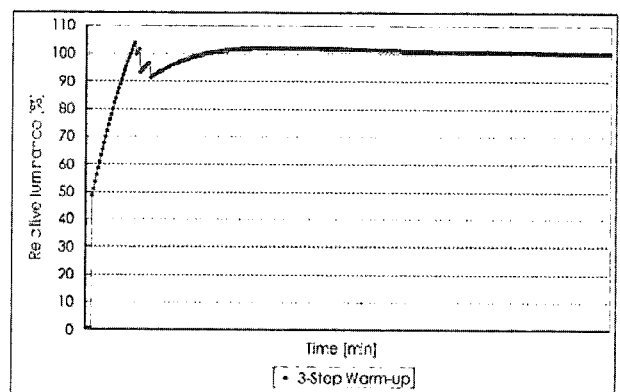


그림 10. 기존 3단 듀티 조정 Warm-up 방식  
Fig. 10. Conventional 3-step duty control warm-up.

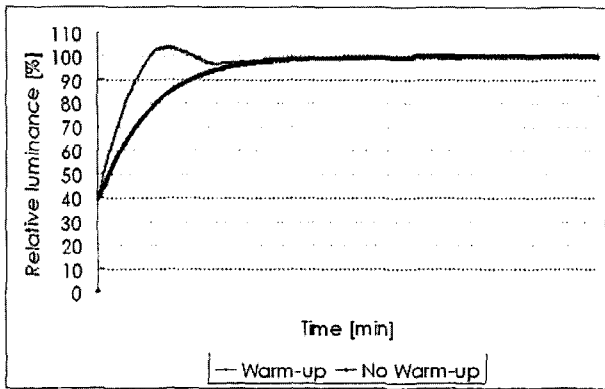


그림 11. LCB 를 사용한 Warm-up 특성 개선  
 Fig. 11. Improved warm-up characteristics using LCB.

의 OP AMP나 비교기를 사용하여 단순하게 듀티를 가변 하는 방식을 적용한 외부전극 면광원 램프의 Warm-up 시 휘도의 변화 특성을 보여주고 있다. 그림 10과 같이 단순하게 듀티만을 변경하면 급격하게 램프의 전류가 달라지며, 급격한 전류의 변화에 의해 램프의 휘도도 함께 급변한다. 이러한 방식은 백라이트 상에서의 급격한 휘도 변화를 유발시키는 원인이 되어 LCD TV용 백라이트에 적용하기는 어렵다. 또한 시간 조절이 원활하지 않기 때문에 잠깐 동안의 동작은 가능하나, 좀 더 긴 전류 인가 시간이 필요한 경우에는 적합하지 않다.

그림 11은 앞에서 설명한 바와 같이 LCB를 이용한 외부전극 면광원 램프의 Warm-up 특성을 보여주고 있다. 외부 전극 면광원 램프 에서 Warm-up 기능을 설정하면 사용하지 않을 때와 비교해서 빠른 속도로 정상 안정화 휘도까지 도달하는 것을 알 수 있다. 또한 휘도의 연속 측정을 통해 확인한 결과 깜박임 없이 부드럽게 안정화 되고 있음을 알 수 있다.

외부 전극 면광원 램프를 저온에서 구동하기 위해서는 상온 구동시보다 높은 입력전압과 입력전류를 필요로 한다. LCD TV에 적용되는 백라이트는 깜박임 발생하면 안 되기 때문에 높은 전압, 전류에서 시동을 하더라도 램프 전압, 전류가 안정적으로 낮아져야 한다. 급격한 듀티 변화는 깜박임과 어른거림을 발생시키므로 정밀한 듀티 제어를 통해서 휘도의 급격한 변화를 최소화 하는 것이 관건이다. LCB는 그림 11과 같이 사용자의 설정 방법에 따라 램프에 인가되는 전압, 전류 및 펄스 인가 시간을 제어할 수 있기 때문에, 특히 저온 구동시에 적합하다. 그림 12와 그림 13은 LCB를 이용하여 저온에서 램프에 인가되는 전압, 전류의 파형을 보여주고 있다. 그림 12와 그림 13에서의 전압, 전류 파형과

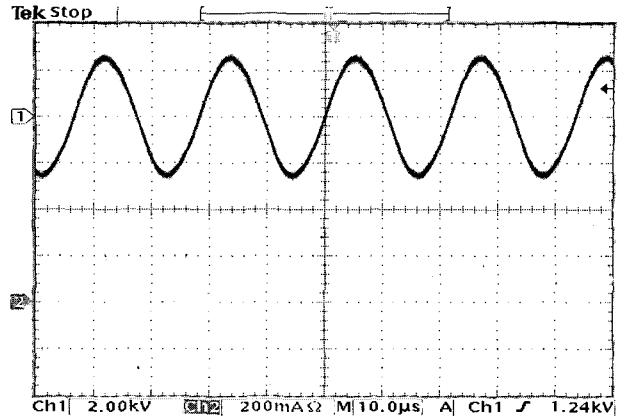


그림 12. 저온 구동시 램프 전압, 전류 파형  
 CH1: 램프 전압 파형, CH2: 램프 전류 파형  
 Fig. 12. Low temperature lamp waveforms.  
 CH1 : lamp voltage, CH2 : lamp current

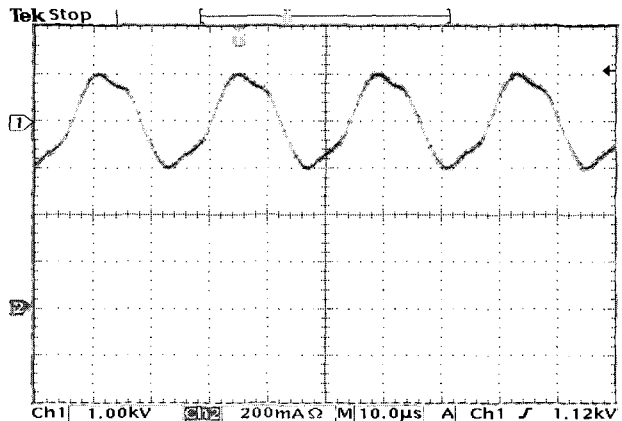


그림 13. 저온 구동시 램프 전압, 전류 파형  
 CH1: 램프 전압 파형, CH2: 램프 전류 파형  
 Fig. 13. Low temperature lamp waveforms.  
 CH1 : lamp voltage, CH2 : lamp current

같이 저온 구동 시에도 LCB 구동 펄스가 인가되며, LCB 펄스에 따라 저온에서 구동되는 시동 및 구동시의 전압, 전류의 크기가 제어 되어, 원활하게 저온에서 구동이 가능한 것이다.<sup>[7]</sup> 그림 12와 그림 13에서 보는바와 같이 초기 높은 램프 전압, 전류가 낮아져 램프 인가 전압, 전류의 크기가 변화됨을 보여주고 있으며, 고정 주파수를 사용하고 있음을 확인할 수 있다. 그림 14는 외부전극 면광원 램프를 LCB를 사용하여 저온 챔버에서 테스트시 안정적으로 시동됨을 보여주고 있다.

LCB는 펄스제너레이터에 피드백 되는 램프 전류신호를 직접 제어하므로, 인버터의 DC 입력 전압의 변화와 같은 외부 변화에 빠르게 반응할 수 있어, 항상 램프의 안정적인 구동이 가능하다. 또한 피드백을 조절하므로 기존 저온 구동을 위해 변압기의 턴 비 증가에 의한 효율의 저하 없이 원하는 전압, 전류의 증감이 가능하

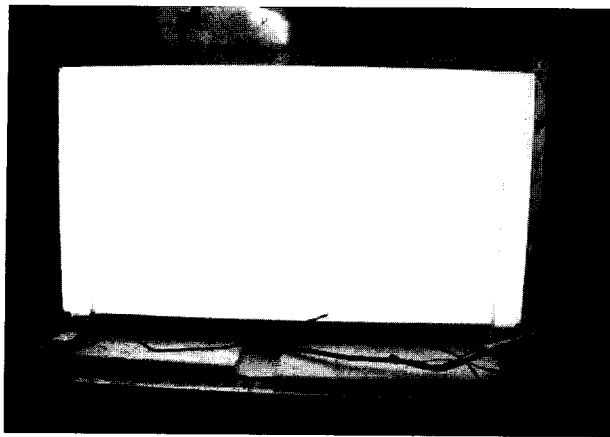


그림 14. 면광원백라이트 저온 구동 사진  
Fig. 14. FFL backlight driving at low temperature.

표 2. 변압기 턴 비에 따른 BLU 상대 휘도 비교  
Table 2. Turn ratio vs. BLU brightness efficiency.

Type	변압기 턴 비 (Trans. turn ratio)	BLU 상대 휘도 비교 (Relative efficiency)
#1	34 : 1	100 %
#2	38 : 1	96 %

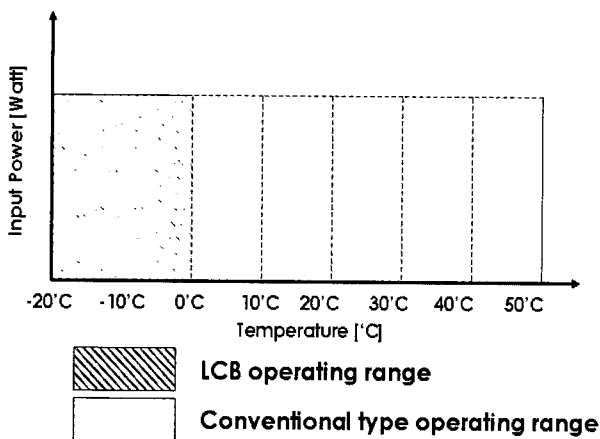


그림 15. FFL의 동작 온도 범위  
Fig. 15. Operating temperature range of FFL.

므로 변압기 턴 비 상승에 의한 인버터에서의 효율 저하를 최소로 할 수 있다.

표 2에서와 같이 변압기 Type #1은 LCB를 사용하여 저온에서 시동, 구동이 가능하고 변압기 Type #2는 LCB 기능이 없는 인버터를 이용하여 저온에서 구동이 가능하다. 그러나 BLU에서의 상대 휘도를 비교해 보면 변압기 Type #1을 사용할 경우 변압기 Type #2보다 약 4% 휘도 상승효과가 있는 것으로 측정되었으며, LCB를 적용하면 더 낮은 턴 비로도 동일한 조건에서

저온 구동이 가능하고 인버터의 경우 휘도 효율도 높아짐을 확인하였다.

그림 15는 LCB를 사용하여 증대된 외부전극 면광원 램프의 증가된 동작 범위를 보여주고 있다.<sup>[8]</sup> 기존 인버터에서의 구동 범위는 상온에서 0°C 범위까지 가능했으나 LCB를 적용함으로써 -20°C까지 면광원 램프를 원활하게 구동할 수 있었다.

#### IV. 결 론

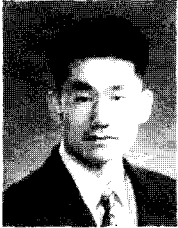
LCB를 이용하면 외부 전극형 면광원과 같은 수은 사용 램프의 온도 동작 영역을 확장시켜 줄 수 있으며, 상온에서의 Warm-up 특성과 저온에서의 시동 및 구동 특성 개선에 탁월한 효과가 있음을 확인하였다. 구체적으로 상온에서의 Warm-up 시간을 기존 인버터보다 단축할 수 있었으며 면광원 램프의 구동 온도 동작 범위를 증가시킬 수 있었다. 또한 각 동작영역에서 전압, 전류 변화에 의한 BLU 상에서의 급격한 휘도 변화를 방지할 수 있음을 확인할 수 있었으며 LCB를 이용하여 다양한 방법으로 LCD TV용 인버터의 구동 제어에 적용이 가능함을 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김영미, 권남욱, 조광섭 “외부전극 형광램프 백라이트의 구형과 구동”, 한국진공학회 Vol. 12, No. 1 pp46-50, 2003년
- [2] H.S. Kim, et al., SID Symposium Digest 32, pp. 687-689, 2001.
- [3] 조현창, 임영철, 양승학, 박연도, “37인치 LCD TV 용 백라이트 시스템에 관한 연구”, 전력전자학회 추계학술대회 논문집, pp106-109, 2004.
- [4] 윤창선, 조현창, 허동영, 김광현, 임영철, “대화면 LCD TV를 위한 CCFL 백라이트 인버터에 관한 연구” 전력전자학회논문지 제11권 제6호, pp502-507, 2006.
- [5] 권기현, 한재현, 임영철, 양승학, “대형 LCD 백라이트용 멀티램프 구동 인버터 설계”, 전력전자학술대회 논문집, pp340-343, 2001.
- [6] 전영태, 임성규, “LCD TV용 고균일도 백라이트 구동을 위한 Differential Driving 인버터”, 한국마이크로전자 및 패키징학회 논문집, Vol.11, No. 2. pp37-41, 2004.
- [7] 조규민, 오운식, 문건우, 박문수, 이상길, “외부전극형광램프의 저온 구동을 위한 새로운 백부스트 하프브리지 인버터”, 전력전자학술대회 하계 논문집 pp387-389, 2006년 6월22일~6월 24일

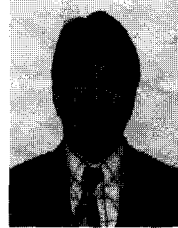
[8] J. W. Hur, The 6th IMID and the 5th IDMC  
Conference Digest, pp1725-1728, 2006.

— 저 자 소 개 —



허 정 욱(정회원)  
1998년 2월 단국대학교 공학대학  
전자공학과 학사 졸업  
2000년 2월 단국대학교 전자  
컴퓨터공학과 석사 졸업  
2000년 3월~현재 단국대학교  
전자컴퓨터공학과 반도체,  
디스플레이 전공 박사 과정

<주관심분야 : LCD, 인버터, 백라이트 유닛, 면광  
원램프, 무수은램프>



임 성 규(정회원)  
1993년 오레곤주립대학교 전기  
컴퓨터공학과 공학박사  
1982년 2월~현재 단국대학교  
전자컴퓨터공학부 교수  
2005년~현재 단국대학교  
누리 사업팀장

2005년~현재 충남디스플레이협력단  
대외협력사업단장

2003년~현재 Society for Information Display  
(SID) Academic Committee Chair (국제  
정보디스플레이학회 아카데미위원회  
위원장)

1996년~2000년 차세대평판디스플레이개발사업  
PDP 사업부장

<주관심분야 : LCD 백라이트, LED 램프 및 응  
용, 특수용 고휘도 백라이트>