

## 면광원을 이용한 LCD 백라이트의 저온구동특성 향상을 위한 인버터 개발

허정욱 · 임성규\*

단국대학교 정보디스플레이 연구소

### Development of Inverter for Improvement of Low Temperature Operation of LCD Backlight using Flat Fluorescent Lamp (FFL)

Jeong-Wook Hur and Sung-Kyoo Lim\*

Information Display Research Center, Dankook University

**초 록 :** 수은의 방전을 이용하는 CCFL, EEFL, FFL은 그 특성상 상온에서의 구동 특성과 저온에서의 구동 특성이 매우 다르며, 그 결과 수은 증기압이 충분하지 않은 저온에서 구동 시 완전 점등하지 못하고 램프별로 또는 방전 채널별로 불 균일 점등이 발생할 수 있다. 이러한 저온 시동의 어려움을 해결하기 위해, 본 논문에서는 Level Control Block (LCB) 를 포함하는 인버터를 이용하여 저온 -20°C 에서 최대 130 Watt로 제한된 입력전력을 이용하여 외부 전극형 면광원 램프를 이용한 LCD 백라이트가 안정되게 동작될 수 있음을 확인하였다.

**Abstract :** The CCFLs, EEFLs and FFLs use mercury and the operating conditions are different at warm or cold temperature. At start of operation, there may exist a possibility of inhomogeneous operation of lamps or channels of FFL to the very low vapor pressure of mercury at low temperature. In this paper, an inverter with level control block (LCB) was developed to drive LCD backlight using FFL stably at low temperature range. The operation of FFL backlight at -20°C was successfully demonstrated by developing inverter with LCB under 130 Watt of power consumption.

**Keywords:** 외부전극 형광램프, 면광원 램프, 인버터, 백라이트 유닛, 전력 제어, 저온 구동

### 1. 서 론

LCD(Liquid Crystal Display)의 구성 요소 중 가장 중요한 BLU(Backlight Unit)은 수광 소자인 LCD의 배면광원을 수납하는 역할을 한다. 현재 LCD TV용 광원으로는 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp), EEFL(External Electrode Fluorescent Lamp), FFL(Flat Fluorescent Lamp), LED(Light Emitting Diode) 등이 사용되고 있다.

FFL은 광원 전체가 하나의 램프 이며 내부에 다

수의 채널을 가지고 있는 단순 구조로 인해 고가의 광학 필름을 사용하지 않고도 높은 균일도와 휘도를 얻을 수 있으며 램프의 제작 및 BLU 조립이 용이하고 EEFL과 같은 외부전극을 채용하여, 기존 CCFL을 사용한 BLU와 비교했을 때 많은 장점을 가지고 있다. CCFL, EEFL, FFL은 모두 수은 방전을 이용하여 적정온도에서 최적의 광효율을 달성하고 있으며, 수은 가스는 온도에 민감하게 동작을 하기 때문에 상온에서 최적 휘도에 도달하거나 저온에서 시동 및 구동을 위해 적절한 전압,

\*Corresponding author  
E-mail: limsk@dankook.ac.kr

전류의 인가를 필요로 한다. 1<sup>3)</sup> 기존에 사용되던 인버터의 경우 특별한 기능의 부여 없이 시동, 구동, 밝기 조정 등의 기본 기능이 요구되어 왔지만 근래의 LCD-TV는 고화질, 빠른 휘도 안정화 등을 요구하고 있다. 본 논문에서는 수은 방전을 이용한 외부 전극형 면광원 램프의 전력 제어를 통한 구동 특성 개선 방법에 관하여 제안하였다.

## 2. 외부 전극형 면광원 램프

### 2.1. 외부 전극 형광램프

EEFL은 전극이 유리관 외부에 있기 때문에 전극의 스퍼터링에 의한 전극 손상이 발생하지 않고, 외부 전극과 유리관 사이의 커패시턴스에 의해 램프에 흐르는 전류가 제한되어 램프 점등 시 다수의 램프를 1개의 인버터에 병렬로 연결하여 구동이 가능하다. 이러한 특성에 의해 인버터를 단순화시킬 수 있는 장점이 있다. EEFL은 Fig. 1과 같이 다수의 램프를 1개의 전극에 병렬로 연결하여 구동하는 방식을 사용한다. FFL도 외부전극을 사용하므로 EEFL과 기본적인 구동 특성은 동일하다.

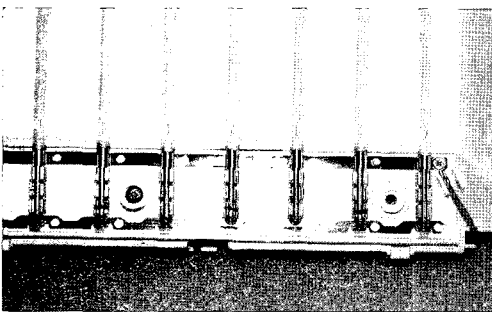


Fig. 1. Parallel lamp connection in EEFL BLU

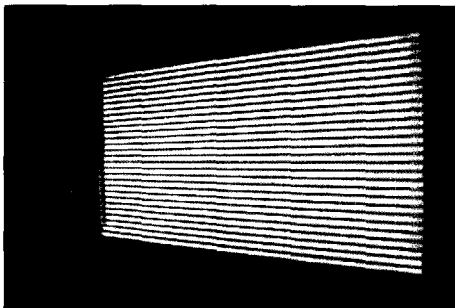


Fig. 2. FFL channel structure

Fig. 2는 실제 FFL의 구동 사진으로 양측 전극이 병렬 연결되어 구동됨을 보여 주고 있다.

### 2.2. EEFL, FFL 구동 방식

대형 LCD TV에 적용되는 형광 램프는 32인치 의 경우 약 740 mm 정도의 길이를 가지고 있다. TV가 대형화 될수록 그 길이는 점점 더 길어지는데, 길이가 긴 CCFL, EEFL 등을 기존 CCFL 구동 방식과 같은 HOT-COLD 방식으로 구동을 하면 램프 양단에서 휘도의 차이가 발생한다. 이러한 문제가 발생하면 BLU 제작 시 휘도 균일도에 문제가 발생하므로 실제 TV 에는 Fig. 3과 같이 램프의 양쪽 전극에 2개의 트랜스포머를 사용하여 양쪽 전극이 접지를 기준으로 각 전위가 High voltage-High voltage가 인가될 수 있도록 구동하는 방식을 사용하며, 이 방식은 패널의 휘도 편차를 줄일 수 있어 최근에 가장 많이 사용되고 있다. 이러한 방식을 HOT-HOT 구동방식이라 하며, 램프의 중앙부를 가상의 접지로 사용하게 된다.<sup>4,7)</sup> EEFL 구동 시 외부전극의 구동 특성상 광효율을 향상시키기 위한 방법으로 구형과 펄스를 인가하여 구동하는 방법을 사용하기도 한다. 하지만 본 논문에서는 램프의 전압, 전류의 신속한 증감을 위해 사인파를 이용한 정전류 구동 방식을 적용하였다.

### 2.3. EEFL의 저온 구동 특성

LCD TV용 32인치 EEFL을 저온에서 구동 시 나타나는 특성은 상온에서의 구동 특성과 차이가 있으며, 저온 구동 시 더 높은 입력전력을 필요로 한다. 특히 구동 주파수 및 방치 온도에 따라 입력 전력에 큰 차이를 보여주고 있다. Table 1과 Table 2는 각각 32인치용 EEFL BLU의 온도에 따른 소

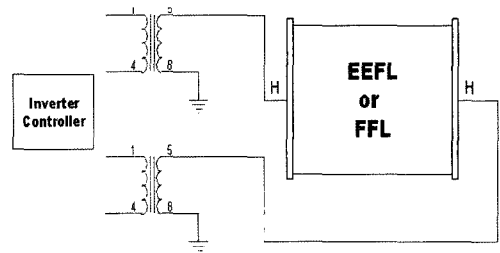


Fig. 3. Connection of inverter with EEFL or FFL (HOT-HOT Connection)

**Table 1.** Temperature vs. Input power consumption

Temperature	Input power	Remark
-10°C	110 Watt	48.5 kHz
-15°C	120 Watt	48.5 kHz
-20°C	135 Watt	48.5 kHz

**Table 2.** Temperature vs. inverter driving frequency

Temperature	Input power	Remark
-20°C	135 Watt	48.5 kHz
-20°C	200 Watt	97 kHz

비전력과 구동 주파수에 따른 소비전력 변화를 보여주고 있다.<sup>8)</sup>

EEFL BLU 인버터의 구동주파수는 약 40 kHz에서 70 kHz 사이에서 구동 시 최대의 광효율을 달성 할수 있으며, 저온에서는 안정적인 구동을 위해 입력 전력이 좀 더 증가한다. 안정적인 구동을 위한 입력 전력은 좀 더 증가한다. 높은 전력에서 시동 후 정격 전력으로 입력 전력을 천천히 변화시키면 램프의 구동 특성이 달라지지 않는다.<sup>8)</sup> EEFL과 마찬가지로 외부 전극 면광원 램프의 경우에도 동일한 구동 방식을 사용하므로 저온 구동 시 높은 입력 전력을 필요로 한다. 본 논문에서는 32인치 LCD TV 용 면광원 램프를 이용하여 최대 구동 전력을 130 Watt로 제한한 상태에서 면광원 램프의 구동 조건을 테스트 하였다.

### 3. 제안된 면광원 구동 인버터

본 논문에서 제안하는 면광원 구동 인버터는 최대 130 Watt의 입력 전력 범위에서 외부 전극 면광원 램프를 상온에서는 정상적으로 구동하고 -20°C의 저온에서 시동 및 구동 시에도 최대 소비전력 130 Watt를 넘지 않도록 인버터의 입력 전력을

**Table 3.** 32 inch FFL specification

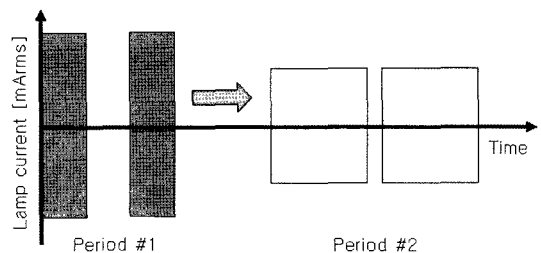
Item	Description	Remark
Size	32"	
Channels	34 EA	
Normal Input power	110 Watt	43 kHz
-20°C Input power	Max 130 Watt	43 kHz

제어하는 것으로 목표로 하고 있다. 또한 LCD TV 용 BLU의 특성상 어른거림이나 깜박임이 발생해서는 안 되므로 인버터의 구동 주파수는 고정 주파수를 사용하여 구동하여야 한다.<sup>8)</sup> 이때 입력 전력은 130 Watt로 제한된 상태에서 면광원 램프의 전압, 전류를 적절히 조절하면 저온에서도 쉽게 시동 및 구동이 가능하며 구동된 후에는 정상 동작 전압, 전류로 서서히 이동시켜 주면 면광원 램프를 안정적으로 구동시킬 수 있다.

#### 3.1. 제안된 면광원 인버터의 구동 방법

면광원 램프를 저온에서 최초 시동시에는 높은 전압, 전류를 인가하여 면광원 램프를 시동하고 시동 후에는 낮은 전압, 전류를 인가하여 램프를 안정화 시킨다. 이때 입력 전력이 130 Watt로 제한되어 있기 때문에 높은 전압, 전류를 인가하는 시동 구간에서는 전압, 전류 인가 시간을 짧게 조절하고 안정화 되는 구간에서는 전압, 전류를 낮게 가지고 가면서 점등시간을 점차 넓게 하면서 정상 구동 전압, 전류 구간으로 이동시킬 수 있다.<sup>9)</sup> 이때 인버터 입력 전력은 130 Watt를 넘지 않는다. Fig. 4는 본 논문에서 제안하는 전력 제어 인버터의 기본 개념으로 예를 들어 Period #1, #2의 On/Off 구간의 주기는 동일하며 이때 각 Period에서의 면적은 입력 전력을 나타내며 입력전력이 130 Watt로 동일하다. EEFL의 구동 특성상 전압과 전류, 전력이 상호 비례하므로 Fig. 4에서 나타내는 전류의 면적은 인버터 입력 전력으로 보아도 무방하다.

저온에서 시동 후에는 높은 전압, 전류를 낮은 전압, 전류로 변경하면서 동시에 On/Off 듀티 구간도 함께 변하기 때문에 BLU 상에서 깜박임이 발생할 수 있다. 이러한 깜박임은 TV의 화면 품질



**Fig. 4.** Concept of power control inverter

특성을 저하시키므로 전압, 전류와 On/Off 듀티의 급격한 변화를 방지하기 위한 구동 회로가 필요하며, Level Control Block(LCB)를 이용하여 BLU의 깜박임을 제거하고 -20°C의 저온에서 130 Watt로 제한된 입력 전력을 가지고 램프를 시동하고, 구동하였다.<sup>10)</sup>

**3.2. Level Control Block (LCB)**

면광원 구동용 전력 제어 인버터의 LCB는 인버터를 구성하는 핵심부로 마이크로 컨트롤러를 사용하여 면광원 램프가 설정된 조건에 따라서 최적의 구동을 할 수 있도록 제어해 주는 역할을 한다. LCB는 마이크로 컨트롤러를 사용하기 때문에 사용자가 원하는 동작을 설계하여 사용이 가능하며, 면광원 램프를 다양한 방법으로 구동할 수 있는 장점을 가지고 있다. Fig. 5는 전력제어 인버터의 블록 다이어그램으로 크게 3 부분으로 구성되어 있다.

인버터의 구성은 LCB, Full bridge inverter, Step-up transformer 로 구성되어 있다. 첫째, LCB는 인버터의 핵심 컨트롤부로 인버터에서 출력되는 전압, 전류, 주파수, 듀티비등의 신호를 모두 제어하는 부분으로 마이크로 컨트롤러에 의해 제어되며, 각 설정된 조건에 의해 인버터를 제어하여 외부 전극 면광원 램프가 최적의 조건에서 구동이 가능하도록 컨트롤한다. LCB가 기존 제어에 가장 많이 사용되는 PWM 제어와 다른점은 펄스의 Duty 폭 뿐만 아니라 펄스의 크기를 동시에 제어할 수 있기 때문에 동일한 입력 전력 범위에서 램프 인가 전력의 제어가 가능하다. 둘째, DC 입력 전원을 스위칭 하는 인버터 부는 Full bridge 로 구성되어 있어, 넓은 입력 전압 변동에 대응 가능하고, 다

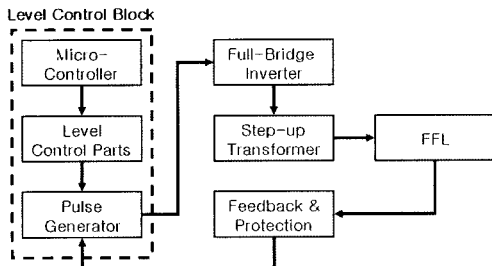


Fig. 5. Block diagram of inverter

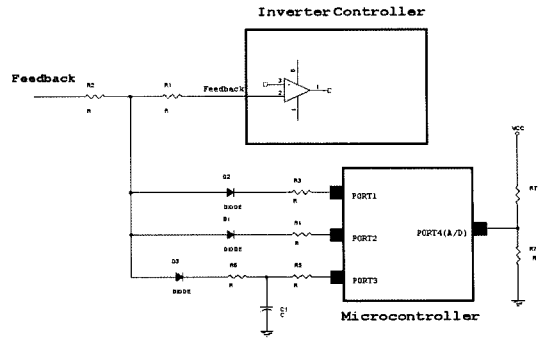


Fig. 6. Proposed LCB circuit

른 구동 방식에 비해 높은 구동 듀티의 안정성을 가지고 있어 LCB 적용에 유리하다.<sup>5)</sup> 셋째, Step-up transformer는 Full bridge 인버터부에서 변환된 전압, 전류를 램프 점등이 가능하도록 고압의 전압, 전류로 승압시켜주며, 이때 구동의 안정성 확보를 위해 램프 특성에 맞추어 임피던스 매칭이 되어야 효율 저하 없이 낮은 턴 수 및 턴 비에서도 정상 동작 구간과 저온 동작 구간에서 안정적인 구동이 가능하다.<sup>1-2),10)</sup>

Fig. 6은 LCB 회로부로 마이크로 컨트롤러와 펄스 제너레이터 역할을 하는 인버터 컨트롤러와의 구성 방법이 간단하게 제시되어 있다. 마이크로 컨트롤러의 종류는 다양하고 특히 A/D 입력, PWM 입출력, 타이머 등의 기능이 내장된 제품들이 많으므로 인버터 설계자는 다양한 컨트롤러를 사용하여 LCB의 구현이 가능하다. 펄스제너레이터는 상용화된 PWM 컨트롤러나 CCFL전용 컨트롤러를 사용해도 무방하다. 마이크로 컨트롤러에서 발생된 제어 신호는 펄스 제너레이터에 전달되어 구동 조건에 맞는 전압, 전류 및 펄스 인가 시간을 조절한다.

Fig. 7은 펄스제너레이터에서 만들어지는 Full bridge 인버터의 구동 펄스의 출력 파형을 보여주고 있다. Channel #1, #3은 P-MOS FET의 게이트 파형을 Channel #2, #4는 N-MOS FET의 게이트 인가 파형을 보여주고 있다. 이때 구동 주파수는 약 43 kHz로 동작 하고 있다.<sup>5)</sup>

Fig. 8과 Fig. 9는 LCB의 출력 파형과 함께 인버터에서 면광원 램프에 인가되는 전류 파형을 보여주고 있다. Channel #4는 인버터 출력 전류 파형을 Channel #1은 LCB의 출력 펄스를 보여주고 있

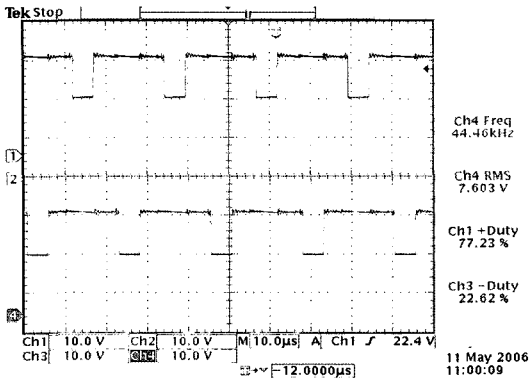


Fig. 7. Waveforms of full bridge inverter

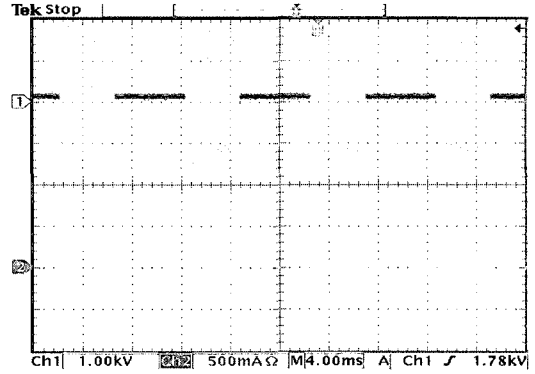


Fig. 10. Lamp voltage and lamp current, Period #1

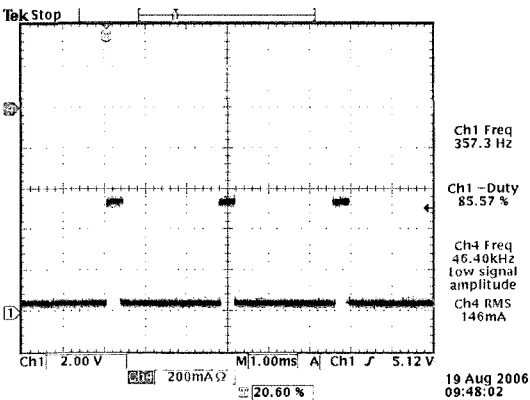


Fig. 8. LCB control pulse and lamp current

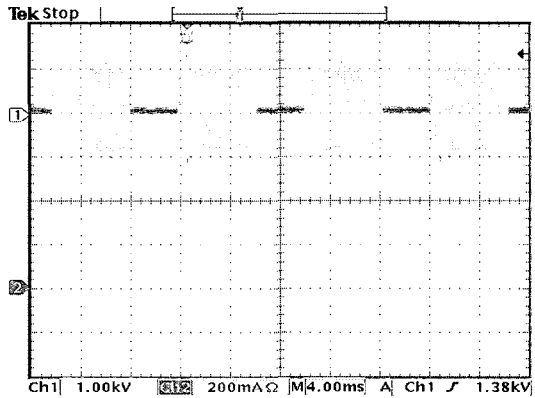


Fig. 11. Lamp voltage and lamp current, Period #2

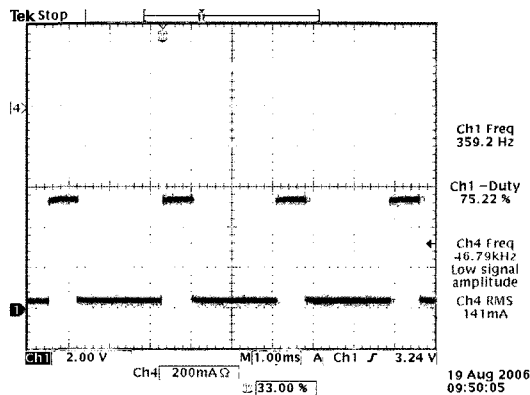


Fig. 9. LCB control pulse and lamp current

다. Fig. 8과 Fig. 9를 비교해 보면, LCB의 출력 펄스의 듀티가 변화되었음을 알 수 있다. 그 결과 인버터의 출력 전류가 감소됨을 확인하였다. 즉,

LCB의 제어 펄스에 의해 인버터의 출력 전류가 제어 가능함을 확인하였다.

#### 4. 실험 결과

LCB를 이용한 전력 제어 인버터를 이용하여 외부 전극형 면광원 램프를 테스트 하였다. 32인치 면광원 램프의 최대 입력 전력은 130 Watt로 제한되어 있다. Fig. 8, Fig. 9를 통해 제안된 LCB를 이용하여 마이크로컨트롤러의 출력 펄스를 이용하여 인버터 출력 전류가 제어 가능함을 확인하였다.

Fig 10, Fig. 11, Fig. 12는 본 논문에서 제안하는 LCB를 사용하여 -20°C 에서 시동 후 인버터의 전압, 전류를 천천히 감소시키면서 On/Off 듀티를 증가시키는 동작을 수행하고 있다. 이때 각 파형별 인버터의 입력전력은 130 Watt 이내에서 동작하고

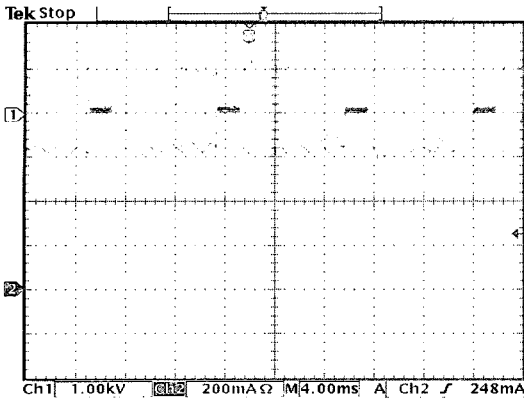


Fig. 12. Lamp voltage and lamp current, Period #3

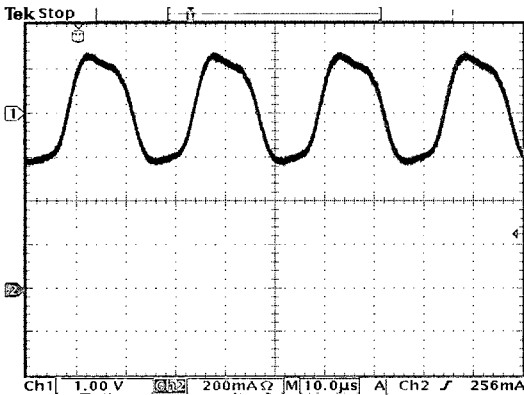


Fig. 13. Zoom in Fig. 11, lamp voltage, current

있음을 확인 할 수 있었다.

각 그림별로 분석해 보면 Fig. 10은  $-20^{\circ}\text{C}$  에서 최초 시동시의 전압, 전류 파형을 보여주고 있다. 저온에서 시동을 위해 램프에 인가되는 전압, 전류는 정상 구동 전압, 전류의 약 1.5 배 이상이 인가되어야만 시동이 가능하다. 이때 인가되는 입력 전력은 130 Watt를 넘어서기 때문에 제한된 입력 전력 범위 내에서 안정적으로 구동하기 위해서는 전압, 전류를 On/Off 듀티를 가진 펄스의 형태로 램프에 인가한다. 이때 입력 전력은 130 Watt를 넘어서지 않도록 제어되어야 한다.

Fig. 11은  $-20^{\circ}\text{C}$  에서 시동 후, 천천히 전압, 전류를 낮추어 가면서 동시에 On/Off 듀티가 점점 늘어나고 있다. 이렇게 동작함으로써 항상 입력 전

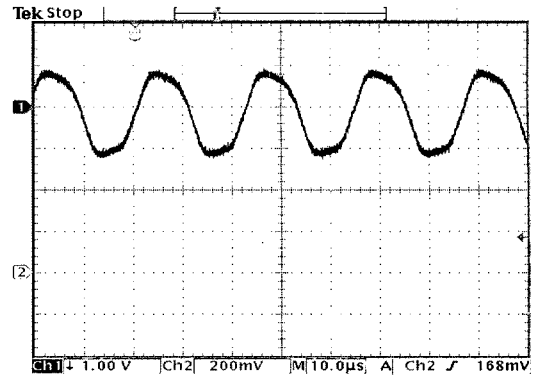


Fig. 14. Normal temperature lamp voltage, current

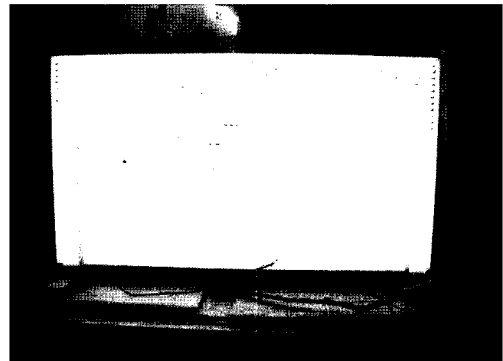


Fig. 15. FFL low temperature start-up :  $-20^{\circ}\text{C}$

력은 130 Watt 이내로 유지된다. 여기에서 정상 상태는 상온 구동 전압, 전류 및 On/Off 듀티가 100 %인 상태를 나타낸다. 만약 이전에 사용자에게 의해 TV의 디밍(Dimming) 레벨이 설정되어 있는 경우 정상 구동 상태로 이동한 후에 사용자가 설정한 디밍레벨로 인버터의 밝기 레벨이 이동한다.

Fig. 12 는 듀티가 좀 더 증가하여 Fig. 11 보다 전압, 전류가 낮은 전압, 전류로 이동하였음을 확인할 수 있다. LCB의 출력 듀티가 증가하면 램프 전류가 감소하는 것을 Fig. 8과 Fig. 9에서 확인하였다. Fig. 12에서의 On/Off 듀티는 Fig. 11에서 보다 증가 하였다.

Fig. 13은 Fig. 11 파형의 부분 확대 모습으로 Fig. 14와 비교 시 램프 전압, 전류가 높음을 확인할 수 있다. 이렇게 LCB를 이용하면 Fig. 15에서와 같이  $-20^{\circ}\text{C}$ , 130 Watt 범위에서 램프를 안정적

으로 시동하여 구동이 가능함을 확인할 수 있었다.

### 5. 결 론

본 논문에서 제안하는 LCB를 사용하여 면광원 램프를 -20°C 의 낮은 저온 상태에서도 안정적으로 시동 및 구동이 가능함을 확인할 수 있었다.

LCB를 사용하면 기존의 PWM과 같이 단순 On/Off 듀티 조절에 의한 시분할 입력 전력 조절 방식에서 벗어나, 전력을 일정하게 유지하면서도 램프 인가 전압, 전류의 크기를 구동 조건에 맞게 조절함으로써, 특히 제한된 입력 전력을 사용해야 하는 LCD TV와 같은 시스템에서 유용하게 전력 제어가 가능함을 확인하였다.

BLU의 특성상 단순 전력 제어에 의한 방식은 심각한 깜박임을 동반하므로 급격한 전력의 변화는 적합하지 않으며, LCB와 같이 마이크로컨트롤러를 사용하면 사용자가 좀 더 세밀하고 안정적으로 인버터를 컨트롤 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 상온에서와 같은 정상 구동조건에서는 LCB가 영향을 주지 않으며, 저온 구동과 같은 특수한 조건에서 필요시에만 선택적으로 LCB를 적용하여, 불필요한 간섭을 피할 수 있었다.

### 참고문헌

1. 김영미, 권남옥, 조광섭 “외부전극 형광램프 백라이

트의 구형과 구동”, 한국진공학회 Vol. 12, No. 1, 46-50, 2003

2. H.S. Kim, D.G Joh, Y.G. Kim, J.J Ko, D.I. Kim, C.W. Lee, E.H. Choi, G.S. Cho, SID Symposium Digest 32, 687-689, 2001

3. Y.S. Kim, J.Y. Lee, K.M. Huh, S. Lim, M.H. Oh, H.W. Lee, J. Park, J. Hur, C.S. Kim, SID Symposium Digest 37, 500-502, 2006

4. 조현창, 임영철, 양승학, 박연도, “37인치 LCD TV용 백라이트 시스템에 관한 연구”, 전력전자학회 추계학술대회 논문집, 106-109, 2004

5. 윤창선, 조현창, 허동영, 김광현, 임영철, “대화면 LCD TV를 위한 CCFL 백라이트 인버터에 관한 연구” 전력전자학회 논문지 제11권 제6호, 502-507, 2006

6. 권기현, 한재현, 임영철, 양승학, “대형 LCD 백라이트용 멀티램프 구동 인버터 설계”, 전력전자학회 논문집, 340-343, 2001

7. 전영태, 임성규, “LCD TV용 고균일도 백라이트 구동을 위한 Differential Driving 인버터”, 한국마이크로전자 및 패키징학회 논문집, Vol.11, No. 2. 37-41, 2004

8. 조규민, 오윤식, 문건우, 박문수, 이상길, “외부전극 형광램프의 저온 구동을 위한 새로운 벅부스트 하프 브리지 인버터”, 전력전자학회 하계 논문집 387-389, 2006년 6월22일~6월 24일

9. George Henry, SID 8th Annual symposium, 54-58, 2001

10. J.W. Hur, S. Lim, the 6th IMID and the 5th IDMC Conference Digest, 1725-1728, 2006