

# 프로그램 제어용 EEFL 인버터 설계

이충호\* · 김정삼\* · 윤동한\*\*

## EEFL Inverter Design with Program Control

Choong-Ho Lee\*\* · Jung-Sam Kim\* · Dong-Han Yoon\*\*

요 약

마이크로프로세서를 이용하여 Dimming Control이 있는 EEFL inverter 설계방법을 제안하였다. Energy Recovery방법을 사용하여 전력손실을 줄이고 RS-232 통신을 이용한 Inverter 제어용 프로그램을 개발하였다. 또한 Duty 변환 방식을 이용하여 저온구동 시간을 약50%정도 단축하였다.

ABSTRACT

Proposed EEFL inverter design method with Dimming control to use microprocessor. Reduce power loss using Energy Recovery method, and design inverter control program that use RS-232 communication. Also, low temperature driving time shortened 50% that use duty variable control.

키워드 : EEFL, Inverter, Dimming control, Micro-processor

### 1. 서 론

LCD의 경우 CRT나 PDP와 달리 자체 발광소자가 아니기 때문에 배면 광원으로 사용되는 BLU(Back Light Unit)가 필요하다. 대형 LCD TV 기술에서 중대형의 액정패널기술은 확보되었으나, 이에 반해 BLU 기술은 이에 따르지 못하는 형편이다. 현재 출시중인 대형 LCD TV의 경우 백라이트의 광원을 패널 아래에 두는 직하형 방식을 채용하고 있으며 대부분 다수의 CCFL를 사용하고 있다. 하지만 CCFL의 경우 전극이 내부에 있기 때문에 전극의 산화로 인해 수명이 짧고, 여러개를 병렬로 구동할 경우 램프간의 전류의 편차가 심해 램프 하나당 하나의 인버터가 있어야 된다[1,2]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근에는 EEFL에 관한 연구가 활발하다. EEFL의 경우 전극이 유리관 외부에 있기 때문에 전극의 산화가 일어나지 않고, 인버터 하나로도

병렬 구동이 용이하여 급속히 빠른 속도로 CCFL을 대체할 것으로 예상된다. 60% 이상 뛰어나고 휘도를 필요로 하는 TV 등 TFT LCD의 응용분야를 더욱 확산시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 형광램프 내부에 실린더형의 전극이 설치되어있는 CCFL과는 달리 EEFL은 형광램프 내부에 전극이 없고, 유리관 양끝의 외관에 금속제의 전극을 코팅하여 소정의 전압을 인가하여 동작하므로 병렬로 작동하기에 유리하며 램프간의 전압편차가 거의 없어 고른 휘도 구현이 가능하다는 이점과 인버터 1개로 여러 개의 램프를 점등시킬 수 있어 전력소비 및 공간 확보가 편리하다[3,4].

EEFL Inverter 구동 방식에는 half-bridge와 full-bridge방식이 많이 사용되며 전용 Drive IC를 사용한 방식이 주를 이루고 있으나 고급 전원장치에서 MCU를 채용하여 설계하는 방식이 점점 늘어나고 있다. MCU를 사용함으로써 얻어지는 장점으로는 설계의 간소화 및 다기능을

\* 금오공과대학교 전자공학과 박사수료

\*\* 금오공과대학교 전자공학부 교수(ydh@kumoh.ac.kr)

실현할 수 있다. 예를 들어 soft start, UVLO, 온도 모니터링, open lamp protection등이 있으며 단점으로는 신뢰성, 비용, 크기 등의 문제가 있으나 MCU가격 하락, MCU의 신뢰성 향상, 엔지니어링 비용 등을 감안하면 MCU를 채택하여 설계하는데 장점이 있다[6]. 본 연구에서는 MCU를 사용하여 EEFL Inverter를 구현함으로써 기존 Drive IC에서 구현된 모든 기능을 구현하고 부가적으로 RS-232를 이용한 구동 주파수 조정 및 Dimming control등 기존 Drive IC로는 할 수 없는 원격제어 기능을 추가하였다.

### II. 인버터 설계

인버터 구동방식에 따라 푸쉬풀(Push-pull), 포워드(Forward), 하프브리지(Half-Bridge), 풀브리지(Full-bridge)방식 등으로 분류되며 본 연구에 사용된 구동방식은 Full-bridge 방식의 인버터로 설계하였으며 그림1은 full-bridge inverter 블록다이어그램, 표1은 입·출력단 설계 사양을 나타낸다.

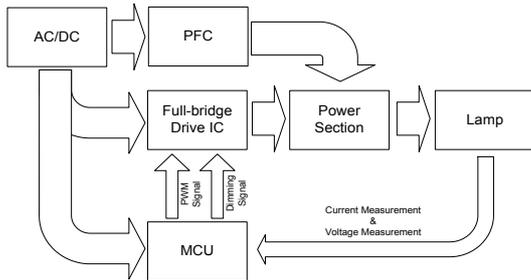


그림 1. Full-Bridge 인버터의 블록다이어그램  
Fig. 1 Full-Bridge Inverter Block diagram

표1. 입·출력단 사양  
Table 1 IN/OUTPUT Specification

ITEM	Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Input Voltage	85	220	264	V
Operating frequency	20	47	100	KHz
Burst Dimming frequency	100	120	300	Hz
Rated Power	98	100	105	W
Efficiency	90	92	94	%
RS-232		38600		bps

MCU로는 ATMEL사의 MEGA128을 Half-bridge Drive IC로는 IR2133S를 사용하였다. Power Section부에는 ST사의 MOSFET(W25NM60N)을 사용하였고 트랜스코어는 UU3356 을 사용하였다.

MEGA128의 주요사양으로는 하버드 아키텍처를 사용하였으며 프로그램메모리 용량이 128K이며 데이터메모리 용량이 4K바이트이다.

EEPROM을 내장하고 있으며 JTAG인터페이스가 있어 디버깅이 용이하다.

Half-Bridge Drive IC로는 IR2133S를 사용하였으며 IR2133S의 주요특징으로는 3.3V, 5V입력이 가능하며 Shutdown 기능이 있어 Dimming control을 구현하기 쉽다.

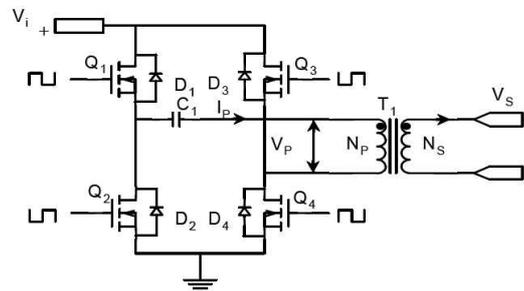


그림 2. Full-Bridge형 인버터  
Fig. 2 Full-Bridge Inverter

그림2는 Full-Bridge 구동방식의 기본적인 회로 구성을 나타내며, Half-Bridge 컨버터의 회로에 스위치 2개를 더 추가한 형태로 되어있다.

출력 전압 VO는 스위칭 시간 T에 따라서 다음과 같이 된다.

$$V_o = 2 \times \frac{1}{T} \left[ \int_0^{kT} \left( \frac{N_s}{N_p} V_i - V_o \right) dt + \int_{T/2}^{T/2+kT} -V_o dt \right]$$

여기서 k는 최대 듀티비(Duty ratio)이며 50%를 넘을 수 없다. 권선수를 결정하기 위해 Np를 구하는 식은 아래와 같다.

$$N_p = \frac{D_{max} T_s}{2\Delta B \cdot A_e} \cdot V_{imin} = \frac{D_{max} T_s V_{imin}}{2\Delta B A_e} \approx 84 Turns$$

자속 밀도의 변화가 BH 곡선의 1/4분면으로부터 3/4분면에 걸쳐 일어나므로 ΔB의 2배 즉 2ΔB로 해준다.

$$N_s = \frac{V_o}{D_{max} \cdot V_{imin}} \cdot N_p \approx 806 \text{ Turns}$$

$$I_{L1s} = \frac{N_s}{N_p} \cdot I_{omax} \cdot \sqrt{2D_{max}} \approx 0.6A$$

$$I_{L2rms} = \frac{1}{2} \cdot I_{omax} \cdot \sqrt{1+2D_{max}} \approx 50mA$$

허용전류의 기준을  $4[A/mm^2]$ 으로 가정할 경우 1차측 권선 단면적은  $0.15[mm^2]$ 로 실제 권선 할 때는  $0.1 \cdot 20[mm^2]$ 를 사용하였다.

2차측 권선 단면적은  $0.013[mm^2]$ 로 실제 권선 할 때는  $0.16[mm^2]$ 를 사용하였다.

### III. 입력/출력단 제어의 프로그램 구현

그림 3은 저온구동을 위해 구현한 루틴으로 전원이 켜지면 EEPROM에 저장되어 있는 값이 있는지 확인하고 그 후 온도 센서에서 온도 값을 읽어 저온일 때 Maximum Duty로 구동하고 3초가 지나면 서서히(3초) Duty를 낮추어 설정되어 있는 값으로 줄여 나간다. 듀티를 급격하게 변경하면 램프가 어른거리므로 Duty를 서서히 변경한다.

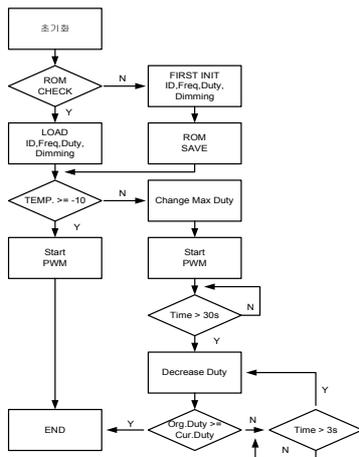


그림 3. 초기화 및 저온구동 흐름도  
Fig. 3 initial and low temperature driving Flowchart

그림 4는 영하10도일 때 저온구동을 위하여 Maximum Duty(Mode0)에서 구동 후 서서히 Duty를 변경하는 구간(Mode1)이 있고 정상모드(Mode2)로 바꾸는 파형이다.

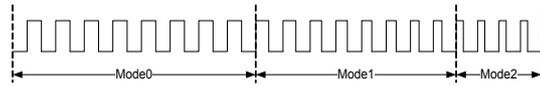


그림 4. Duty 가변 방식에 의한 저온 구동 파형  
Fig. 4 Low temperature driving waveform by Duty variable control

그림 5는 Key처리를 위한 흐름도로 입력되는 Key값으로 Dimming frequency, Dimming Duty, PWM frequency, PWM Duty를 변경할 수 있으며, 변경된 값들을 EEPROM에 저장 할 수 있다.

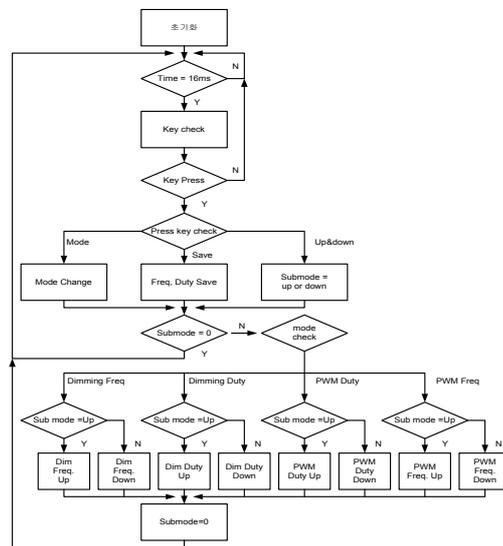


그림 5. Key 처리 흐름도  
Fig. 5 Key process Flowchart

원격지와의 통신은 RS-232를 이용하였으며 장거리가 될 경우 RS-485를 이용 할 수 있다. 인터럽트가 걸려 Buffer에 protocol이 수신이 되면 인버터 고유번호(ID)와 같은지 확인 후 데이터가 전송됐을 때 에러가 없는지 Checksum을 가지고 확인 후 Mode를 구분한 후 Mode에 맞는 Data 처리를 한다.

출력전압이 MCU의 Comparator의 입력인 AIN0로 입력되고 기준전압(Protection)을 AIN1에 맞추어 놓은 후 출력전압이 기준전압보다 높을 경우 Dimming 과 PWM을 전부 멈춘다.

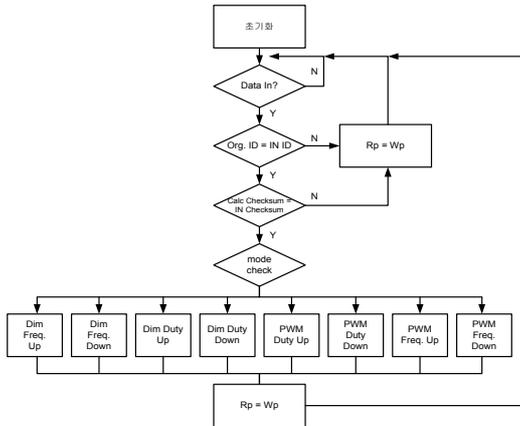


그림 6. 원격제어 흐름도  
Fig. 6 Remote control Flowchart

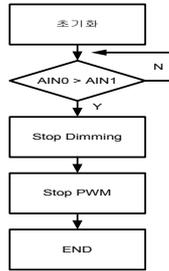


그림 7. 과전압 방지 흐름도  
Fig. 7 Over Voltage Protection Flowchart

IV. 실험결과 및 고찰

설계된 EEFL인버터를 이용하여 다음과 같은 기능을 실험하였다.

- \*PFC 테스트
- \*저온일때의 듀티 변화 측정
- \*효율 측정
- \*Burst Dimming control 기능
- \*RS-232통신으로 주파수 가변 및 Burst Dimming timing 가변

그림 8은 설계한 PFC에 대하여 입력전압에 따른 역률변화를 측정한 것으로 85~265V에 대해 이상 없이 동작하는 것을 알 수 있다.

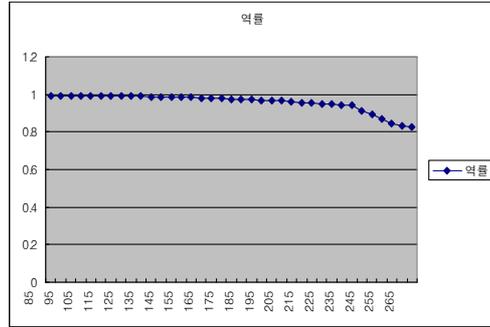


그림 8. 입력전압 Vs 역률  
Fig. 8 Input Voltage Vs Power Factor

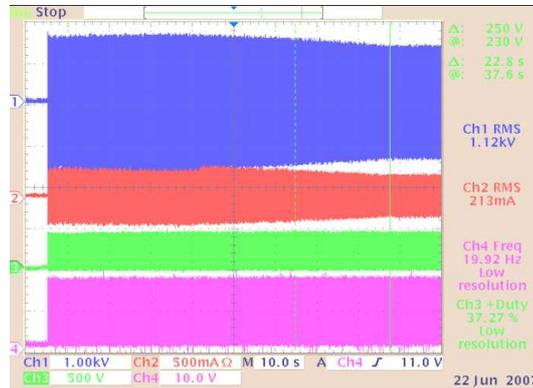


그림 9. 저온구동시 출력 파형  
Fig. 9 Low temperature driving output Waveform

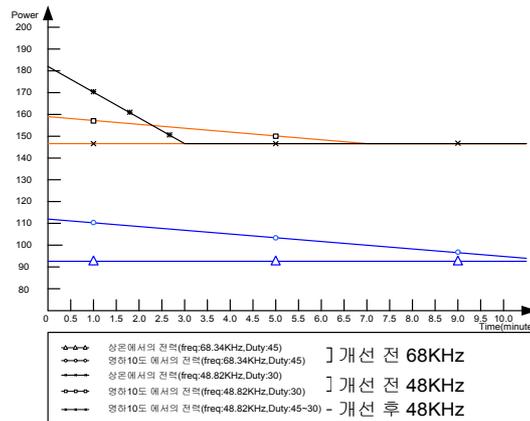


그림 10. 정상 상태로 회복하는데 걸리는 시간  
Fig. 10 Recovery Time

그림 9는 설계한 인버터의 저온 구동시 출력 파형으로서 듀티 가변방식을 이용하여 구동 시킨 모습이다. 그림 10은 저온에서 구동할 때 정상파위로 가는데 걸리는 시간을 측정한 것으로 듀티가변 방식을 사용했을 때 3분으로 단축되는 것을 알 수 있다. 그림 11, 12는 Dimming Duty 20%일때와 90%일 때 측정된 출력전압 파형이다.

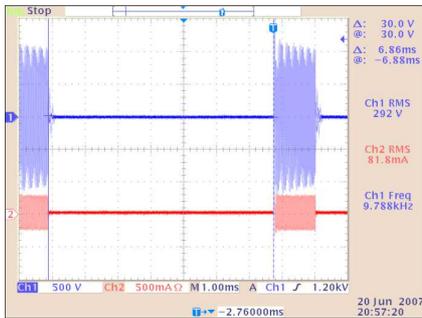


그림 11. Dimming 제어 출력 파형 (20%)  
Fig. 11 Dimming control output Waveform

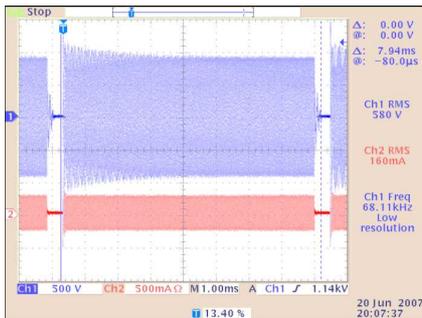


그림 12. Dimming 제어 출력 파형 (90%)  
Fig. 12 Dimming control output Waveform

### V. 결론

Control IC를 사용하는 기존 EEFL 인버터에서의 복잡한 회로를 Microprocessor를 사용하여 회로의 간소화와 기존에 할 수 없었던 듀티 가변 방식을 이용하여 저온에서의 정상 파위로 회복되는 시간을 50%이상 줄였으며 부가적으로 외부에서 원격 제어가 가능할 수 있게 RS-232 통신을 이용한 인버터 제어용 프로그램을 설계하

였다. 앞으로 PFC단까지 Microprocessor를 이용하여 설계한다면 인버터의 크기를 작게 할 수 있고 단가가 더욱 저렴한 IC를 이용한다면 더욱더 회로의 단순화를 시킬 수 있을 것이며 BLU로만 활용되는 EEFL의 다양한 응용분야를 만들어 낼 수 있을 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 금오공과대학교학술연구비에 의하여 연구된 논문

### 참고문헌

- [1] R. Farrigton, M. M. Jovanovic, "A New Family of Isolated Zero-Voltage-Switched Converters", IEEE PESC, pp. 209~215.
- [2] E. C. Nho, K. H. Jee and G. H. Cho, "A New Soft-Switching Inverter for High Frequency Electronic Ballast with Simple Structure", Int. J. Elec., to be published.
- [3] Y. Takeda, M. Takagi, Y. Watanabe, M. Ama no, H. Nakano, "High Reliability External Electrode Mercury Fluorescent Lamp for a LCD TV's Backlight" SID 2002 DIGEST. pp 364~349.
- [4] 권기현, 양승학, 임영철 "An analysis of the backlight inverter by topologies" IEEE, ISIE-2001, pp896~900, 2001.6
- [5] 허정욱, "LCD용 Backlight 구동을 위한 고전력 고효율 인버터의 설계 및 제작", 단국대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 학위논문(석사), 1999
- [6] 이환웅, "Flat Backlight 구동을 위한 고전력 고효율 인버터의 설계 및 제작", 단국대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 학위논문(석사), 2001.
- [7] H. L. Chang, L. Ying, J. P. Pai, "Digital-Dimming Controller with Current Spikes Elimination Technique for LCD Backlight Electronic Ballast", IEEE APEC 2004, pp 153~158.

- [8] 송봉길, 심귀보, "IAR EWAVR컴파일러를 이  
용한 AVR ATMEGA128 마이크로컨트롤  
러", 성안당
- [9] 김희준, "스위칭 전원의 기본설계", 성안당,  
2003.

---

저자약력

---



이 충 호(Choong-Ho Lee)

1989년 금오공과대학교  
전자공학과 공학사

2001년 금오공과대학교  
전자공학과 공학석사

2006년 금오공과대학교  
전자공학과 박사수료

<관심분야> 전자회로, 마이크로프로세서



김 정 삼(Jung-Sam Kim)

2002년 금오공과대학교  
컴퓨터공학과 공학사

2004년 금오공과대학교  
전자공학과 공학석사

2006년 금오공과대학교  
전자공학과 박사수료

<관심분야> 전원회로, 마이크로프로세서



윤 동 한(Dong-Han Yoon)

1968년 광운대학교  
전자공학과 공학사

1980년 명지대학교  
전자공학과 공학석사

1987년 명지대학교  
전자공학과 공학박사

1979년-현재 금오공과대학교  
전자공학부 교수

<관심분야> 전자회로 웨이브렛, 영상처리렛 영상처리,  
마이크로프로세서