

## LCD 백라이트를 위한 새로운 CCFL 병렬구동 인버터

梁承旭<sup>†</sup>, 李成周<sup>‡</sup>, 金湖鎮<sup>§</sup>, 李海敦<sup>¶</sup>, 睦亨洙<sup>\*\*\*</sup>, 崔圭夏<sup>\*\*\*\*</sup>

## A New Current Balancing Methods of CCFL for LCD TV Backlight

Seung-Uk Yang, Soung-Ju Lee, Ho-Jin Kim, Hai-Don Lee, Hyung-Soo Mok and Gyu-Ha Choe

## 요 약

CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamps, 이하 CCFL로 표기)은 전극이 내부에 존재하는 형태로 그 특성이 일정하지 않아 병렬구동이 어려워 개별 구동을 하고 있다. 본 논문에서는 각CCFL의 임피던스 차이에 의한 전류오차를 감소시켜 병렬구동이 가능하도록 구동한다. 제안하는 시스템은 단지 하나의 주 변압기로 동작하며, 다수의 램프를 구동시키기 위해 밸런스 변압기를 적용하여 가격적이나 용적이 줄어드는 효과를 가져온다. 본 방식의 타당성을 실험 및 시뮬레이션을 통하여 입증하였다.

## ABSTRACT

Cold cathode fluorescent lamps (CCFL) show complex characteristics, which make it difficult to drive them in parallel. In this paper, a multi-lamp driving scheme is proposed to drive multiple lamps for LCD back light to reduce output current unbalance. This propose system is composed of parallel CCFLs, series transformers. The driving system adopts only one backlight inverter to drive multi cold cathode fluorescent lamps (CCFL). Moreover the circuit introduces a multi-lamp driving transformer to reduce lamp-current imbalance. The validity of the proposed scheme is confirmed by the simulated and experimental results.

**Key Words** : CCFL Inverters, LCD Back Light Inverter, Multi-Connected CCFL

## 1. 서 론

가정용 대형 LCD TV에 적용되는 액정 디스플레이 백라이트 유닛(Liquid Crystal Display Back Light Unit이하 LCD BLU로 표기)은 높은 휘도를 유지하기 위해 다수의 램프가 백라이트로 사용되고 있다<sup>[1]</sup>. 현재 백라이트용으로 많이 사용되고 있는 냉음극관

(CCFL:Cold Cathode Fluorescent Lamp이하 CCFL로 표기)은 전류의 파형이 정현파일 때 가장 좋은 휘도를 내기 때문에 최근 들어 램프 구동을 위한 안정기의 효율을 향상시키고 사이즈 및 무게를 저감시키며 소음이나 깜박임(flickering현상)을 줄이기 위해 고주파 인버터가 전자식 안정기로서 널리 사용되고 있다. 특히 고주파 인버터는 고효율, 저가 회로구현이 가능해야 한다는 요구가 높아지고 있으며 전류파형의 왜곡(Crest Factor) 감소도 중요한 사양이 되고 있다. 기존에 백라이트 인버터로 널리 사용되었던 전류형 자력식 로이어 회로는 대표적인 회로나 각종 보호회로의 기능성 요구와 CCFL의 특성상 요구되어지는 초기 기동시 과도전압(Striking Voltage)을 얻기 어려운 특성으로 인하여 CCFL에서는 주로 타력식 인버터가 사용되고 있다<sup>[2]</sup>.

<sup>†</sup>교신저자 : 정회원, 단암시스템즈(주) 선임연구원

E-mail : sounguk2000@hanmail.net

<sup>‡</sup>정회원, 단암시스템즈(주) 선임연구원

<sup>§</sup>정회원, 단암시스템즈(주) 수석연구원

<sup>¶</sup>정회원, 단암전자통신(주) 파워연구소 연구소장

<sup>\*\*\*</sup>정회원, 건국대 전기공학과 교수

접수일자 : 2006. 4. 28                      1차 심사 : 2006. 6. 9

2차 심사 : 2006. 7. 6                        심사완료 : 2006. 7. 10

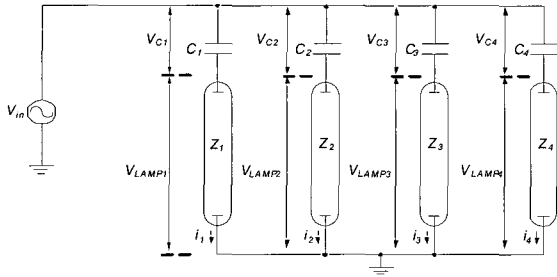


그림 1 콘덴서를 직렬 연결한 방식  
Fig. 1 Connection of Condenser

그러나 CCFL의 특성상 실장 시 4-Lamp의 경우 20% 정도에서 32-Lamp의 경우 40%까지 각 램프의 임피던스 불균형을 이루어 램프 전류의 불균형을 초래하므로 하나의 인버터로 4개 이상의 램프를 병렬 점등하는 것이 어렵기 때문에 다수의 램프가 필요한 시스템에서는 다수의 인버터를 필요로 하여 가격 상승의 원인이 되고 있으며, 제품의 크기가 커지는 문제점을 가지고 있다<sup>[2,3]</sup>. 기존의 방식은 그림1과 같이 콘덴서를 램프와 직렬로 연결하여 콘덴서의 임피던스와 램프의 임피던스가 합성되어 램프의 임피던스 오차범위가 생겨도 전체 임피던스 합에 의한 오차범위는 작아지며, 램프에 흐르는 전류는 서로 적은 오차범위로 유지되는 원리이다. 그러나 이 방식은 램프의 오차가 큰 경우에는 콘덴서의 용량을 크게 줄여야 하며, 콘덴서의 용량을 줄임으로 인하여 콘덴서에 전압이 상승(500VAC~700VAC)하여 인버터의 전압이 상승하므로 신뢰성에 어려움이 있다. 따라서 다등의 병렬구동에는 한계가 있다. 이를 위하여 기존의 다수 인버터를 이용하여 다수램프를 점등하는 방법이 아닌 1개의 인버터로 다수의 램프를 점등할 수 있는 방법으로 밸런스 변압기를 이용한 전류 밸런싱 방법이 산업계에 많이 적용되고 있다<sup>[4]</sup>.

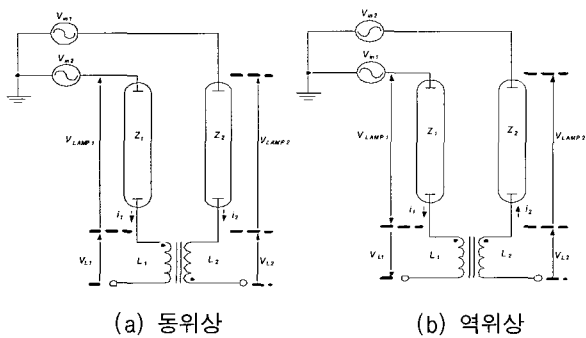


그림 2 밸런스 변압기의 동작원리  
Fig. 2 Operation Principle of Balance Transformer

본 논문에서는 이런 밸런스 변압기를 이용하여 전류를 밸런싱 해 주는 새로운 회로를 제안하고자 한다.

## 2. 동작원리

그림 2는 밸런스 변압기의 동작원리를 나타낸다. 그림2의 (a)는 두 램프의 전류가 서로 동위상일때 밸런스 변압기의 결합을 나타내며, 그림2의 (b)는 역위상일때의 결합을 나타낸다. 그림 2와 같이 각 램프에 흐르는 전류의 위상에 따라 밸런스 변압기의 결합방법이 달라지며, 이때 밸런스 변압기는 해석을 위해 다음과 같이 가정한다.

- 밸런스 변압기의 누설인덕턴스는 없다.
- 1차측과 2차측의 임피던스는 같다.
- 위의 두 가설에 의해 상호인덕턴스M은  $L_1=L_2=M$

### 2.1 밸런스 변압기의 동작 원리

#### 2.1.1 동위상에서의 밸런스 변압기의 동작원리

그림 2는 밸런스 변압기의 동작원리를 나타낸다. 그림2의 (a)는 두 램프의 전류가 서로 동위상이며, 이때 밸런스 변압기의 1,2차 극성이 반대로 되어 있다면 위의 가정에 의하여 다음과 같이  $V_{in}$ 을 정의 할 수 있다.

$$V_{in1} = (Z_1 + j\omega L_1) \cdot i_1 - j\omega M \cdot i_2 \tag{1}$$

$$V_{in2} = (Z_2 + j\omega L_2) \cdot i_2 - j\omega M \cdot i_1 \tag{2}$$

입력전압은 서로 동위상으로 되어 있으므로 식 (1)과 식 (2)에 의해  $V_{in1} = V_{in2}$  이므로

$$Z_1 + j\omega(L_1 + M) \cdot i_1 = Z_2 + j\omega(L_2 + M) \cdot i_2 \tag{3}$$

이 성립된다. 식 (3)을 전류에 대한 식으로 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} i_2 &= \frac{Z_1 + j\omega(L_1 + M)}{Z_2 + j\omega(L_2 + M)} \cdot i_1 \\ &= \frac{Z_1 + 2j\omega L_1}{Z_2 + 2j\omega L_2} \cdot i_1 \end{aligned} \tag{4}$$

식 (4)로부터 두 램프의 임피던스  $Z_1, Z_2$ 가  $Z_1 \neq Z_2$  일 경우 최종 전류비는  $L_1$ 과  $L_2$ 의 임피던스에 의해 결정된다. 즉,  $Z_1, Z_2$ 의 임피던스 불균형을 무시할 수 있을 정도로  $L_1$ 과  $L_2$ 의 임피던스가 충분히 크다면  $i_1$

$\cong i_2$  가 되어 두 램프의 전류는 균형을 이루게 된다.

2.2.2 역위상에서의 밸런스 변압기의 동작원리

그림4의 (b)는 두 램프의 전류가 서로 역위상이며, 이때 밸런스 변압기의 1,2차 극성이 동일하게 되어있다.

$$V_{in1} = (Z_1 + j\omega L_1) \cdot i_1 + j\omega M \cdot (-i_2) \tag{5}$$

$$V_{in2} = (Z_2 + j\omega L_2) \cdot i_2 + j\omega M \cdot (-i_1) \tag{6}$$

입력전압은 서로 역위상으로 되어 있으므로 식 (5)와 식 (6)에 의해  $v_{\in 1} = v_{\in 2}$  이므로

$$Z_1 + j\omega(L_1 + M) \cdot i_1 = Z_2 + j\omega(L_2 + M) \cdot i_2 \tag{7}$$

이 성립된다. 식 (7)을 전류에 대한 식으로 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} i_2 &= \frac{Z_1 + j\omega(L_1 + M)}{Z_2 + j\omega(L_2 + M)} \cdot i_1 \\ &= \frac{Z_1 + 2j\omega L_1}{Z_2 + 2j\omega L_2} \cdot i_1 \end{aligned} \tag{8}$$

식 (8)은 식 (4)과 같은 결과로 역위상의 입력을 주었을 경우 밸런스 변압기의 1,2차 극성을 바꾸어 줌으로써 같은 동작을 하게 된다.

2.2 제안하는 방식의 동작원리

그림 3은 제안하는 방식으로 밸런스 변압기를 이용한 병렬구동 방식이다. 이 시스템은 1개의 인버터에 4개의 램프와 2개의 밸런스 변압기로 구성되어 있다. 두개 램프의 전압과 전류는 서로 180의 위상으로 구동되며 4개 램프를 병렬로 구동하는 방법이다. 서로 역위상으로 동작하도록 인버터 변압기의 양 끝에 각각 2개의 램프를 연결하였고 2개의 밸런스 변압기를 역위상이 되도록 2개의 램프에 연결하였다.

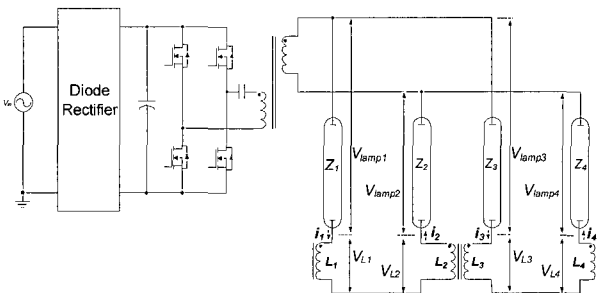


그림 3 제안하는 4-램프 시스템  
Fig. 3 Proposed 4-Lamp System

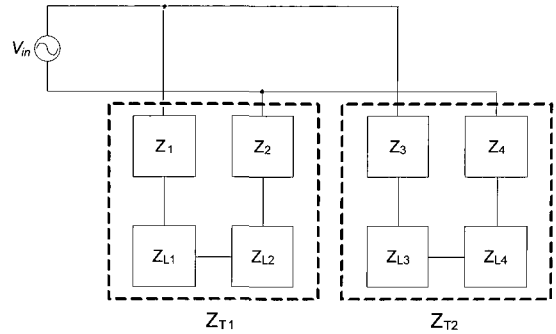


그림 4 시스템의 합성 임피던스도  
Fig. 4 Composing Impedance of System

이때 밸런스 변압기의 1,2차 극성은 같은 방향으로 설정했다. 그림 3에서 입력전압을  $v_{in}$ , 램프 임피던스를  $Z$  램프에 흐르는 전류를  $i$  인덕턴스를  $L$  이라고 놓고 다음과 같이 가정한다.

- 밸런스 변압기의 누설인덕턴스는 없다.
- $L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = M$
- $i_1 = i_2 = i_3 = i_4$
- $Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3 \neq Z_4$

그림 3으로부터 입력전압은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$V_{in} = V_{L1} + V_{LAMP1} + V_{L2} + V_{LAMP2} \tag{9}$$

$$= V_{L3} + V_{LAMP3} + V_{L4} + V_{LAMP4} \tag{10}$$

그림 4는 제안하는 시스템의 임피던스 블록을 나타낸다. 램프의 임피던스를  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$ 라 하고, 밸런스 변압기의 각 권선 임피던스를  $Z_{L1}, Z_{L2}, Z_{L3}, Z_{L4}$ 라고 하면, 식(9)~(10)을 그림 4로부터 각부 임피던스와 전류의 관계식으로 표현하면 다음과 같다.

$$V_{in} = (Z_1 + Z_{L1}) \cdot i_1 + (Z_2 + Z_{L2}) \cdot i_2 \tag{11}$$

$$= (Z_3 + Z_{L3}) \cdot i_3 + (Z_4 + Z_{L4}) \cdot i_4 \tag{12}$$

식 (11)을 밸런스 변압기에 대한 임피던스 관계식으로 표현하면

$$\begin{aligned} V_{in} &= (Z_1 + j\omega L_1) \cdot i_1 - j\omega M \cdot i_4 \\ &+ (Z_2 + j\omega L_2) \cdot i_2 - j\omega M \cdot i_3 \end{aligned} \tag{13}$$

과 같다. 같은 방법으로 식 (12)를 밸런스 변압기에 대한 임피던스 관계식으로 표현하면

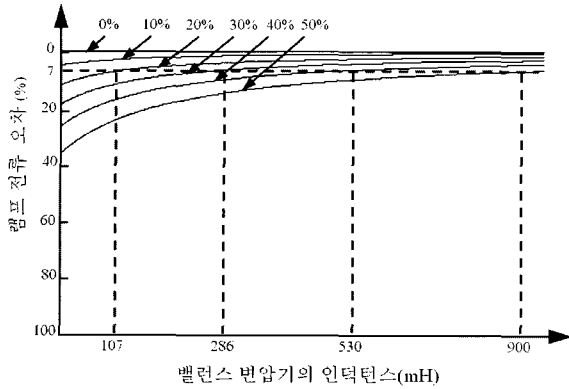


그림 5 밸런스 변압기의 임피던스 변화에 따른 오차율  
Fig. 5 Error of Variable Inductance

$$V_{in} = (Z_3 + j\omega L_3) \cdot i_3 - j\omega M \cdot i_2 + (Z_4 + j\omega L_4) \cdot i_4 - j\omega M \cdot i_1 \quad (14)$$

이 된다. 이때  $i_1 = i_2, i_3 = i_4$ 이며 여기서 식 (13)과 식 (14)를 연립하여  $i_1$ 에 관한 식으로 정리하면

$$i_1 = \frac{Z_3 + Z_4 + 2j\omega L_3 + 2j\omega L_4}{Z_1 + Z_2 + 2j\omega L_1 + 2j\omega L_2} \cdot i_3 \quad (15)$$

이 된다. 식 (15)에서 알 수 있듯이 출력 전류가 밸런스 변압기의 임피던스  $L$ 과 램프의 임피던스  $Z$ 가 합성되어 오차범위는 작아지며 램프에 흐르는 전류는 서로 적은 오차범위로 유지되는 것이다. 그림 5는 밸런스 변압기의 인덕턴스 변화에 따른 각 램프간의 전류 오차를 나타낸다. 그림 5는 식 (15)에 의해 계산된 수치를 그래프로 표현한 것으로, 램프간의 임피던스 오차를 0%~50%로 변화시켰을 때 램프간의 전류오차를 7% 이내로 줄이기 위해 필요한 밸런스 변압기의 인덕턴스값을 알 수 있다.

### 2.3 시스템의 전류해석

그림 4로부터 합성 임피던스  $Z_{T1}, Z_{T2}$ 를 구하면

$$Z_{T1} = Z_1 + Z_2 + Z_{L1} + Z_{L2} = Z_1 + Z_2 + j\omega L_1 - j\omega M + j\omega L_2 - j\omega M \quad (16)$$

$$Z_{T2} = Z_3 + Z_4 + Z_{L3} + Z_{L4} = Z_3 + Z_4 + j\omega L_3 - j\omega M + j\omega L_4 - j\omega M \quad (17)$$

식 (16)과 (17)을 이용하여 각각의 전류는 다음 식에 의하여 구할 수 있다.

$$i_1 = i_2 = \frac{V_{in}}{Z_{T1}} \quad (18)$$

$$i_3 = i_4 = \frac{V_{in}}{Z_{T2}} \quad (19)$$

식 (18)과 (19)에서 보듯이 램프전류는 입력전압과 출력단 합성임피던스에 의해 결정되며, 입력전압이 고정된 전압일 경우 출력단 합성임피던스에 의해 결정된다.

### 2.4 전압 해석

2.2절에 가정과 2.3절에서 구한 전류에 의해 램프의 전압은 다음과 같다.

$$V_{LAMPn} = Z_n \cdot i_n \quad (20)$$

이때  $n=1,2,3,4$

밸런스 변압기의 권선전압은 2.2절에 가정과 2.3절에서 구한 전류에 의하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$V_{Ln} = j\omega L_n \cdot i_n \quad (21)$$

식 (20)에서 보듯이 램프전압은 램프전류와 출력단 임피던스에 의해 결정된다. 또한 식 (21)과 같이 밸런스 변압기의 권선전압은 권선의 임피던스와 권선 전류에 의해 결정되며 이때 전압의 크기는 기존방법에 비해 작음을 알 수 있다.

### 2.5 정격 비교

이 절에서는 제안하는 시스템의 주 변압기 및 보조 회로의 정격비를 기존회로와 비교한다.

표 1 각 방식별 전압과 전류 비교  
Table 1 A Proper Form Comparing With Each Way

		직렬 연결방식	콘덴서 연결방식	제안하는 방식
램프간 임피던스 오차가 40%일때 램프전류의 오차		24%	12%	7%
주 변압기	VRMS	1300V	2500V	1500V
	IRMS	26mA	26mA	26mA
램프	VRMS	650V	650V	650V
	IRMS	6.5mA	6.5mA	6.5mA
보조회로	VRMS	.	600V	150V
	IRMS	.	6.5mA	6.5mA

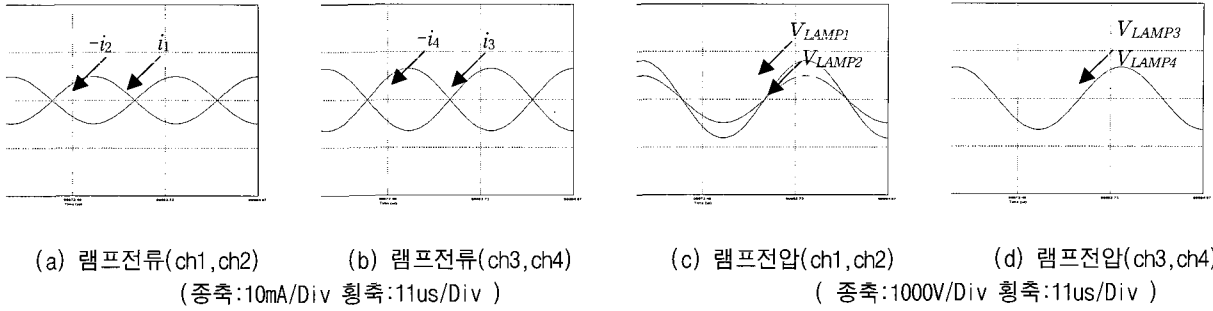


그림 6 램프 임피던스 오차가 40%일 때 기존 4-램프의 시뮬레이션 결과  
Fig. 6 Simulation Results of Normal 4-Lamp System When the impedance error of lamp is 40%

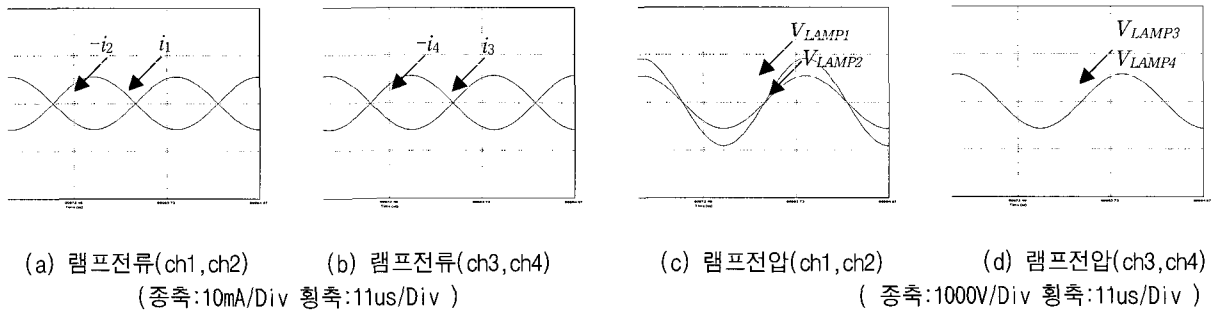


그림 7 램프 임피던스 오차가 40%일 때 제안하는 4-램프의 시뮬레이션 결과  
Fig. 7 Simulation Results of Proposed 4-Lamp System When the impedance error of lamp is 40%

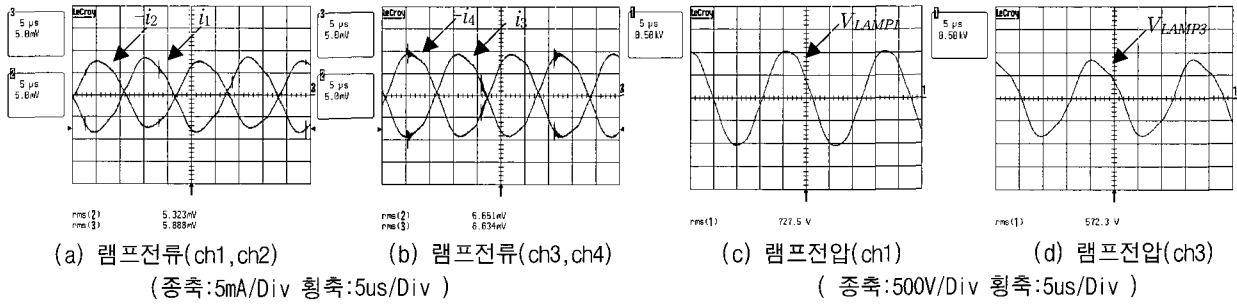


그림 8 램프 임피던스 오차가 40%일 때 기존 4-램프의 실험 결과  
Fig. 8 Experimental Results of Normal 4-Lamp System When the impedance error of lamp is 40%

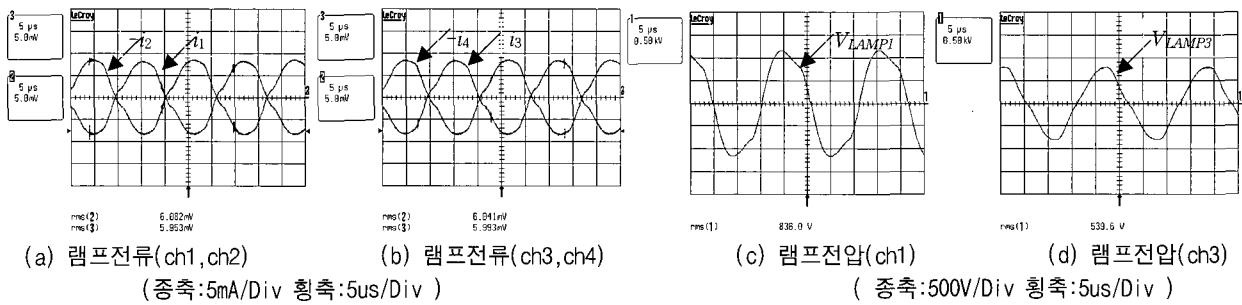


그림 9 램프 임피던스 오차가 40%일 때 제안하는 4-램프의 실험 결과  
Fig. 9 Experimental Results of Proposed 4-Lamp System When the impedance error of lamp is 40%

제안하는 방식은 표 1에서 보듯이 적은 용량의 밸런스 변압기를 추가하여 램프간 전류오차를 크게 줄일 수 있으며 기존 방법인 콘덴서를 직렬 연결하여 구동하는 방식에 비해 낮은 램프 입력전압을 요하므로 인버터단 주 변압기의 용량이 감소하는 효과를 얻을 수 있다.

### 3. 시뮬레이션 및 실험결과

제안한 인버터를 CCFL에 적용하기 위한 실험 및 시뮬레이션에서는 풀브릿지 컨버터를 제작하여 램프를 구동하였고, 각각의 램프는 임피던스 오차를 40%로 만들기 위해 램프임피던스와 동일한 크기의 저항부하를 사용하여 임의로 임피던스 오차를 만들어 실험 및 시뮬레이션 하였다. 실험은 입력전압 12[VDC]를 풀브릿지 컨버터로 주파수 50[KHz], 1500[VAC], 26[mA]의 출력을 얻을 수 있는 시스템을 제작하였으며, 밸런스 변압기의 임피던스는 그림 5에 의해 램프 임피던스 오차가 40%일때 전류 밸런스 오차를 7%로 하기 위한 인덕턴스값인 530mH를 선정하여 아래의 조건하에 실험 및 시뮬레이션을 수행 하였다.

- 램프의 전압은 역위상 방식으로 구동
- L1=530mH                                    L2=552mH
- L3=553mH                                L4=532mH
- Z1 : 165KΩ                                Z2 : 110KΩ
- Z3 : 110KΩ                                Z4 : 110KΩ
- 인버터 구동 : 풀브릿지
- 램프전압 : 700V
- 램프전류 : 6.5mA
- 램프 병렬구동 수: 4-램프
- 스위칭 주파수 : 50KHz

표 2 제안하는 방식의 오차 비교  
Table 2 Lamp Current Error of Propose System

		시뮬레이션결과 (mA/rms)	오차 (%)	실험결과 (mA/rms)	오차 (%)
기존 방식 (콘덴서 연결방식)	i1	5.399	23.60	5.323	20.00
	i2	5.399		5.888	
	i3	7.070		6.651	
	i4	7.070		6.634	
제안하는 방식	i1	6.011	2.98	6.082	2.12
	i2	6.011		5.953	
	i3	6.196		6.041	
	i4	6.196		5.993	

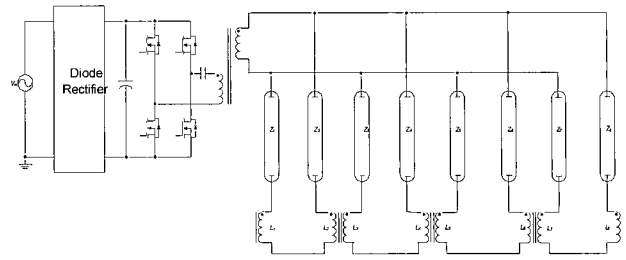


그림 10 제안하는 8-램프 시스템  
Fig. 10 Proposed 8-Lamp System

시뮬레이션은 PSIM Ver 4.0을 이용하여 수행하였으며 그 결과를 그림 6과 그림 7에 나타내었고, 실험결과는 그림 8과 그림 9에 나타내었다. 실험결과 그림 8의 (a)와(b)에서 보듯이 램프 전류의 오차가 20%에서 그림9의 (a)와 (b)와 같이 2.12%로 감소한 것을 알 수 있다. 시뮬레이션 및 실험결과에 대한 측정 수치와 램프 전류오차를 계산하여 표2에 나타내었다. 표 2에서 밸런스 변압기의 임피던스값은 밸런스 변압기의 턴수를 조정하여 인덕턴스값을 변화시킴으로서 구현할 수 있으며, 표 2에서 보듯이 제안하는 시스템을 이용하여 CCFL을 구동하면 밸런스 변압기의 임피던스를 조정하여 램프전류의 오차를 7%이하로 조정이 가능함을 알 수 있다.

### 4. 결 론

본 논문에서는 CCFL을 병렬로 구동할 수 있는 시스템을 제안했다. 콘덴서를 연결하는 기존방식을 이용할시 다수 점등을 위해서는 다수의 인버터가 필요하여 용적, 가격의 상승이 필연적 이었다. 그러나 제안하는 방식을 그림 10과같이 8-램프 혹은 16-램프 및 다수의 CCFL 병렬구동으로 사용했을 시, 한 개의 인버터로 적은 용량의 밸런스 변압기를 추가하여 각 램프의 전류를 균등하게 할 수 있으므로 용적 및 가격이 크게 감소함을 알 수 있다. 따라서 제안하는 방식은 다수의 CCFL을 사용하는 대형LCD TV에 적용이 가능하다.

### 참 고 문 헌

[1] Yiyoung Sun, "Using PSpice to Determine Lamp Current Variation Due to Electronic Ballast Component Tolerances," IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.33, No.1, pp. 252-256,

jan/feb, 1997.

- [2] Jole A. Donahue, P.E. and Milan M. Jovanovic, "The LCC inverter as a cold cathode fluorescent lamp driver", APEC 1994, pp.427-433.
- [3] Lin et al., "Lamp Driving Topology," United States Patent, US6,559,606.
- [4] Ushijima et al., "INVERTER CIRCUIT FOR DISCHARGE LAMPS FOR MULTI-LAMP LIGHTING AND SURFACE LIGHT SOURCE SYSTEM," United States Patent, US20040155596.
- [5] Mu-Shen Lin, Wen-jung Ho, Fu-Yuan Shin, Dan Y.Chen and Yan-Pei Wu : A Cold-Cathode Fluorescent Lamp Driver Circuit with Synchronous Primary-Side Dimming Control, IEEE TRANS. ON Industrial Electronics. Vol. 45. No. 2. pp.249-255, April 1998.



#### 목형수(睦亨洙)

1963년 10월 31일생. 1986년 서울대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원(석사). 1992년 동 대학원 졸업(공학박사). 1992년~1996년 서울산업대 제어계측공학과 조교수. 1997년~현재 건국대 전기공학과 교수.



#### 최규하(崔圭夏)

1955년 7월 24일생. 1978년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1987년~1988년 미국 오레곤주립대 Post-Doc. 1997년~1998년 건국대 연구처장. 2002년~2004년 건국대 교무처장. 현재 건국대 전기공학과 교수, 에너지전자 신기술연구소 소장, 당 학회 부회장.

### 저 자 소 개



#### 양승욱(梁承旭)

1972년 10월 1일생. 1999년 호서대 전기공학과 졸업. 2001년 서울산업대 제어계측공학과 졸업(석사). 2004년 건국대학교 전기공학과 대학원 박사과정 수료. 2006년 현재 단암시스템즈(주) 선임연구원.



#### 이성주(李成周)

1973년 12월 7일생. 1998년 청주대 물리학과 졸업. 2000년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2006년 현재 단암시스템즈(주) 선임연구원.



#### 김호진(金湖鎭)

1966년 11월 24일생. 1990년 건국대 전기공학과 졸업(학사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동 대학원 전기공학과 대학원 박사과정 수료. 2006년 현재 단암시스템즈(주) 수석연구원.



#### 이해돈(李海敦)

1961년 8월 16일생. 1984년 건국대 공대 전기공학과 졸업(학사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2005년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 단암전자통신(주) 파워연구소 연구소장.