

## LCD Backlight를 위한 CCFL 구동용 인버터 트랜스포머의 설계와 응용

趙相鎬\*, 韓翔圭\*\*, 洪成洙\*\*\*, 司空石鎭\*\*\*\*, 權基鉉§, 李孝範§, 盧政煜†

## Design and Application of CCFL Drive Inverter Transformer for LCD Backlight

Sang-Ho Cho, Sang-Kyoo Han, Sung-Soo Hong, Sug-Chin Sakong, Gi-Hyun Kwon,  
Hyo-Bum Lee and Chung-Wook Roh

## 요 약

LCD TV의 대형화에 따라 하나의 백라이트용 냉음극 방전램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp ; CCFL)를 이용한 백라이트는 휘도의 한계가 있어 대형 디스플레이에서는 여러 개의 램프를 사용하여 필요한 휘도를 만들고 있다. 본 논문에서는 냉음극 방전램프 4개를 동시 구동하는 인버터 트랜스포머의 설계 기준을 제시한다. 제시된 기준에 따라 각기 다른 램프의 특성에도 동일한 관전류 출력을 보장하는 인버터 트랜스포머를 설계할 수 있다. 제안된 기준에 따라 설계된 트랜스포머를 실제 42인치용 LCD-TV용 대형 백라이트에 적용하여 실험을 통해 유용성을 검증한다.

## ABSTRACT

In a large screen sized LCD-TV, a backlight system with only one cold cathode fluorescent lamp(CCFL) can not meet brightness specification. Thus, considerable numbers of CCFLs are used to meet brightness specification. In this paper, the design guide for the inverter transformer which can drive 4 CCFLs instantaneously is presented. With the presented design, the inverter transformer that guarantee identical lamp currents under the nonidentical lamp characteristic condition, can be implemented easily. The developed inverter transformer is adopted in a 42" LCD-TV backlight. The experimental results are presented to show the validity of the presented design guide.

**Key Words** : LCD Backlight, CCFL, Inverter transformer

## 1. 서 론

LCD의 크기는 대형화되고 대형 백라이트 디스플레이

이에서는 한 개의 램프로 적절한 휘도를 표현하는데 한계가 있기 때문에 여러 개의 램프를 사용하게 된다.

그러나 램프가 동일한 제작 과정을 거치더라도 점등, 주파수, 전압, 전류특성이 같지 않아 램프의 관전류에 편차가 발생하게 된다. 따라서 램프 간 균등한 휘도를 표현하기 어렵고, 이는 LCD 백라이트의 품질 저하 문제로 이어진다. 따라서 각기 다른 특성의 램프를 사용하는 조건에서도 동일한 관전류를 출력할 수 있는 인버터 트랜스포머가 필요하다.

†교신저자 : 정회원, 국민대 전자정보통신공학부 부교수

E-mail : drno@kookmin.ac.kr

\*학생회원, 국민대 전자공학과 석사과정

\*\*정회원, 국민대 전자정보통신공학부 조교수

\*\*\*정회원, 국민대 전자정보통신공학부 부교수

\*\*\*\*정회원, 국민대 전자정보통신공학부 교수

§정회원, 삼성전기(주) P&M 사업부

접수일자 : 2007. 8. 16 1차 심사 : 2007. 10. 10

심사완료 : 2008. 1. 30

### 1.1 CCFL Backlight 인버터 구성

그림 1은 삼성 LCD TV에서 채용하고 있는 4-in-1 트랜스포머를 이용한 CCFL을 구동하기 위한 인버터의 블록도를 나타내고 있다. 그림과 같이 DC 전원이 전력 변환기의 스위치 온·오프 과정을 통해 AC 전원과 같은 파형의 전압이 발생되고, 인버터 트랜스포머를 통해 승압된 정현파의 전압과 전류가 발생된다. 이러한 전압과 전류가 각각 병렬 연결되어 있는 4개의 램프에 입력되면서 램프가 점등되고, 휘도를 표현하게 된다. 하지만 여러 개의 램프 관 전류 중 한 개의 램프 관 전류만 피드백을 통해 제어하기 때문에 램프 특성의 차이에 따른 각기 다른 관 전류가 발생하고, 램프 간 균등한 휘도를 표현하는데 어려움이 발생한다.

따라서 동일한 관 전류를 출력할 수 있는 인버터 트랜스포머의 설계는 중요한 요소가 되고 있지만, 지금까지의 인버터 트랜스포머는 명확한 설계 기준 없이 설계되어 많은 시행 착오와 소요 시간을 수반했다. 따라서 본 논문에서는 인버터 트랜스포머 개발 시 개발 기간 단축 및 개발 재료비를 절감할 수 있고, 시장 요구에 신속한 대응이 가능한 인버터 트랜스포머의 설계 기준을 제시하였다.

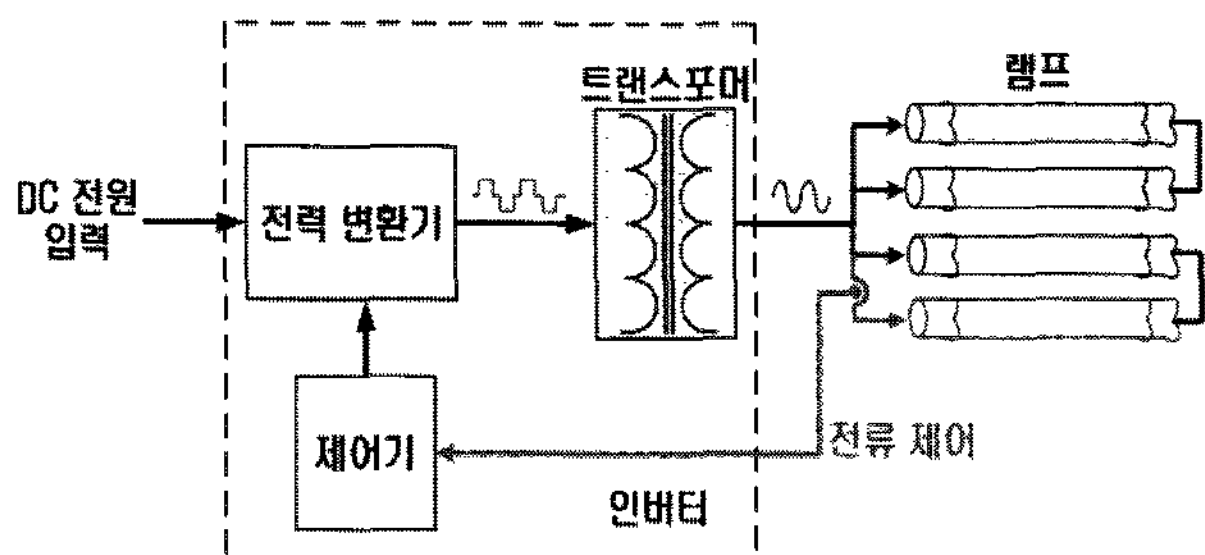


그림 1 CCFL을 구동하기 위한 인버터의 블록도  
Fig. 1 Block diagram of inverter for CCFL drive

### 1.2 인버터 트랜스포머와 램프의 모델링

그림 2는 CCFL 구동용 4-in-1 트랜스포머의 실제 형상과 트랜스포머 및 램프를 모델링 한 등가회로를 나타내고 있다.

CCFL 구동용 4-in-1 트랜스포머는 그림과 같이 한 개의 트랜스포머로 4개의 램프를 점등하는 구조로서, 큰 누설 인덕턴스에 의해 큰 램프 편차에도 전류 평형을 위한 밸런스 보드 없이도 전류 평형이 가능한 장점이 있다.

본 논문에서는 LCD TV의 화면이 42인치용이며, 16개의 램프가 균등한 배열로 설치되어 있는 LCD 백라이트를 구동하기 위한 인버터 트랜스포머를 설계 한

다. LCD 백라이트를 위한 CCFL 구동용 인버터 트랜스포머와 2 차 측의 각각 단자에 직렬로 연결된 램프는 그림 2와 같이 모델링 할 수 있다.

2 차 측에서 보이는 등가 인덕턴스( $L_{eq}$ )는 절반으로 나뉘어져 각각의 램프에 직렬로 연결되어 있다고 가정한다. 또한 정상 상태에서 전류 분배를 통해 일정한 전류를 출력하기 위한 패턴 캐패시턴스( $C_{patt}$ )는 램프와 병렬로 연결되어 있다. 램프는 부성저항의 특성을 갖는 저항( $R$ )과 기생 캐패시턴스( $C_p$ )가 병렬 연결되어 있는 구조로 모델링 할 수 있다<sup>[1]</sup>. 램프의 다른 한 단자는 접지되어 있다. 이러한 트랜스포머 4개가 병렬로 구동되어 16개의 램프를 점등한다.

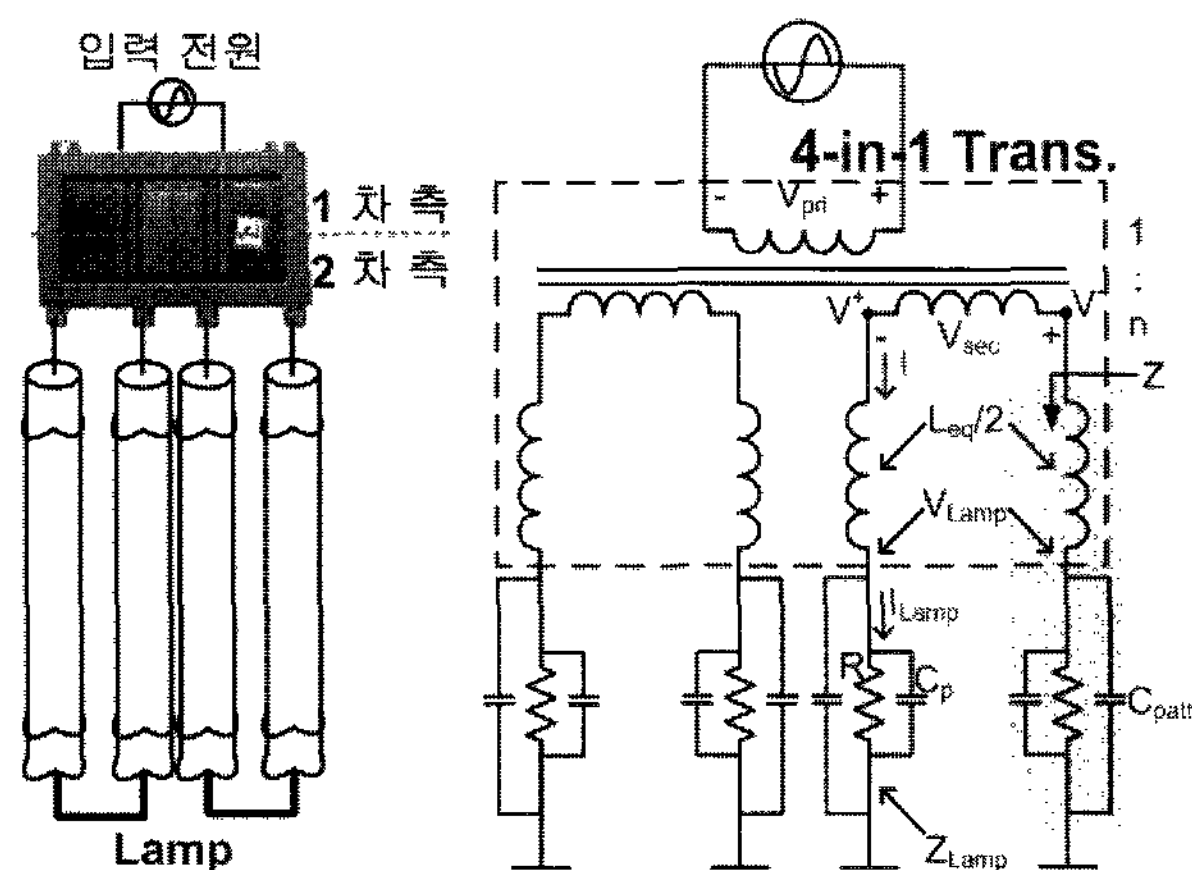


그림 2 4-in-1 트랜스포머와 모델링 등가 회로  
Fig. 2 4-in-1 Transformer and modeling equivalent circuit

## 2. 인버터 트랜스포머의 설계 과정

본 논문에서는 트랜스포머 2 차 측의 각각 단자에 연결된 램프의 특성이 다를 경우에도, 허용 범위 내의 전류를 출력할 수 있는 트랜스포머를 설계하는 것을 목적으로 한다.

### 2.1 램프 및 등가 인덕턴스의 임피던스 계산

트랜스포머의 2차 측에 연결된 램프는 부성 저항의 특성을 갖는 저항( $R$ )과 기생 캐패시턴스( $C_p$ )의 병렬 구조로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Z_{Lamp} = R \parallel \frac{1}{j\omega C_p} = \frac{R}{1 + j\omega C_p R} \tag{1}$$

$$= \frac{R - j\omega C_p R^2}{1 + (\omega C_p R)^2}$$

여기에서  $\omega = 2\pi f_s$ 로서,  $f_s$ 는 동작 주파수이다.

또한 저항  $R$ 은 램프 전압( $V_{Lamp}$ )과 램프 전류( $I_{Lamp}$ )가 스펙으로 주어지면 식(1)을 이용해 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$|Z_{Lamp}| = \left| \frac{R - j\omega C_p R^2}{1 + (\omega C_p R)^2} \right| = \left| \frac{V_{Lamp}}{I_{Lamp}} \right| \quad (2)$$

$$\rightarrow R = \sqrt{\frac{V_{Lamp}^2}{I_{Lamp}^2 - (\omega C_p V_{Lamp})^2}}$$

트랜스포머 2 차 측에서 보이는 등가 임피던스( $Z$ )는 램프와 패턴 캐패시턴스( $C_{Patt}$ )의 병렬 구조에 절반의 등가 인덕턴스가 직렬 연결된 값으로서 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Z = j\omega \frac{L_{eq}}{2} + \left( R \parallel \frac{1}{j\omega C} \right) \quad (3)$$

$$= \frac{R}{1 + (\omega CR)^2} + j \left( \omega \frac{L_{eq}}{2} - \frac{\omega CR^2}{1 + (\omega CR)^2} \right)$$

여기에서  $C = C_p + C_{patt}$ 이다.

### 2.2 권선 비 결정

그림 1에서 램프 전류( $I_{Lamp}$ )는 전류  $I$ 가 전류 분배 법칙에 의해 램프로 나뉘어 들어가는 전류로서 전류  $I$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$I = I_{Lamp} \times \frac{Z_{Lamp} + Z_{Cpatt}}{Z_{Cpatt}} \quad (4)$$

여기에서  $Z_{Cpatt} = \frac{1}{j\omega C_{patt}}$ 이다.

따라서 그림 2에서 램프에 원하는 전류를 흘려주기 위해 필요한 트랜스포머 2 차 측 전압은 각각  $V^+$ 와  $V^-$ 이고, 그 값은 각각  $V^* = V^+ = V^- = I \times Z$ 이다. 전압  $V^+$ 와  $V^-$ 는 RMS 값으로서 서로 크기는 같고, 위상은 반대인 정현파이다.

그림 2에서 트랜스포머 2 차 측의 양단 전압  $V_{sec}$ 의 피크값은  $V_{sec} |_{peak} = 2\sqrt{2} V^*$ 인 정현파임을 알 수 있다.

그림 2에서 트랜스포머 1 차 측의 양단 전압  $V_{pri}$ 의 기본과 성분의 피크값을 푸리에 변환으로 구하면 다음

과 같이 표현할 수 있다<sup>[2]</sup>.

$$V_{pri} |_{peak} = \frac{2 V_{in}}{\pi} (\sin D\pi + \sin (1 - D)\pi) \quad (5)$$

여기에서  $V_{in}$ 은 입력 전압,  $D$ 는 시비율을 의미한다. 트랜스포머의 권선 비  $n$ 은 위에서 구한 1 차 측과 2 차 측의 전압에 의해 아래와 같이 표현된다.

$$n = \frac{V_{sec} |_{peak}}{V_{pri} |_{peak}} = \frac{\sqrt{2}\pi \cdot V^*}{V_{in} (\sin D\pi + \sin (1 - D)\pi)} \quad (6)$$

권선 비  $n$ 을 결정함으로써 1 차 측 전압에 따른 2 차 측 전압을 알면, 특성이 다른 램프를 트랜스포머에 적용 시, 임의의 등가 인덕턴스  $L_{eq}$ 에 따른 전류 편차 정도를 알 수 있다.

### 2.3 트랜스포머 설계

특성이 다른 램프를 트랜스포머에 적용 시, 전류 편차 스펙을 만족하는 임의의 등가 인덕턴스  $L_{eq}$ 를 알면 그에 따른 트랜스포머의 자화 인덕턴스( $L_m$ ), 1 차·2 차 누설 인덕턴스( $L_{L1}$ ,  $L_{L2}$ )를 다음의 식을 통해 알 수 있다.

$$L_{eq} = (L_{L1} \parallel L_m)n^2 + L_{L2} \quad (7)$$

$$\rightarrow L_{L2} = L_{eq} - \frac{L_{L1}L_m}{L_{L1} + L_m}n^2$$

1 차 측 누설 자속을 일으키는 결합도와 2 차 측 누설 자속을 결정하는 결합도가 같다고 가정하고 결합 계수  $k$ 를 정리하면 다음 식 (8)과 같다.

$$k = \frac{L_m}{L_{L1} + L_m} = \frac{n^2 L_m}{L_{L2} + n^2 L_m}$$

$$L_{L1} = \frac{1 - k}{k} L_m = \frac{L_{L2}}{n^2} \quad (8)$$

→

$$L_m = \frac{k L_{L2}}{(1 - k)n^2}$$

식 (8)을 식 (7)에 대입하여 다음의 식 (9)를 얻을 수 있다.

$$L_m = \frac{kL_{L2}}{n^2(1-k)}$$

$$\therefore L_{L1} = \frac{(1-k)L_m}{k} \quad (9)$$

$$L_{L2} = \frac{L_{eq}}{1+k}$$

여기에서  $k$ 는 결합 계수를 의미한다.

식 (9)를 이용해 트랜스포머의 자화 인덕턴스( $L_m$ ), 1차·2차 누설 인덕턴스( $L_{L1}$ ,  $L_{L2}$ )의 값을 알 수 있다. 일반적인 인덕턴스  $L$ 은 식 (10)과 같이 계산될 수 있으므로<sup>[3]</sup>, 본 논문에서 트랜스포머 설계에 필요한 1차 축 턴 수는 원하는 가변  $L_{eq}$  값과 변압기의 결합 계수  $k$  그리고 권선비  $n$ 이 주어지면 원하는  $L_m$ ,  $L_{L1}$ ,  $L_{L2}$ 의 값이 결정된다. 따라서 트랜스포머 코어의 형상과 투자율  $\mu$ , 코어의 단면적  $A_c$  등의 파라미터가 결정되면 식 (10)에 의해 트랜스포머의 1차 축 권선 수  $N_{pri}$ 와 2차 축 권선 수  $N_{sec}$ 를 알 수 있다.

$$L = \frac{\mu N^2 A_c}{l_m} \quad \rightarrow \quad N_{pri} = \sqrt{\frac{(L_m + L_{L1})l_m}{\mu A_c}} \quad (10)$$

여기에서  $A_c$ 는 코어의 단면적,  $l_m$ 은 코어의 자로의 길이,  $\mu$ 는 코어의 투자율을 의미한다.

### 2.4 영전압 스위칭 (ZVS) 조건 확인

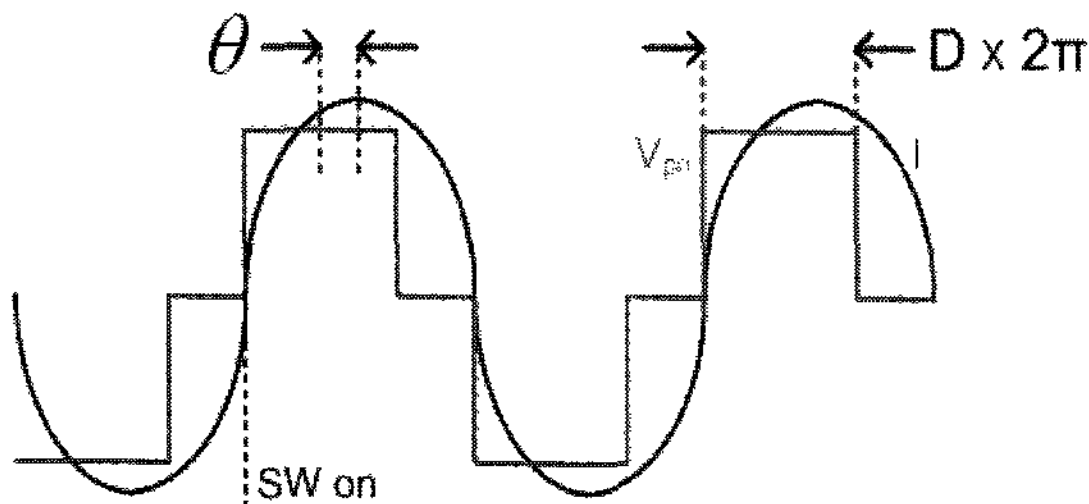


그림 3 ZVS를 가능하게 하는 최악의 조건  
Fig. 3 Worst case for zero voltage condition

그림 3는 인버터에 사용된 스위치 소자의 ZVS를 가능하게 하는 최악의 조건을 나타내고 있다. 그림 2는 인버터의 스위치가 턴 온되는 순간 스위치에 역전류가 흐르기 시작하는 순간을 보여주고 있다. 트랜스포머 1차 축의 전압과 전류가 최소한  $\theta$  이상의 위상 차이가 보장되어야 스위치의 ZVS를 보장할 수 있다.  $\theta$ 는 다음과 같이 표현할 수 있고,  $\theta + 180^\circ$ 의 위상 차이까지 ZVS를 가능하게 한다.

$$\theta = \frac{0.5 - D}{2} \times 180^\circ \quad \therefore \theta < \angle Z < \theta + 180^\circ \quad (11)$$

## 3. 설계 및 실험 결과

인버터 트랜스포머 설계에 앞서 아래의 값들은 알고 있다고 가정한다.

- $L_{eq}$  : 트랜스포머 2차 축에서 본 등가 인덕턴스.  
$$L_{eq} = (L_{L1} \parallel L_m) n^2 + L_{L2}$$
- $C$  : 램프 캐패시턴스( $C_p$ )와 패턴 캐패시턴스( $C_{patt}$ )의 합.
- $V_{Lamp}$  : 램프 전압
- $I_{Lamp}$  : 램프 전류
- $V_{in}$  : 트랜스포머 1차 축 입력 전압
- $D$  : 트랜스포머 1차 축 전압 시비율
- $f$  : 동작 주파수
- $k$  : 트랜스포머 결합 계수

### 3.1 트랜스포머 설계

설계 조건은 다음과 같다. 인버터 트랜스포머 2차 축의 각 단자에 연결된 램프는 부성 저항의 특성을 갖는 저항으로 모델링 할 수 있는데, 이 저항 값이 램프마다 조금씩 다를 경우에도 램프 전류는 스펙 내의 전류 편차를 만족해야 한다. 또한 트랜스포머의 등가 인덕턴스에 의해 생기는 등가 임피던스( $Z$ )의 위상은 그림 3의 ZVS를 보장해야 한다. 이러한 조건을 만족하는 등가 인덕턴스( $L_{eq}$ )를 선정 후, 이 값을 바탕으로 인버터 트랜스포머를 설계한다. 본 논문에서 설계할 인버터 트랜스포머의 설계 조건 및 상수 값은 아래 표와 같다.

표 1 인버터 트랜스포머의 설계 조건 및 상수 값  
Table 1 Design specification and parameter value

$L_{eq}$	임의 선정	$R$	$174.5k\Omega \pm 5\%$
$C_p$	11.4pF	$V_{in}$	24V
$C_{patt}$	6.9pF	$D$	0.34
$V_{Lamp}$	1100V <sub>rms</sub>	$f$	62.5kHz
$I_{Lamp}$	8mA <sub>rms</sub>	$k$	0.84

표 2 트랜스포머 코어의 설계 변수

Table 2 Parameter value for transformer core

$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$l_m$ [mm]	$\mu_r$
43	140.8	1300

본 논문의 2장에서 유도한 수식을 바탕으로, 표 1과 2의 값들을 적용하였다. 아래의 표 3은 인버터 트랜스포머의 자화 인덕턴스( $L_m$ ), 1 차·2 차 누설 인덕턴스( $L_{L1}$ ,  $L_{L2}$ )의 값과 이에 따른 1 차 측 및 2 차 측의 권선 수를 나타내었다. 그림 4는 본 논문이 제시하는 인버터의 트랜스포머 설계에 관한 순서도이다. 임의의 등가 인덕턴스( $L_{eq}$ )를 선정 후, 그 값이 스위치의 ZVS와 관 전류 스펙을 만족하는지 확인한다. 그림 5는 그림 4의 순서도를 컴퓨터 프로그램을 이용해 인버터 트랜스포머 설계 툴로 작성한 것이다. 설계자가 임의의 등가 인덕턴스( $L_{eq}$ )를 선정한 후, 전류 편차 스펙과 ZVS 조건이 만족하는 것을 확인한 후 트랜스포머의 각 인덕턴스 값과 권선 수를 확인한다.

표 3 인버터 트랜스포머의 설계 지표  
Table 3 Design guide for inverter transformer

$L_m$	$L_{L1}$	$L_{L2}$	$n$	$N_1$	$N_2$
210 $\mu$ H	40 $\mu$ H	364mH	95.374	22	2098

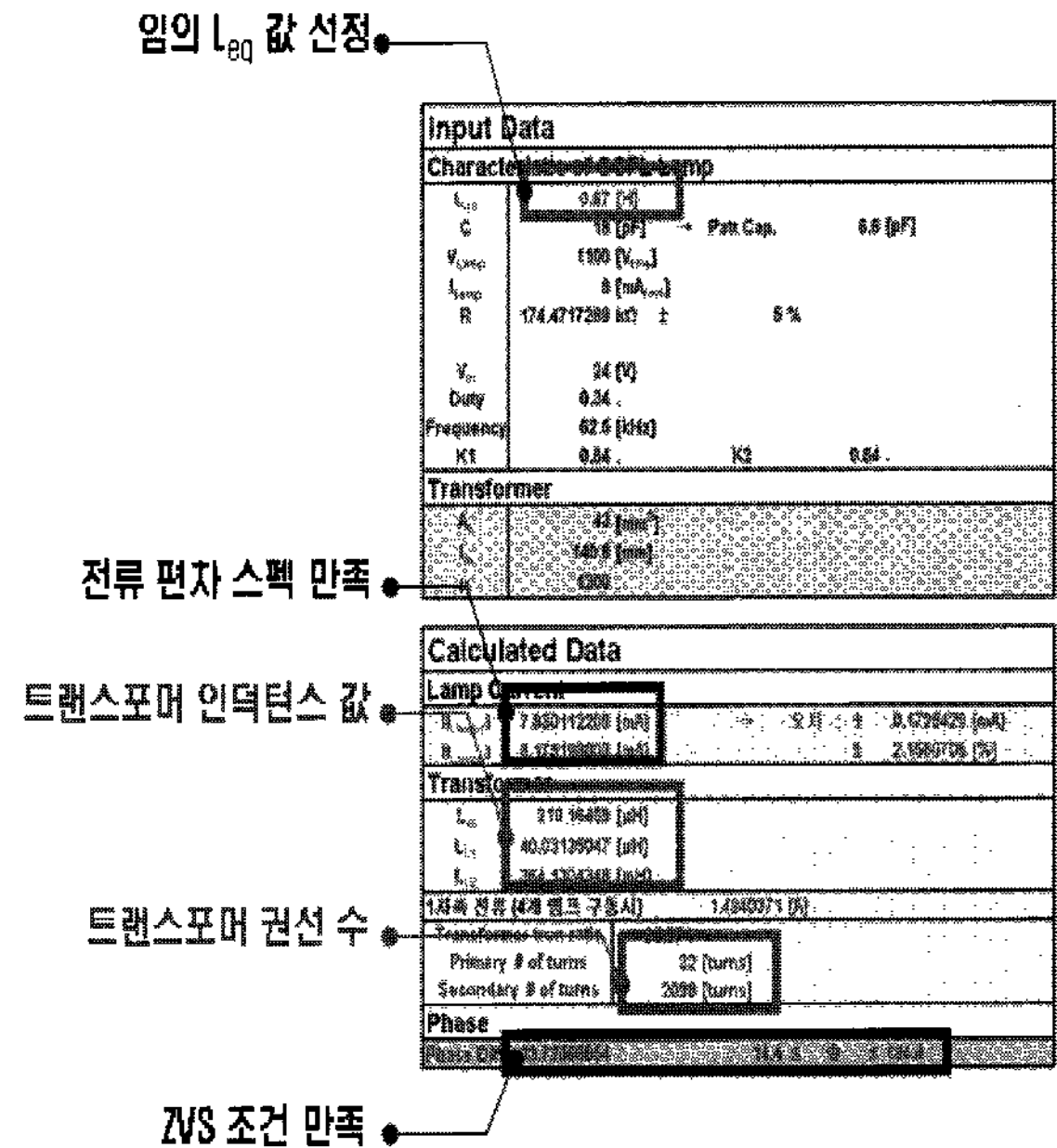


그림 5 인버터 트랜스포머 설계 툴  
Fig. 5 Design tool for inverter transformer

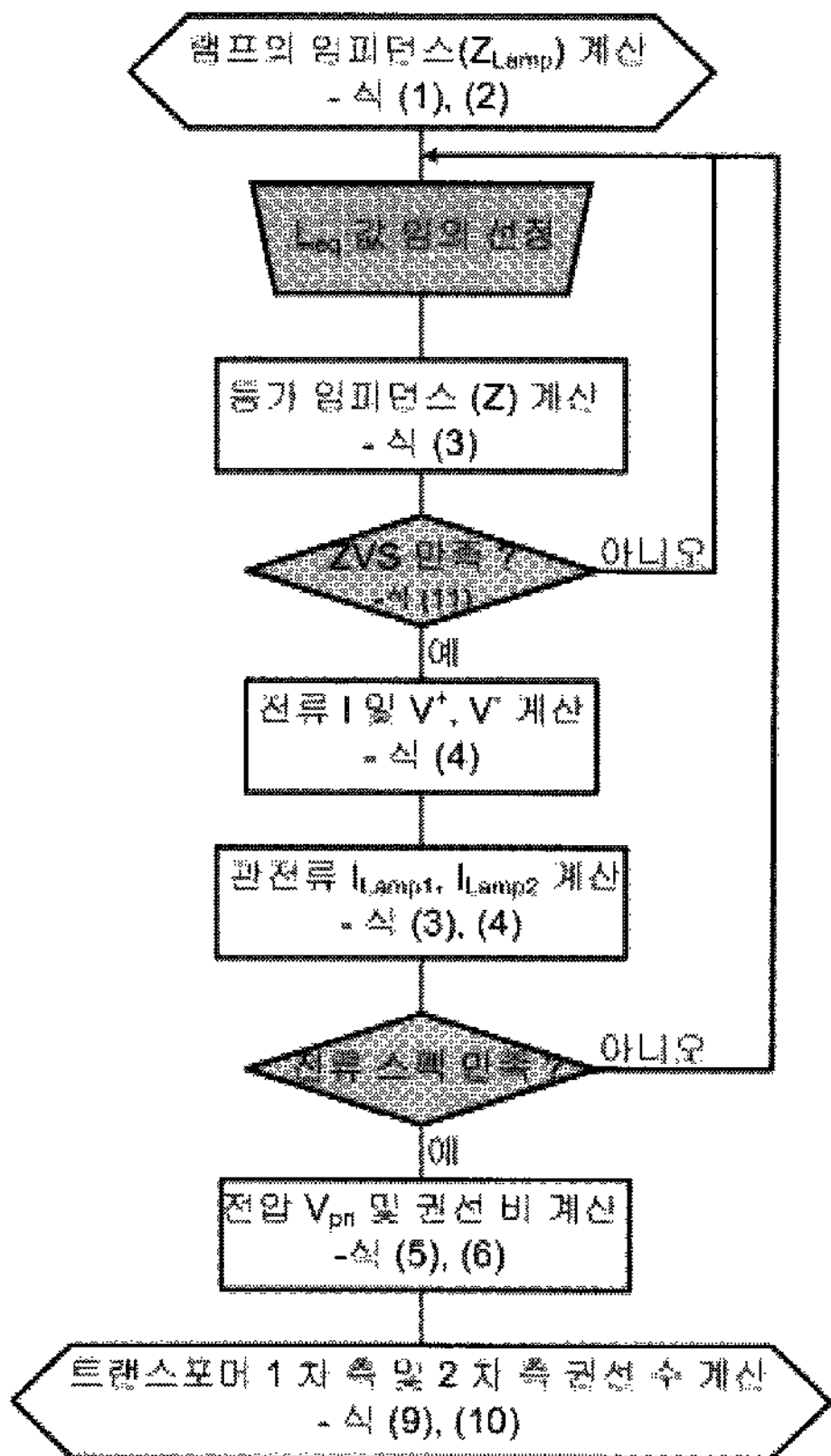


그림 4 인버터 트랜스포머의 설계를 위한 순서도  
Fig. 4 Flow chart for inverter transformer design

### 3.2 실험 결과

표 3의 값을 바탕으로 회로 및 트랜스포머를 구성해 본 논문의 타당성을 검증하였다.

본 논문에서는 냉음극 방전램프 16개를 사용하는 42인치 LCD TV용 대형 백라이트 구동을 위한 인버터의 트랜스포머를 설계하였다.

실제 설계된 4-in-1 트랜스포머의 각 인덕턴스 값을 측정하여 표 4에 나타내었다. 표 4에서 확인할 수 있듯이 설계에 의한 각 인덕턴스 값과 트랜스포머를 실제 제작 후 측정된 값이 유사함을 알 수 있다. 또한 정상 상태에서의 관전류 측정 실험 결과를 RMS 값으로 아래 표 5에 나타내었다. 또한 그림 6은 16개의 냉음극 방전램프의 관전류가 모두 전류 스펙(관전류 :  $8.0mA_{rms} \pm 0.5mA_{rms}$ )을 만족함을 보여주고 있다. 그림 7은 각 관 전류의 파형으로서, Asymmetric ratio 스펙 (10% 이하)도 만족함을 보여준다.

설계 데이터와 실제 실험 데이터를 비교 검증함으로써 제안된 방법의 유효성을 입증하였다.

표 4 설계 값과 실측 값  
Table 4 Design guide value and measurement value

	$L_m$	$L_{L1}$	$L_{L2}$
설계 값	210 $\mu$ H	40 $\mu$ H	364mH
실측 값	188 $\mu$ H	40 $\mu$ H	378mH



표 5 각 램프의 램프 전류 값  
Table 5 Lamp current of 16 lamps

Lamp #	전류 [mA <sub>rms</sub> ]	Lamp #	전류 [mA <sub>rms</sub> ]
1	8.22	9	8.24
2	8.10	10	7.91
3	8.06	11	8.06
4	8.20	12	8.20
5	8.12	13	8.17
6	8.22	14	8.02
7	8.19	15	8.02
8	7.90	16	7.98

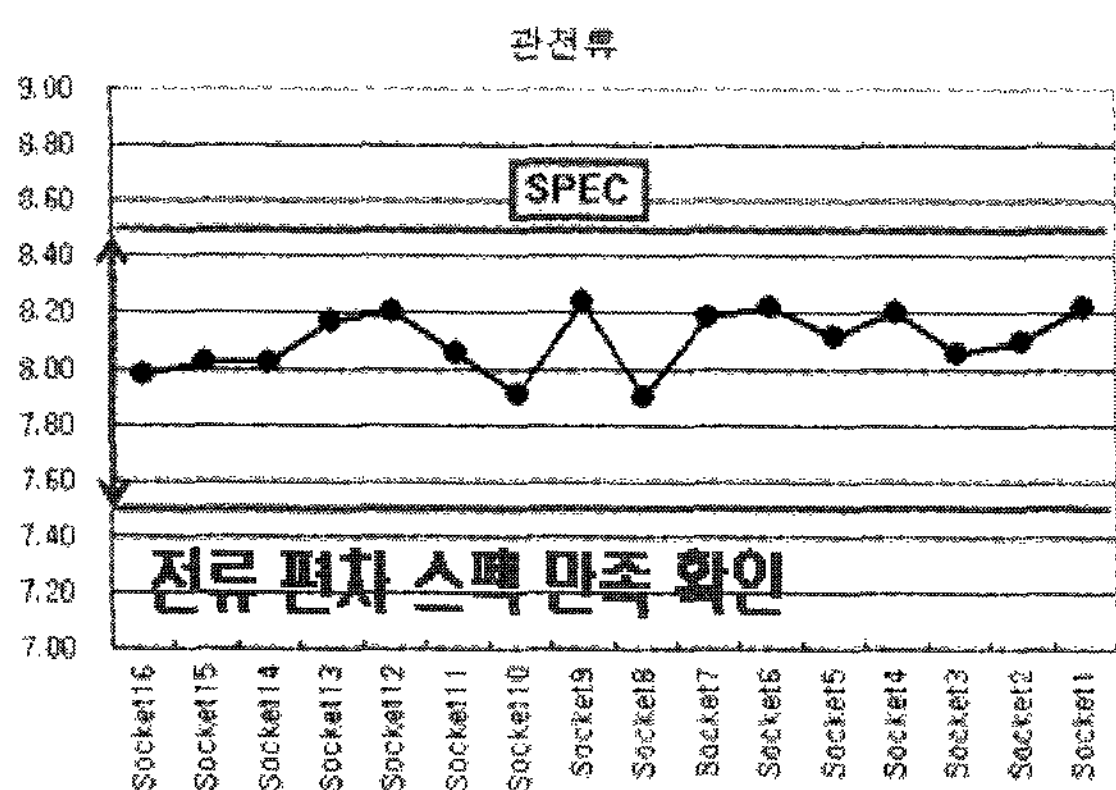


그림 6 각 램프의 관전류 값 및 전류 스펙  
Fig. 6 Lamp current of 16 lamps and specification

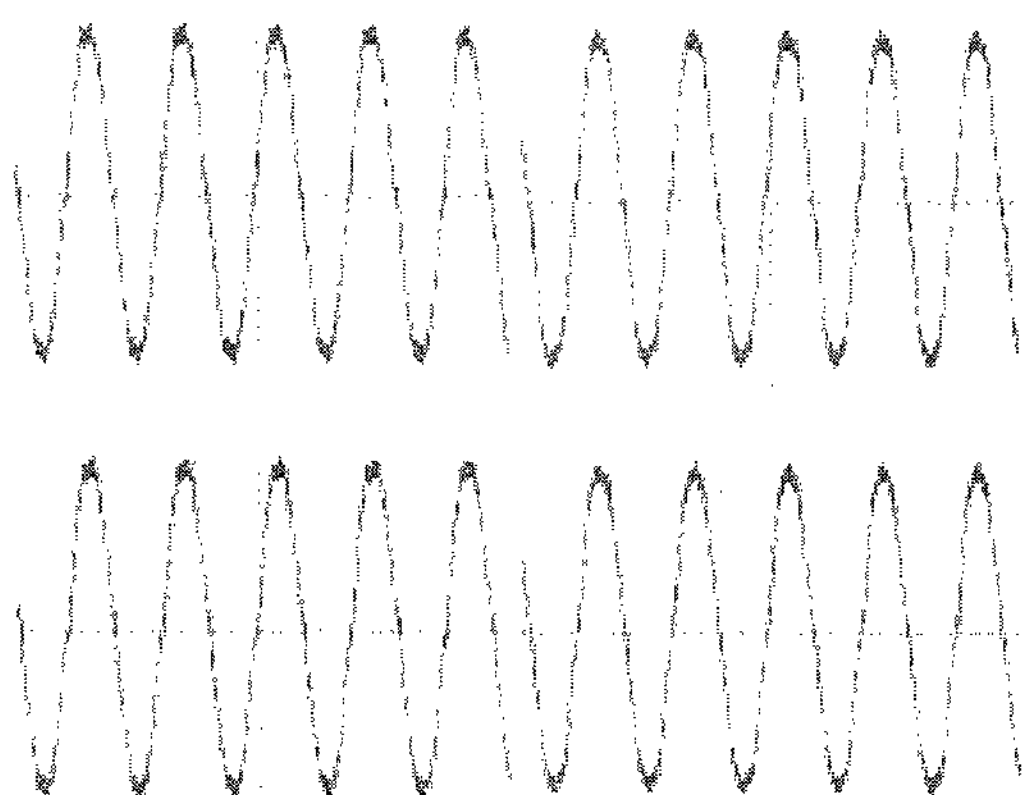


그림 7 관 전류의 Asymmetric ratio (5mA/div, 10us/div)  
Fig. 7 Asymmetric ratio of lamp current (5mA/div, 10us/div)

#### 4. 결론

본 논문은 CCFL을 이용한 백라이트의 경우, CCFL의 각기 다른 특성에 따라 램프의 관 전류에 편차가

생기고, 이에 따라 품질이 저하되는 현상을 해결할 수 있는 인버터 트랜스포머의 설계 방법을 제시하였다.

그림 4에서 나타낸 순서도에 의해 설계된 트랜스포머는 실험을 통해 16개의 램프 관 전류를 비교한 결과 설계 값과 부합하는 결과를 얻을 수 있었다.

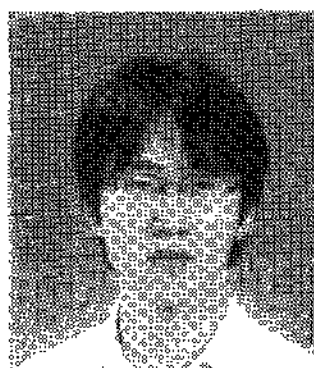
이러한 설계 방법은 LCD 응용을 위한 트랜스포머 선정 Tool로 개발하였고, 인버터 개발 시 트랜스포머 개발 기간 단축 및 개발 재료비를 절감할 수 있을 뿐 아니라, 시장 요구에 대한 신속한 대응도 가능할 것으로 기대된다.

이 논문은 (주)삼성전기의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

#### 참 고 문 헌

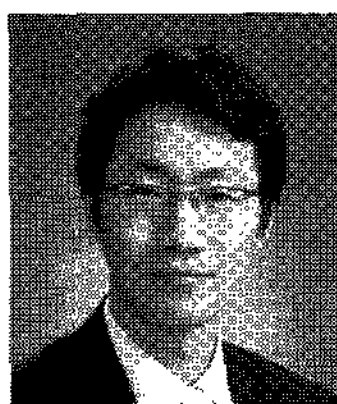
- [1] Hong-Sun Park, Jung-Woon Lee, Seung-Hak Yang, Young-Cheol Lim, Chang-Sun Yun, "Modeling of CCFL for the Large Screen LCD Backlight using IsSpice.", 2007년도 전력전자학술대회 논문집, pp.503-505, 2007. 7.
- [2] 최규하, "블록 쌓기와 푸리에 급수", 전력전자학회지, 제7권, 제5호, pp.24-28, 2002. 10.
- [3] Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic, " Fundamentals of Power Electronics, 2nd Edition.", pp.491-498.

#### 저 자 소 개



**조상호(趙相鎬)**

1982년 1월 2일생. 2006년 국민대 공과대학 전자정보통신공학부 졸업. 2006년~현재 동 대학원 전자공학과 석사과정.



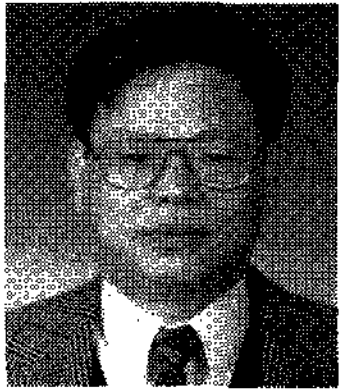
**한상균(韓翔圭)**

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



**홍성수(洪成洙)**

1961년 1월 25일생. 1984년 서울대 전기 공학과 졸업. 1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박). 1984년~1999년 현대전자(주) 정보통신 연구소 책임연구원. 1999년~현재 국민대 전자정보통신공학부 부교수.



**사공석진(司空石鎭)**

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



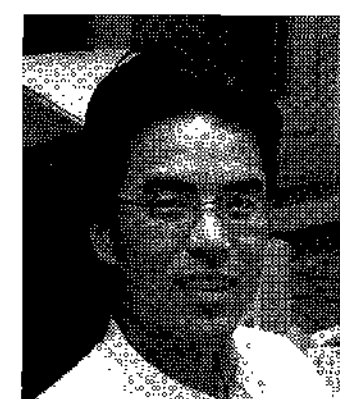
**권기현(權基鉉)**

1975년 1월 12일생. 1998년 서남대 전기 공학과 졸업. 2000년 전남대 대학원 전기 공학과 졸업(석사). 2000년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. 2001년~2003년 한국과학기술원 학생연구원. 2003년~현재 삼성전기 선임연구원.



**이효범(李孝範)**

1956년 2월 18일생. 1980년 항공대 전자공학과 졸업. 2002년~2005년 삼성전기 영상 Network 사업본부 Digital사업부장. 2005년 1월~2005년 12월 삼성전기 RF사업부 Power사업팀장. 2006년~현재 삼성전기 Power사업팀장.



**노정욱(盧政煜)**

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