

LCD-TV용 PFC Direct 구동 인버터의 설계와 응용

高泰錫^{*}, 鄭鏞准^{**}, 洪成洙^{***}, 韓翔圭^{****}, 張炳埈[§], 張榮洙^{§§}, 韓昇昊^{§§§}, 盧政煜[†]

Design and Application of PFC Direct Drive Inverter for LCD-TV

Tae-Seok Ko, Yong-Joon Jung, Sung-Soo Hong, Sang-Kyu Han, Byung-Jun Jang,
Young-Su Jang, Seung-Ho Han, and Chung-Wook Roh

요 약

기존의 LCD-TV의 백라이트 모듈로 사용되는 CCFL(Cold Cathode fluorescent Lamp:냉 음극형 형광램프)을 구동 하는 인버터 회로는 3단으로 구성되어 전체 시스템의 효율저하 문제가 발생한다. 본 논문에서 제안된 회로는 DC/DC단을 사용하지 않아 전체 시스템의 효율을 향상 시킬 수 있다. 역률 개선을 위한 PFC(Power Factor Corrector)단의 출력 전압을 인버터의 입력전압으로 사용하여 CCFL을 구동한다. 인버터에서는 4-in-1트랜스포머를 사용하여 CCFL간의 전류평형 및 동시점등을 이룰 수 있으며, 전류평형을 위한 부가회로가 불필요하다. 인버터 시스템을 2단으로 구성하여 회로구성이 간소화되고 회로의 부피 및 제작 원가를 저감 할 수 있다. 제안된 기준에 따라 설계한 인버터를 40인치 LCD-TV용 백라이트 모듈에 적용한 실험결과를 통해 유용성을 검증한다.

ABSTRACT

The conventional CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp) inverter used in the backlight unit for LCD-TV, composed of the three power stage, can degrade the whole power conversion efficiency. In this paper, a novel scheme to drive the CCFL, composed only of the two power stage without using a dc/dc power stage, is proposed to enhance the whole power conversion efficiency. By adopting the proposed "4-in-1 Transformer", the current balance and the simultaneous ignition among the four CCFL lamp are assured with the one inverter circuit. The proposed scheme features the simple circuit structure, which can save the volume and the cost in the LCD backlight unit. Design considerations are discussed and design procedures are derived. Experimental results of the proposed scheme for 40" LCD-TV are presented to confirm the theoretical analysis.

Key Words : CCFL, Inverter, PFC direct drive

1. 서 론

LCD-TV의 소비전력은 TV패널의 크기가 커질수록 증가하게 되며 대화면 TV의 경우 소비전력은 전원회로 설계 시 주요 고려사항이다.

본 논문에서는 대화면 TV의 백라이트 구동을 위한 인버터 시스템을 설계함에 있어서 기존의 방식보다 적은 소자수를 사용하며 고효율로 동작하는 우수한 성능의 인버터 시스템을 제안한다. LCD는 자체 발광을 할 수 없어 백라이트를 필요로 하며 주로 CCFL을 사용한다. 대화면 LCD-TV는 패널의 크기가 커짐에 따라 CCFL을 다수 개 사용하여 전체 패널에 빛을 균등히

[†]교신저자 : 정회원, 국민대 전자정보통신공학부 부교수

E-mail : drno@kookmin.ac.kr

^{*}학생회원, 국민대 전자공학과 석사과정

^{**}정회원, (주)LIG 넥스원 연구원

^{***}정회원, 국민대 전자정보통신공학부 부교수

^{****}정회원, 국민대 전자정보통신공학부 조교수

[§]정회원, 국민대 전자공학과 부교수

^{§§}정회원, 삼성전기(주) P&M 사업부 주임연구원

^{§§§}정회원, 삼성전기(주) P&M 사업부 책임연구원

접수일자 : 2009. 11. 9

1차 심사 : 2009. 11. 30

심사완료 : 2009. 12. 24

전달하기 때문에 대화면 패널 일수록 소비전력이 증가하게 된다. CCFL을 위한 인버터 설계 시 주요 고려사항은 램프점등을 위한 고전압을 발생 시켜야하고 램프간의 동시점등과 다수 개의 CCFL간의 램프전류가 일정한 사양이내에서 편차를 갖도록 해야 TV화면을 보았을 때 이상을 느끼지 못한다. 다수의 CCFL을 구동시 램프전류평형과 동시점등을 위해 추가적인 부가회로를 사용한 다양한 방법들이 연구 되어왔다.^[1] 이러한 방식은 사용되는 소자수가 많고 회로의 부피를 증가시켜 제작 원가가 상승하는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해 한 개의 트랜스포머로 4개의 CCFL을 동시구동할 수 있으며 트랜스포머 자체의 인덕턴스를 사용하여 CCFL간의 동시점등과 전류평형을 만족하는 4-in-1트랜스포머를 사용하는 것이 최근의 추세이다.^{[2][3]}

기존의 LCD-TV를 구동하기 위한 전원 시스템은 CCFL을 구동하기 위해 역률개선을 위한 PFC출력을 일정한 DC전압으로 낮추어 인버터 회로의 입력전압으로 사용하는 3단 구조로 이루어져 있다. 제안하는 인버터 시스템은 인버터 입력전압을 생성하는 별도의 회로 없이 역률개선을 위한 PFC회로의 출력전압을 인버터 입력전압으로 사용하도록 전원 시스템을 구성하였다.

그림 1의 (a)에 기존에 사용 중인 백라이트 전원회로의 블록도를 나타내었다. 역률개선을 위한 PFC단, 절연과 일정한 DC전압을 생성하기 위한 DC/DC단 그리고 인버터단의 3단으로 구성된다. 본 논문에서 제안하는 인버터 시스템은 그림1의 (b)에 나타내었다. PFC단과 인버터 단을 연결한 구조로 전원시스템을 2단으로 구성하여 소자수를 줄이고 회로의 부피를 감소시켰다. DC/DC단의 삭제로 문제가 발생할 수 있는 안전절연은 인버터에서 사용되는 자기 소자를 절연 형 몰딩 트랜스포머를 사용함으로써 만족할 수 있다. 인버터는 2개의 스위치를 사용하는 브리지 형 토폴로지인 하프 브리지를 사용하여 PFC출력 전압을 인버터의 입력 전압으로 받아 4-in-1트랜스포머를 통해 다수개의 램프를 구동한다.

기존의 3단 구성과는 달리 제안하는 방식은 2단 구성으로 이루어져 DC/DC단에서 발생하는 효율저하 문제를 해결하여 기존의 회로보다 우수한 효율로 동작하며, CCFL 구동에 신뢰성 있고 우수한 동작성능을 갖고 있음을 실험을 통해 검증한다.

2. PFC Direct 구동 하는 인버터의 동작

그림 2는 본 논문에서 제안하는 방식인 2단 구성의 인버터 시스템의 인버터 회로를 나타내었다. 인버터회로를 구성하는 요소는 전력 변환을 위한 스위치 2개

S_1, S_2 , 4-in-1트랜스포머의 자화 인덕턴스 L_m , 1차 측 누설인덕턴스 L_{l1} , 2차 측 누설인덕턴스 L_{l2} , DC 블로킹 커패시터 C_r , 그리고 램프에 병렬로 연결된 공진 커패시터 C_p 로 구성되어있다. CCFL은 트랜스포머 1개당 4개의 램프가 2차 측 권선의 끝에 연결되어 있어 단순히 램프를 병렬로 연결하는 방법과는 달리 모든 램프의 동시점등이 가능하다.

램프는 트랜스포머의 각 권선과 2차 측 그라운드 사이에 연결하여 트랜스포머 2차 측 양단에 유기된 AC 전압이 각 램프에 절반씩 유기되며 그 위상은 1개의 2차 측 권선에 연결된 램프 2개는 서로 역 위상을 갖고, 램프에 병렬로 연결된 공진 커패시터 C_p 는 초기 기동시 램프에 필요한 고전압이 유기되도록 역할하며 정상 동작시엔 램프전류의 고조파 노이즈를 필터링 한다.

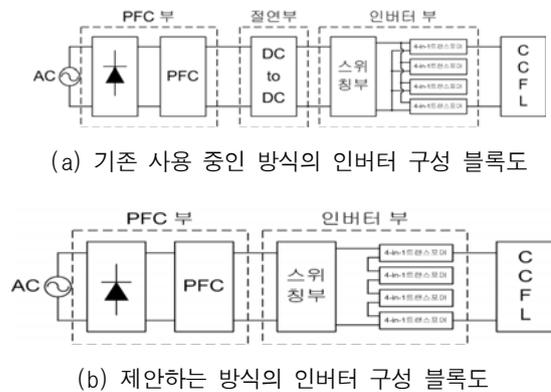


그림 1 CCFL 구동을 위한 인버터 구성 블록도
Fig. 1 Block diagram of the conventional Inverter to drive CCFL

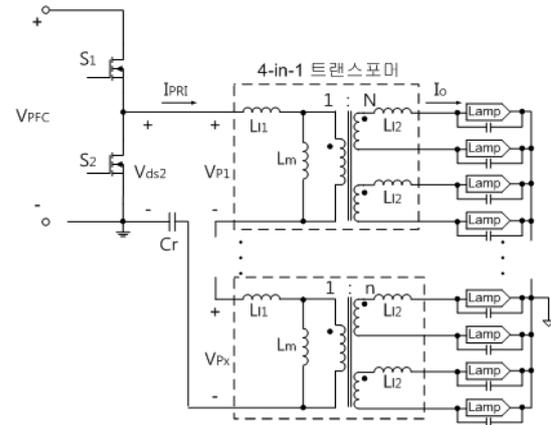
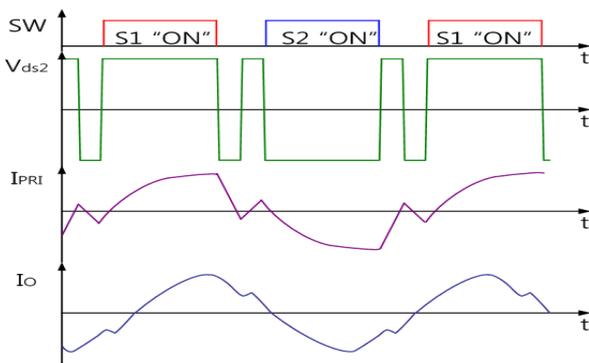


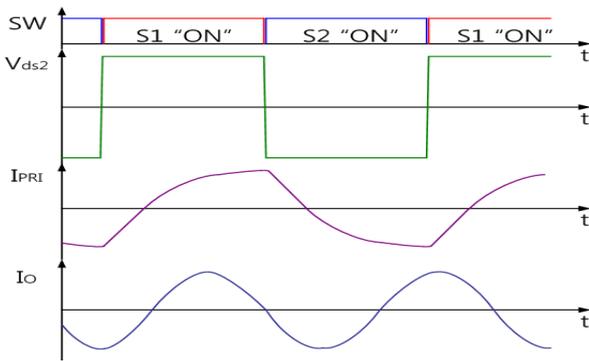
그림 2 PFC Direct 구동 하는 인버터의 회로도
Fig. 2 Circuit diagram of PFC Direct drive inverter

2.1 제안된 인버터 시스템의 특징

대화면 LCD-TV 백라이트를 구성하는 패널은 다수개의 CCFL을 필요로 한다. 다수개의 램프를 구동하기 위해 4-in-1트랜스포머를 여러 개 사용해야 하며 모든 트랜스포머의 1차 측을 직렬로 연결하였다. 다수개의 4-in-1트랜스포머의 1차 측을 직렬로 연결함으로써 PFC출력 전압을 각 트랜스포머에 나누어 인가된 DC/DC단에서 하는 강압과 같은 효과를 갖으며, 모든 트랜스포머의 1차 측 전류가 단1개의 도통 경로를 통해 도통하므로 모든 트랜스포머 1차 측 전류가 같아져 2차 측으로 유기되는 램프전류가 평형을 이루기 유리한 장점이 있다. 또한 4-in-1트랜스포머가 다수개의 램프간 전류편차를 최소화하기 위한 조건은 트랜스포머의 2차 측 등가 누설 인덕턴스가 충분히 큰 값을 가져야 한다. 그에 따라 2차 측 권선 수는 수천 턴 이상을 필요로 하고, 높은 PFC출력 전압을 4-in-1트랜스포머



(a) 시비율 가변제어방식에 따른 하드스위칭 파형



(b) 시비율 50%고정 동작시 영전압 스위칭 파형

그림 3 시비율 가변제어방식과 시비율 고정방식의 스위칭 파형 비교

Fig. 3 Key voltage/current waveforms of comparison between duty cycle control and fixed duty control

1차 측에 병렬연결 시엔 1차 권선수가 많아지고 트랜스포머의 부피가 커지는 단점이 있어 4-in-1트랜스포머의 1차 측을 직렬 연결하는 것이 유리하다.

제안된 인버터 시스템은 기존보다 회로의 소자 수가 적고 DC/DC단의 삭제로 기존보다 고효율로 동작하며 4-in-1 트랜스포머를 사용하여 다수개의 램프가 필요한 대화면 LCD-TV의 백라이트를 구동한다.

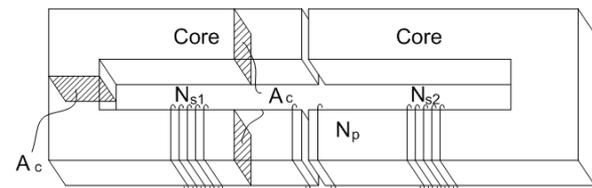
기존의 인버터 시스템에서 사용하던 DC/DC단은 최적설계를 하더라도 스위칭 손실, 도통 손실을 포함하여 전체 전원 시스템의 효율 저하를 야기한다. 하지만 제안하는 방식은 PFC출력 전압을 인버터 입력전압으로 직접 사용함으로써 불필요한 에너지 손실을 최소화 할 수 있다. 또한 인버터회로 구성이 간소화되어 소자배치가 용이하고 회로의 부피를 줄일 수 있다. 기존의 인버터 회로는 초기 기동 시와 에이징후 CCFL 전류를 조절하기 위해 스위치 동작 시비율 가변방식을 사용한다. 하지만 하프 브리지 토폴로지를 사용할 경우 스위치에 추가적인 스너버 회로가 삽입되지 않을 경우 그림 3의 (a)에 나타낸 바와 같이 환류구간에서 스위치가 하드 스위칭 하며 스위칭 손실이 커져 스위치 발열 문제 및 효율 저하 문제가 나타난다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제안 회로에선 하프 브리지 토폴로지를 사용하면서 스위치의 동작 시비율을 50%고정하여 동작시킴으로써 환류구간이 최소화되고 트랜스포머의 누설 인덕턴스가 충분히 크다면 항상 영 전압 스위칭 하여 스위칭 손실을 최소화 할 수 있어 기존의 방식보다 우수한 효율을 기대할 수 있다.

3. 인버터 자기소자의 구성과 설계

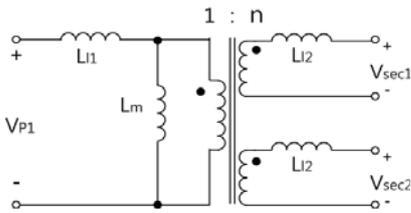
그림 4의 (a)는 본 논문에서 제안하는 방식에 사용된 자기소자의 구조와 형상을 나타내었다. 1개의 트랜스포머로 4개의 CCFL을 구동할 수 있어 4-in-1트랜스포머라 불린다. 4-in-1트랜스포머는 보빈의 중앙에 1차 권선을 배치하고 1차 권선의 좌·우측에 2차 권선이 위치하며 코어는 UU타입의 코어를 사용한다. 그림 4의 (b)는 4-in-1트랜스포머의 모델과 CCFL의 연결을 나타내었다. 트랜스포머가 갖는 자화 인덕턴스 L_m , 1차 측 누설 인덕턴스 L_{l1} , 2차 측 누설 인덕턴스 L_{l2} 로 구성되며 2차 권선의 양 끝에 CCFL을 연결하여 총 4개를 동시 구동한다. 2차 측에서 바라본 트랜스포머 등가 누설인덕턴스 L_{eq} 는 수식 (1)과 같다.

$$L_{eq} = (L_{l1} \parallel L_m)n^2 + L_{l2} \tag{1}$$

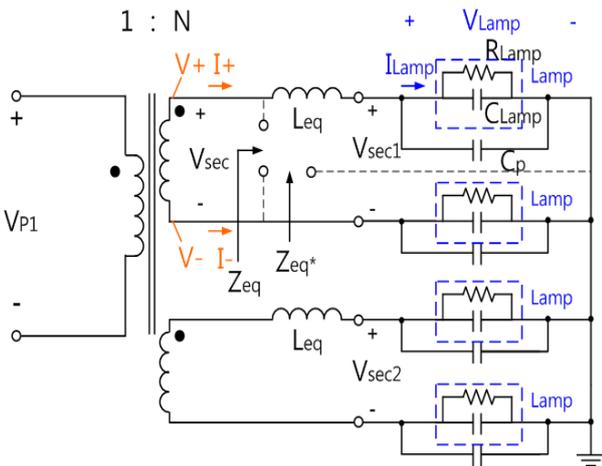
그림 4의 (C)는 4-in-1트랜스포머와 CCFL의 구성도이다. 시비율을 50% 고정하여 동작시킬 때 인버터 스위치의 영 전압 스위칭을 보장하기 위해서는 트랜스포머 2차 측에서 램프 측을 바라본 등가 임피던스 Z_{eq} 가 갖는 임피던스의 위상각이 양수 이어야 한다. Z_{eq} 가 갖는 위상각에 따라 1차 측 전류는 그림 5에 나타낸 바와 같이 진상되거나 지상 된다. 트랜스포머 2차 측에서 바라본 등가 인덕턴스인 L_{eq} 값이 일정한 값 이상을 갖아야 Z_{eq} 의 위상각이 양수가 되고 이때 인버터 스위치의 영 전압 스위칭을 보장할 수 있다. L_{eq} 는 수식 (2)를 만족하는 $L_{eq,min}$ 값 이상의 적당히 큰 값으로 선정해야 한다.



(a) 4-in-1트랜스포머의 구조 및 형상



(b) 4-in-1트랜스포머의 등가모델



(c) 2차 측 등가 누설인덕턴스와 CCFL의 연결

그림 4 제안된 인버터에 사용된 자기소자와 등가회로
Fig. 4 Magnetic device used in the proposed inverter and its electrical equivalent circuit

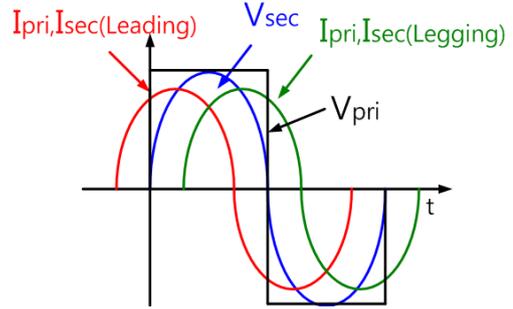


그림 5 Z_{eq} 에 따른 전류 위상변화
Fig. 5 The current phase variations according to Z_{eq}

$$\tan^{-1}(Z_{eq}) > 0$$

$$\left(Z_{eq} = \frac{2R_{Lamp}}{1 + (\omega C_{eq} R_{Lamp})^2} + j \left(\omega L_{eq, min} - \frac{\omega C_{eq} 2R_{Lamp}^2}{1 + (\omega C_{eq} R_{Lamp})^2} \right) \right) \quad (2)$$

3.1 트랜스포머 설계 가이드

제한된 PFC Direct구동 하는 인버터 설계를 위한 등가회로는 그림4의 (C)에 나타나있고 설계변수는 아래 나타내었다.

- C_{eq} : 병렬 커패시턴스(C_p)와 CCFL 기생 커패시턴스(C_{Lamp})의 합
- V_{Lamp} : CCFL 전압
- I_{Lamp} : CCFL 전류
- V_p : 트랜스포머 1차 측 입력 전압
- D : 트랜스포머 1차 측 전압 시비율
- f_s : 동작 주파수
- k : 트랜스포머 결합 계수

$$C_{eq} = C_p + C_{Lamp} \quad (3)$$

Step1 패널의 크기에 따른 인버터 사양 확정

트랜스포머 입력전압 V_p , CCFL 전압 V_{Lamp} , CCFL 전류 I_{Lamp} , 동작 주파수 f_s 등 다음 사양들을 확정한다. V_p 는 패널의 크기에 따른 램프개수(n)에 따라 PFC출력 전압 V_{PFC} 가 트랜스포머 1차 측으로 유기되는 값이며 수식(4)와 같다.

$$V_p = \frac{V_{PFC}}{2} \cdot \frac{4}{n} \quad (4)$$

Step2 L_{eq} 와 k 선택

L_{eq} 는 영 전압 스위칭을 만족하는 $L_{eq,min}$ 보다 큰 값으로 임의선정하며, k 는 수식(5)와 같이 나타내어지며 알고 있다고 가정한다. (N 은 트랜스포머의 권선 비)

$$k = \frac{L_m}{L_m + L_{l1}} \quad (5)$$

Step3 N (권선 비)도출

L_{eq} 와 램프 전압 V_{Lamp} , 램프 전류 I_{Lamp} 를 고려한 트랜스포머 2차 측에 유기되어야 하는 전압 V_{sec} 은 수식(6)과 같이 나타내어지며 1차 측 전압의 최대치와 2차 측 전압의 최대치로 권선 비(N)은 수식 (7)과 같이 유도할 수 있다. Z_{eq} 는 트랜스포머 2차 측에서 램프를 바라본 등가 임피던스로 수식 (8)과 같다.

$$V_{sec} = V^+ + V^-, |V^+| = |V^-| = I^+ \times Z_{eq} \quad (6)$$

$$N = \frac{V_{sec|peak}}{V_p|peak} = \frac{\sqrt{2} \pi V^+}{V_p(\sin D\pi + \sin(1-D)\pi)} \quad (7)$$

$$\begin{cases} V_{sec|peak} = 2\sqrt{2} V_{sec} \\ V_p|peak = \frac{2}{\pi} V_p(\sin D\pi + \sin(1-D)\pi) \end{cases}$$

$$Z_{eq} = \frac{R_{Lamp}}{1 + (wC_{eq}R_{Lamp})^2} + j\left(\frac{wL_{eq}}{2} - \frac{wC_{eq}R_{Lamp}^2}{1 + (wC_{eq}R_{Lamp})^2}\right) \quad (8)$$

Step4 권선 수 선정

선정한 L_{eq} 와 k 그리고 계산된 권선 비 n 로 1·2차 측 누설 인덕턴스와 자화 인덕턴스는 수식 (9) 와 같이 계산할 수 있다. 수식 (9)에서 계산된 값으로 1차 측 권선 수는 수식 (10)과 같이 계산되어지고 2차 측 권선 수는 수식(11)과 같다. (μ 는 코어의 투자율, A_c 는 단면적, l_m 은 자로의 길이이다.)

$$L_m = \frac{kL_{l2}}{(1-k)N^2}, L_{l1} = \frac{1-k}{k}L_m = \frac{L_{l2}}{n^2}, \quad (9)$$

$$L_{l2} = \frac{L_{eq}}{1+k}$$

$$L = \frac{\mu n^2 A_c}{l_m} \Rightarrow N_{pri} = \sqrt{\frac{(L_m + L_{l1})l_m}{\mu A_c}} \quad (10)$$

$$N_{sec} = N \times N_{pri} \quad (11)$$

3.2 트랜스포머 설계 예시

앞서 제시한 설계 가이드를 바탕으로 대화면 LCD-TV인 40인치 패널 백라이트 구동 하는 인버터를 설계한다. 설계 조건 및 계산되어진 값은 아래 표와 같다. 램프전류는 기준 사양에서 1mArms 이내 ($\pm 0.5mArms$)로 동작할 때 전류평형을 이룬 것으로 볼 수 있다.

표 1 인버터 트랜스포머의 설계 조건
Table 1 Design specifications

L_{eq}	630mH	R_{Lamp}	94.66k Ω
C_p	10pF	N	16Lamp
C_{Lamp}	11.5pF	D	0.5
V_{Lamp}	950Vrms	f_s	44kHz
I_{Lamp}	11mArms	k	0.9
N_{pri}	66Turn	Cr	470nF
N_{sec}	3000Turn	.	.

표 2 트랜스포머 코어의 설계 변수
Table 2 Parameters of the transformer core

$A_c[mm^2]$	$l_m[mm]$	μ_r
28.69	136.9	2500

4. 실험결과

제안된 회로를 40인치 LCD-TV용 백라이트 구동 하는 인버터에 적용하여 실험하였다. 그림 8에 실험결과 주요파형인 트랜스포머 1차 측 전압 V_{pri} , 1차 측 전류 I_{pri} , 스위치 게이트 신호 V_{gate} , 램프전류 I_o 를 나타내었다. 설계 가이드를 바탕으로 충분한 L_{eq} 값을 확보한 결과 그림 8에는 보는바와 같이 트랜스포머 1차 측 전류가 지상 되어 영 전압 스위칭 함을 알 수 있고 그림 6에 16개 CCFL간의 전류파형을 나타내었다. CCFL의 최대휘도를 낼 수 있는 정현파에 가까운 전류파형을 알 수 있다. 그림7에 초기 기동 시와 에이징후 전류편차를 비교하여 나타내었다. 시비율 가변 제어방식을 사용하지 않고도 초기 기동 시와 에이징후의 전류편차는 트랜스포머의 큰 누설인덕턴스로 인하여 램프전류 편차에 큰 영향이 없으며, 최적화된 트랜스포머의 설계를 통해 시비율 고정 동작방식을 사용하여도 램프전류가 기준 사양에서 1mArms의 오차범위 이내로 동작하는 인버터를 설계할 수 있음을 실험을 통해 확인하였다.

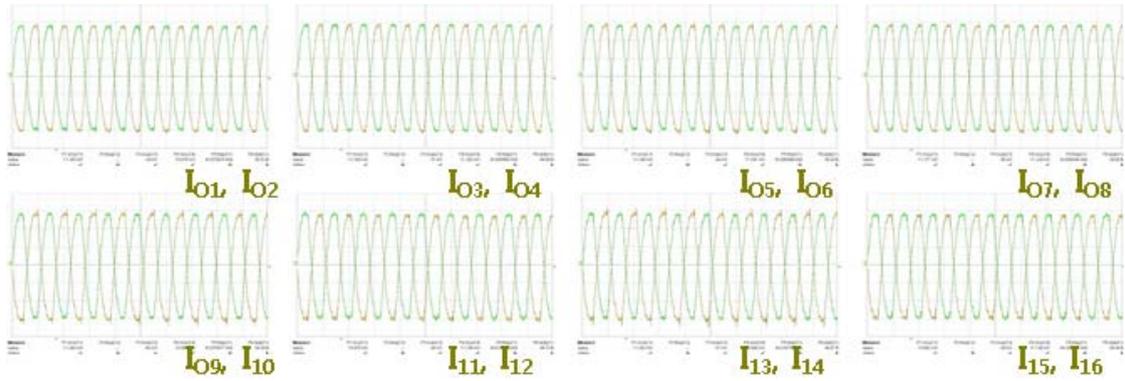


그림 6 제안된 인버터의 16개 CCFL의 전류파형
 Fig. 6 Sixteen CCFL's current waveform of proposed inverter

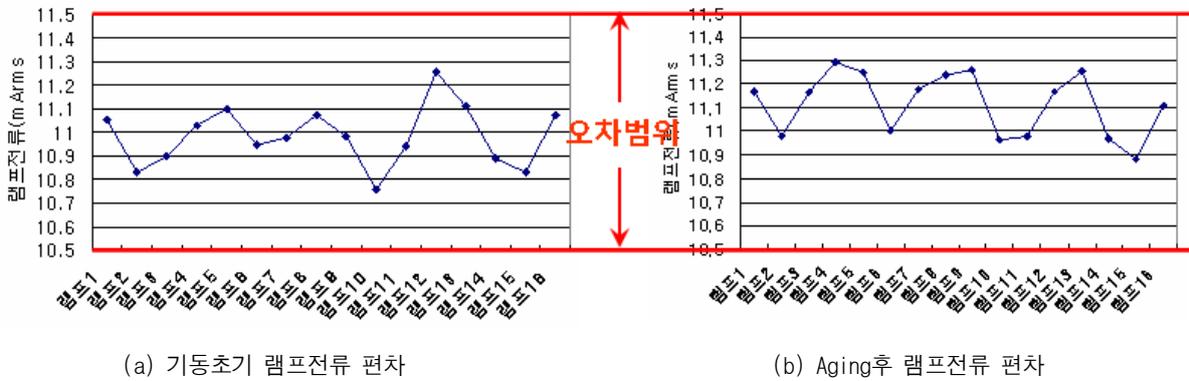


그림 7 기동초기와 Aging후 전류편차
 Fig. 7 Lamp Current variations

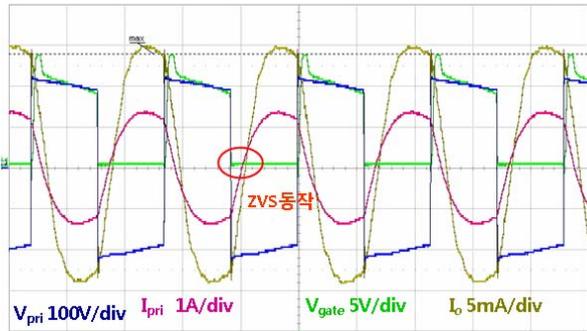


그림 8 제안된 인버터의 주요 실험파형
 Fig. 8 The key Waveform of the proposed inverter

또한 기존의 인버터 시스템과 제안하는 회로의 효율 비교를 위하여 CCFL이 동일한 휘도를 낼 때의 입력 파워를 비교한 결과를 표 3에 나타내었다. 휘도 측정 장비는 Multimedia display tester 3298F - YOKO GAWA를 사용하였다. 기존의 3-Stage인버터 시스템은 9500cd/m^2 의 밝기를 내기 위한 입력 전력이 183W를

필요로 하였지만 제안된 2-Stage인버터 시스템은 동일한 휘도를 낼 때 169W의 입력 전력을 필요로 함을 실험을 통해 확인하였다. DC/DC 단을 제거함으로써 약 14W의 전력손실을 줄일 수 있으며, 제안된 2-Stage로 구성된 전원회로가 고효율로 동작함을 실험을 통해 검증 하였다.

표 3 기존 회로와 제안된 회로의 광효율 비교
 Table 3 Comparison of optical efficiency with the proposed circuit and conventional circuit

구분	3-Stage인버터	2-Stage 인버터
휘도 (cd/m^2)	9500	9500
입력 전력 (W)	183	169

5. 결 론

본 논문에서는 LCD-TV구동을 위한 2단 인버터 시스

템을 제안하였다. 기존의 회로는 DC/DC단의 삽입으로 인한 효율저하문제가 발생하고 CCFL을 단순 병렬연결 시엔 램프 전류평형과 동시점등을 위한 추가적인 부가 회로가 꼭 필요하였다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 2단으로 구성된 인버터 시스템을 제안하였고 대화면 LCD-TV 패널의 백라이트에 사용되는 다수개의 CCFL을 구동할 때 추가적인 부가회로를 사용하지 않고 단지 인버터 트랜스포머의 최적설계를 통해 모든 CCFL이 동시 점등하며 전류평형을 만족하는 인버터 설계 가이드를 제시하였다.

제안된 설계 가이드를 바탕으로 최적화된 트랜스포머의 설계를 통해 인버터 스위치가 영 전압 스위칭을 보장하며 CCFL 전류 편차가 최대에서 최소 까지 0.6mArms 이내에서 동작함을 실험을 통해 확인하였고 시비율 50% 고정 동작방식을 사용하여도 초기 기동시와 에이징 후의 CCFL 부성저항 특성에 의한 영향도 제안된 인버터에서는 그 영향이 크지 않으며 충분히 만족할 만한 오차범위 내에서 동작함을 검증하였다. 또한 DC/DC단의 제거로 인해 시스템 효율이 상승함을 실험을 통해 검증하였다.

따라서 제안된 인버터는 기존의 LCD-TV용 백라이트 인버터가 가진 효율 저하문제나 소자수가 많아 가격저감에 불리하고 회로의 구성이 복잡해지는 단점을 극복 하여, 설계가 용이하며 적은 소자 수를 사용함으로써 생산 원가 저감이 가능하고, 기존보다 우수한 효율을 갖으며 CCFL 동시점등 및 전류평형 조건을 만족할 수 있는 인버터를 제안하여 높은 제품신뢰성을 확보할 수 있음을 시작품제작을 통해 검증하였다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신 연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업(IIITA-2009-C1090-0904-0002)과 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2009-0074143)

참 고 문 헌

[1] Seunguk Yang, "A New Current Balancing methods of CCFL for LCD TV Backlight", in Proc. IEEE PESC, pp. 1 - 5, June 2006.
 [2] 조상호 외 5명, "LCD Backlight를 위한 CCFL 구동용 인버터 트랜스포머의 설계와 응용", 전력전자학회 논문지 제13권 제2호, pp.96-102, 2008. 4.

[3] 이광일 외 5명, "LCD Backlight 인버터 응용을 위한 저가형 트랜스포머 구조", 전력전자학회 논문지 제12권 제5호, pp.416-423, 2007. 10.
 [4] Cherl-Jin K., "A Proper Impedance Model of CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp) Applied to the Display Unit", in Proc. ICEMS Volume 2, pp. 1457-1460, Sept. 2005.
 [5] Doshi, m. "Low Frequency Architecture for Multi-Lamp CCFL Systems With Capacitive Ignition", Display Technology Journal, Volume 5, pp. 152-161, May 2009.
 [6] "Design of CCFL Backlight Inverters with Frame & Bar Cores" Application Notes, FERROXCUBE.

저 자 소 개



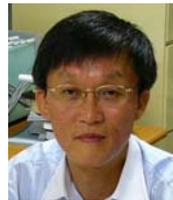
고태석(高泰錫)

1982년 7월 11일생. 2005년 국민대 전자공학과 졸업. 2008년 3월~현재 국민대 전자공학과 석사과정.



정용준(鄭鏞准)

1982년 2월 2일생. 2007년 국민대 전자공학과 졸업. 2009년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2009년~현재 (주)LIG넥스원 연구원.



홍성수(洪成洙)

1961년 1월 25일생. 1984년 서울대 전기공학과 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.



한상규(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.



장병준(張炳浚)

1968년 3월 15일생. 1990년 2월 연세대 전자공학과 졸업. 1992년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1997년 2월 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박). 1995년~1999년 LG 전자(주) 책임연구원. 1999년~2003년 한국전자통신연구원 무선방송연구소. 2003년~2005년 정보통신연구진흥원. 2005년~현재 국민대 전자공학과 부교수.



장영수(張榮洙)

1978년 10월 17일생. 2004년 대전대 공과대학 전자공학과 졸업. 2003년~2005년 (주)필룩스 인버터개발팀 연구원. 2006년~2008년 국민대 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2008년~현재 삼성전기 Power 사업팀 주임연구원.



한승호(韓昇昊)

1973년 5월 15일생. 1999년 성균관대 전기공학과 졸업. 2000년~현재 삼성전기 책임연구원.



노정욱(盧政煜)

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