

대화면 LCD TV를 위한 CCFL 백라이트 인버터에 관한 연구

尹彰善[†], 曹鉉昌[‡], 許東榮^{**}, 金垸憲^{***}, 任永徹^{***}

A Study on the CCFL Back-Light Inverter For Large size LCD TV

Chang-Sun Yun, Hyun-Chang Cho, Dong-Young Huh, Kwang-Heon Kim, and Young-Cheol Lim

요약

LCD의 대형화에 따라 백라이트용 냉음극 방전램프(Cold Cathode Fluorescent Lamp)는 길어지고 있으며, 하나의 램프를 이용한 백라이트는 휘도의 한계가 있어 대형 디스플레이에서는 여러 개의 램프를 사용하여 필요한 휘도를 만들고 있다. 본 논문에서는 냉음극 방전램프 20개를 사용하는 42인치 LCD TV용 대형 백라이트 구동을 위한 인버터를 각각의 램프들이 입력조건에 대해 동일한 출력을 갖도록 설계하였다. 기존의 냉음극 방전램프의 구동방식인 하이-로우(H-L) 방식에서의 문제점을 보완하여 하이-하이(H-H) 방식을 채택하여 램프 좌우측의 휘도 차이를 개선하였다. 또한 램프간의 휘도 편차를 개선하기 위해 램프와 직렬로 커패시터를 연결하는 방식을 사용하였다. 제안된 시스템을 실험을 통해 검증하였다.

ABSTRACT

According to large-sized LCD, the CCFL used in backlight is getting longer and a backlight using one lamp makes a needed brightness by arranging lamp in parallel because of the limit of brightness. In this paper, the inverter to run the large back-light in 42inch LCD TV using 20 CCFLs was designed to produce the same output on each lamp in any input condition. Supplementing the conventional high-low method driving CCFL, by adopting high-high one, the brightness variation among each lamp sides is improved. Additionally, to improve the brightness variation, the method connecting the lamp and the capacitor in series is used. The proposed system was verified by the experiment.

Key Words : LCD, CCFL, Full-Bridge, Multi-Lamp

1. 서론

최근 LCD 시장이 디스플레이 분야 중 가장 빠르게 성장하고 있다. LCD의 크기는 대형화되고 전체 두께는 점점 박막화 되고 있으며 모니터 및 TV 내의 백라

이트용으로 내장된 냉음극 방전램프도 관직경이 작아지고 있다. 이러한 대형 백라이트 디스플레이에서는 한 개의 램프로 적절한 휘도를 내는데 한계가 있기 때문에 여러 개의 램프를 사용하게 된다. 현재 많이 사용되고 있는 모델인 32인치형 LCD TV는 제조사 별로 차이는 있겠지만 16-18개, 42인치급은 20-24개의 램프를 내장하고 있다. 그러므로 램프를 구동하기 위한 인버터의 수도 16개 이상으로 증가하고 있다. 인버터의 수량 증가의 문제점을 개선하기 위해 최근에는 램프를 병렬로 구동하는 멀티램프 구동 인버터가 연구되어 지고 있다^[1,2].

[†]교신저자 : 정회원, LG이노텍(주) 선임연구원

E-mail : open_code@naver.com

[‡]정회원, LG이노텍(주) 연구원

^{**}정회원, LG이노텍(주) 연구위원

^{***}정회원, 전남대 전기공학과 교수

접수일자 : 2006. 8. 4 1차 심사 : 2006. 8. 24

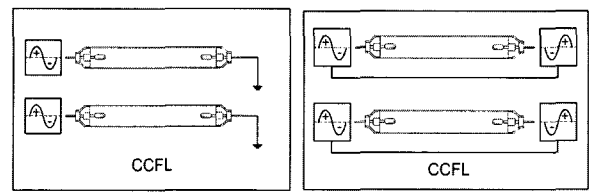
2차 심사 : 2006. 9. 20 심사완료 : 2006. 9. 27

냉음극 방전램프의 특성은 초기 교류고압의 방전전압이 필요하고 점등 후 유지 전압, 전류가 필요하다. 이러한 특성으로 인하여 고압발생용 변압기와 인버터가 필요하게 된다. 그러나 이러한 인버터는 다음과 같은 문제점을 갖는다. 램프가 동일한 제작 과정을 거치더라도 점등, 주파수, 전압, 전류특성이 같지 않아서 램프 간 균등한 휘도를 나타내기가 어렵게 된다. 또한 LCD 크기가 커지면서 램프의 길이가 길어져 램프 한쪽에서 램프를 구동하면 램프의 좌, 우측 휘도에 차이가 난다. 이러한 냉음극 방전램프의 특성 때문에 멀티램프 구동 인버터는 각 램프의 전류를 균일하게 유지하면서 좌, 우측 휘도가 균일해지도록 설계 되어야 한다.

본 논문에서는 LCD TV의 화면이 42인치용이며, 20개의 램프가 균등한 배열로 설치되어 있는 LCD 백라이트를 구동하기 위한 인버터를 설계 한다. 설계된 인버터는 멀티램프 구동 방식을 채택한다. 멀티램프 구동 방식은 각 램프의 전류 변동이 균일 하지 않는 문제점을 가지고 있다. 램프 전류의 불균형은 램프의 수명을 감소시키고 휘도가 균일하지 않는 문제점을 일으킨다. 따라서 본 논문에서는 이러한 멀티램프 구동 방식의 문제점인 각 램프간의 전류 편차를 보상하기 위한 방법으로 램프와 직렬로 커패시터를 연결하는 방법을 제안하고 실험하였다.

그림1은 램프의 구동 방식을 보여준다. 그림1(a)는 H-L 구동방식으로 램프의 편측에 고압을 인가하고 다른 한쪽은 접지되는 방식이다. 이러한 방식은 램프가 길어졌을 때 램프의 좌, 우측 휘도 차이가 발생하는

문제점을 가지고 있다. 그림1(b)는 H-H 구동방식으로 램프 양단에 고압을 인가하는 방식으로 CCFL의 센터부분을 가상 접지한다. 이 방식은 램프의 좌, 우측 휘도 편차를 균일화 시킬 수 있다. 본 논문에서 사용된 램프의 길이는 960mm로 상당히 길어서 H-L 방식으로 구동시 램프의 좌, 우측 휘도 편차가 발생한다. 이러한 문제를 개선하기 위해 일반적으로 사용하는 H-L 구동방식이 아닌 H-H 구동방식을 사용하고자 한다. 설계된 인버터를 구성하고 실험을 통해 그 특성을 고찰하고자 한다. 그림2는 제안된 H-H 구동방식을 포함하는 인버터의 구성도이다.



(a) H-L 구동방식 (b) H-H 구동방식

그림 1 냉음극 방전램프의 구동방식
Fig. 1 Driving method of CCFL

2. 제안된 멀티램프 구동형 인버터

2.1 인버터의 구성

그림2는 제안된 멀티램프 구동형 인버터의 구성도이다. 냉음극 방전램프를 구동하기 위한 인버터 회로는 다음과 같이 세 부분으로 볼 수 있다. DC 전원을 AC

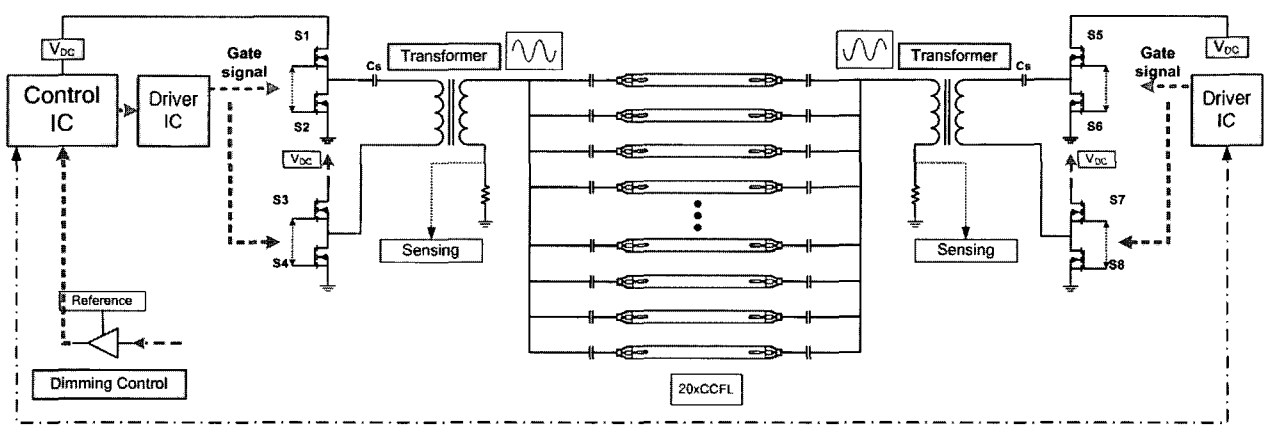


그림 2 제안된 인버터의 구성도
Fig. 2 Block diagram of the proposed Inverter

전원으로 변화시켜 주는 DC-AC 인버터 부, 램프의 전류의 편차를 보상해 주기 위한 고압 커패시터 부, 그리고 LCD TV의 냉음극 방전램프를 안정하게 구동하기 위한 제어 및 보호회로 부로 구성되어 있다.

20개의 램프를 내장한 42인치 LCD TV의 Backlight 멀티램프 구동용 인버터에 이용한 DC-AC 전력변환 토폴로지는 램프의 수와 길이가 증가함에 따라 보다 많은 전력을 전달하기 위해 풀-브리지를 채택하였다^[3].

회로의 구성으로는 두 개의 승압용 변압기를 병렬로 연결하여 변압기 1차측은 풀-브리지의 구조로 하고 반도체 스위치소자로는 N타입 MOSFET 4개를 이용하였다. 승압용 변압기 그리고 변압기 1차측 인덕턴스와 공진을 위한 직렬커패시터를 구성하였다. 변압기 2차측은 각 램프에 균등한 전류 공급을 위해 각 램프에 고압 직렬커패시터를 연결하고, 초기 방전전압과 역률 개선을 위해 고압 병렬커패시터를 연결하였다. 이 고압 병렬커패시터는 보호회로용 전압 센싱에도 사용된다. 전체 시스템은 위에서 설명한 회로가 램프의 좌, 우측에 하나씩 구성되어 있다.

2.2 인버터의 전력변환 회로(H-H 구동방식)

본 논문에서 제안된 전력변환 회로는 DC-AC 인버터 부와 고압 커패시터 부를 포함한다. 전력 변환 부분의 해석을 용이하게 하기 위해 그림2에서 멀티램프 구동을 위한 전력변환 부분만 재구성하면 그림3과 같다.

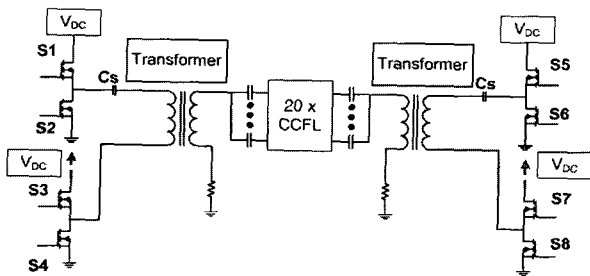


그림 3 멀티램프 구동을 위한 전력변환 부
Fig. 3 Power stage of multi-lamp driving inverter

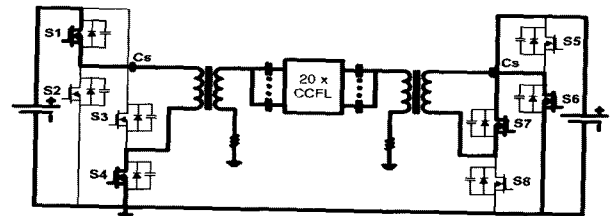
그림3은 풀-브리지 방식의 전력변환 토폴로지가 적용되었고 램프의 좌, 우측에서 각각 램프에 고압을 공급하는 H-H 구동방식이다.

특징으로는 램프의 특성이 상이하기 때문에 변압기 2차측과 램프사이의 직렬 커패시터를 적절한 값으로 삽입함으로써 균등한 전류 분배를 하는 것이다. 이는 방전램프의 특징을 이용한 것으로 램프가 점등 시에는 전압이 중요하고 점등 후에는 전류가 중요하기 때문이

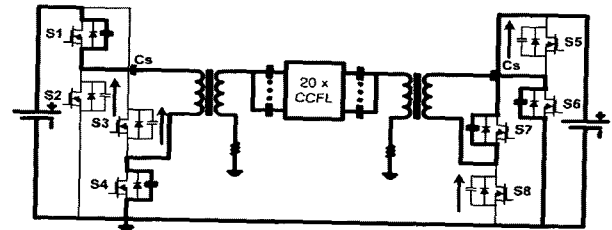
다. 삽입된 커패시터와 방전램프의 임피던스를 비교하면 점등 전에는 램프의 임피던스가 수 MΩ으로 커패시터에 비해 매우 큰 값을 가지므로 전압이 램프에 모두 인가되며, 점등 후에는 램프의 임피던스가 수십~수백 kΩ으로 낮아져 커패시터의 임피던스가 이보다 상대적으로 큰 값의 것이라면 모든 램프의 임피던스가 조금씩 상이 하더라도 전체 흐르는 전류에는 크게 영향을 미치지 못하므로 균등한 전류 분배가 된다.

2.3 전력변환 회로(H-H 구동방식)의 동작원리

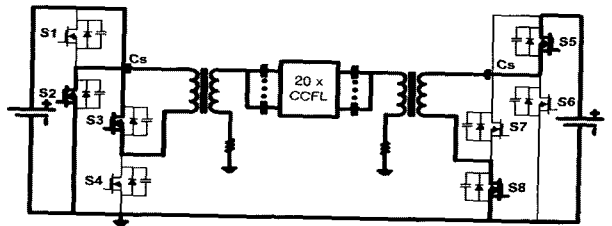
설계된 인버터의 동작특성을 스위치 소자의 동작을 기준으로 살펴본다. 본 논문에서 응용한 풀-브리지 회



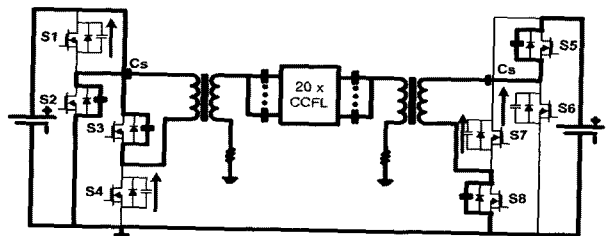
(a) Mode 1



(b) Mode 2



(c) Mode 3



(d) Mode 4

그림 4 인버터의 동작 모드

Fig. 4 Operation mode of the inverter

로는 4개의 동작모드로 나누어 나타낼 수 있다.

모드 1은 Master(램프의 좌측 인버터)의 스위치 소자 S1, S4가 ON이고 S2, S3가 OFF 상태이며, Slave(램프의 우측 인버터)의 스위치 소자 S5, S8이 OFF이고 S6, S7이 ON상태로 되는 교번동작을 함으로써 변압기의 전력을 공급하는 모드이다. Master와 Slave 인버터의 스위치 동작으로 생성된 구형파형은 승압용 변압기 1차측에 공급된다. 이 때 승압용 변압기의 2차측에는 정현파에 가까운 파형이 램프에 인가된다. 램프에 인가되는 전압은 Master와 Slave의 전압이 역위상이다. 동작모드는 그림 4(a)와 같다.

모드 2는 스위치 소자 S2, S3, S5, S8은 계속 OFF 상태이고, 스위치의 기생커패시터에 전압이 충전된다. 이때 S1, S4, S6, S7은 ON상태에서 OFF 상태로 바뀌고, 스위치의 기생커패시터에 전압이 충전되는 구간이다. 공진소자 C와 L의 역할에 기인하여 정현파 생성에 도움이 되는 약간의 지연이 있다. 동작모드는 그림 4(b)와 같다.

모드 3은 모드 1과 반대로 스위치 소자 S1, S4와 S6, S7이 OFF상태이며, S2, S3와 S5, S8이 동작하는 구간이다.

모드 4는 모드 2와 같으나 스위치 소자 S1, S4와 S6, S7은 계속 OFF상태이고 S2, S3, S5, S8은 ON상태에서 OFF상태로 바뀌는 모드이다.

이상 네 가지 모드를 주기마다 반복하면서 변압기에

에너지를 전달하며 냉음극 방전램프를 구동한다. 그림5는 네 가지 모드 동작시의 스위치, 트랜스포머 1차측 입력 전압, 트랜스포머의 2차측 출력을 나타낸 동작 파형이다.

2.4 휘도 제어

LCD TV의 백라이트용 인버터의 필수 요건 중 하나로 화면의 밝기 조절이 있다. 본 논문에서는 이를 위하여 버스트(Burst)제어방식을 사용하였다. 버스트 제어방식은 출력 전압, 전류를 가변펄스폭 방법으로 온/오프 하여 휘도를 제어하며, 보편화되어 있다.

본 논문에서 설계한 멀티램프 구동 인버터에서는 듀티비 25~100%에서 2.8~6.5mA의 제어 성능을 보였다.

3. 실험 결과 및 고찰

제안된 방식의 검증을 위해 제작된 멀티램프 구동 인버터는 다음 기준에 의해 설계 하였다.

- input voltage : 24V_{dc}
- dimming voltage : 0V_{dc}~3.3V_{dc}
- operating frequency : 65kHz
- lamp type : 20ea(lamp voltage : 620V±150V ; lamp current : 6.5mA±0.5mA)
- lamp dimensions : length : 960mm ; diameter : 4mm

제안된 방식에서 사용된 전류 분배 커패시터는 크기가 작으면 전류량이 작고, 커패시터 용량이 크면 전류량이 커지며 전압상승에 따른 전류와 휘도의 상승률도 증가한다. 그러나 커패시터 용량이 너무 크면 전압 상승에 대하여 불안정한 방전을 보여서 램프 전류와 휘도 조절이 어렵다. 그러므로 전류 분배 커패시터의 용량은 산정은 램프의 규격 전류와 안정적 동작을 고려하여 산정하였다. 또한 램프 전류의 규격(6.5mA±0.5mA)에 맞도록 전류의 편차를 유지하기 위해 전류 분배 커패시터의 tolerance는 ±5%를 사용하였다.

그림 6부터 그림 7까지는 램프의 전압, 전류를 나타내고 있다. 각 그림에서 채널1은 전압, 채널2는 전류이다. 그림 6은 최대 휘도일 때를 나타내며, 그림 7은 버스트 Dimming을 사용하여 약 25%정도의 휘도일 때를 나타낸다. 42인치 BLU 내에는 총 20개의 CCFL이 들어가 있으며 Master와 Slave사이에 위치하게 된다. 20개의 CCFL은 같은 조건에 점등 된다 하더라도 각각의 램프에 편차가 발생하게 된다.

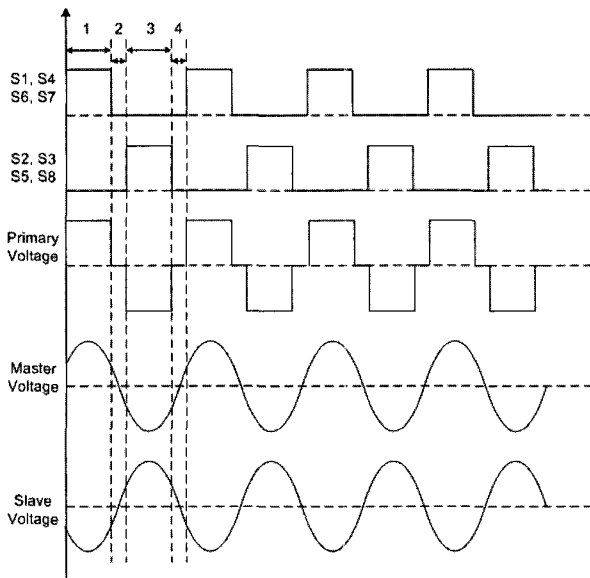


그림 5 동작 모드에 따른 동작 파형
Fig. 5 Main waveform

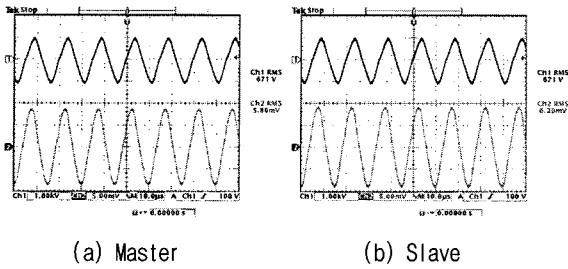


그림 6 램프 출력 파형(최대휘도)
Fig. 6 Output waveform of the lamps(Max. Brightness)

그림 8은 각 램프의 전류를 측정하는 것으로 Master와 Slave에서 각각 측정하였다. 실제 측정 결과를 보면 각 램프는 전류 편차를 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이 편차는 설계 기준치인 $\pm 0.5\text{mA}$ 를 만족함을 알 수 있다. 이는 각 램프의 전류 편차를 줄이기 위해 램프와 직렬로 고압 커패시터를 연결하였기 때문이다.

표1은 제작된 인버터의 출력 전압 및 전류를 나타내었고 전류 및 전압의 편차가 설계 기준치 범위 내에 있음을 알 수 있다.

표2는 H-L 구동방식을 사용하였을 때의 측정된 휘

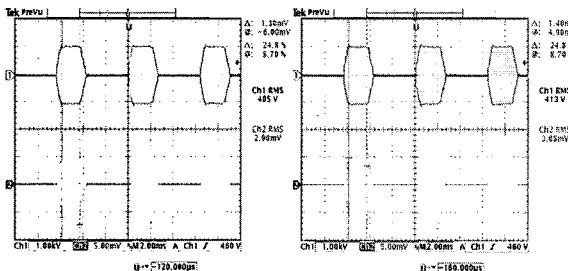


그림 7 램프 출력 파형(25% 휘도)
Fig. 7 Output waveform of the lamps(Min. Brightness)

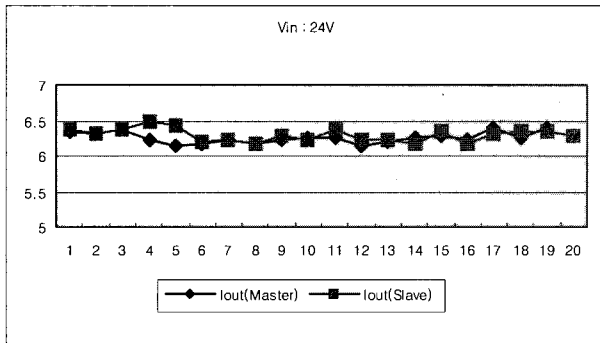


그림 8 램프 전류
Fig. 8 Current of the lamps

표 1 출력 전압, 전류의 결과

Table 1 Results of output voltage and current

	전압(V)		전류(mA)	
	Master	Slave	Master	Slave
CH1	589	632	6.35	6.36
CH2	588	627	6.31	6.32
CH3	582	624	6.38	6.36
CH4	570	612	6.23	6.49
CH5	575	622	6.14	6.42
CH6	584	620	6.18	6.21
CH7	578	621	6.22	6.22
CH8	594	625	6.18	6.18
CH9	580	621	6.22	6.29
CH10	581	620	6.26	6.23
CH11	584	625	6.25	6.38
CH12	582	618	6.15	6.24
CH13	599	642	6.21	6.22
CH14	592	628	6.27	6.16
CH15	597	633	6.28	6.34
CH16	607	635	6.23	6.16
CH17	614	651	6.39	6.31
CH18	622	655	6.27	6.33
CH19	626	670	6.41	6.34
CH20	632	667	6.54	6.29
AVE	593.8	632	6.27	6.29
MAX	632	670	6.54	6.49
MIN	570	612	6.14	6.16
Δ	62	58	0.40	0.33

표 2 램프의 좌, 우측 휘도(H-L 구동방식)

Table 2 Brightness of lamp(H-L driving method)

	좌[cd/m ²]	우[cd/m ²]
Back-light 상단	518	290
Back-light 중단	515	289
Back-light 하단	510	289

표 3 램프의 좌, 우측 휘도(H-H 구동방식)

Table 3 Brightness of lamp(H-H driving method)

	좌[cd/m ²]	우[cd/m ²]
Back-light 상단	527	525
Back-light 중단	520	518
Back-light 하단	515	513

도이며, 램프 좌, 우측의 휘도차가 심하게 발생함을 알 수 있다. 그러나 본 논문에서 제안된 H-H 구동방식을

사용하였을 때는 인버터의 출력이 최대일 때 Back-light 중앙의 휘도는 535cd/m^2 이며, 표3에 Back-light의 상단, 중단, 하단의 측정된 휘도를 나타내었다. 표3의 결과는 각 램프의 전류 편차가 설계 기준치를 만족하여 램프 상, 중, 하단의 휘도가 균일함을 알 수 있다. 이러한 특징은 본 논문에서 전류 분배 커패시터를 사용하여 얻은 결과이다. 또한, 램프의 양쪽에서 고압을 인가하는 H-H 구동방식을 사용하여 램프의 좌, 우측 휘도 편차가 개선되어 좌, 우측의 휘도가 균일함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 LCD TV의 백라이트용 CCFL 멀티 램프 구동 인버터를 제안하였다. 제안된 인버터는 H-H 구동방식의 풀-브리지 토폴로지를 채택하였고, 각 램프 간 전류 편차를 균등하게 하기 위해 전류분배 커패시터를 램프와 직렬로 연결하였다. 직렬 연결된 커패시터의 내부 임피던스가 수 MΩ으로 무한대에 가까워져 점등 시 거의 모든 전압이 램프에 걸려 기동전압을 내는데 문제가 없으며, 램프가 점등 후 정상상태에서는 약 수십~수백 kΩ으로 낮아져 커패시터의 임피던스가 램프의 임피던스 보다 커서 램프의 임피던스가 조금씩 상이 하더라도 각 램프에 흐르는 전류는 균등하게 분배된다. 또한 채택된 H-H 구동방식은 램프의 양쪽에서 고압을 인가하여 점등하는 방식으로 램프의 길이가 긴 대형 제품에서 램프의 좌, 우 휘도 편차를 균일하게 유지하기에 적합한 방법이었다.

제안된 방식을 검증하기 위해 제작된 H-H 구동방식의 인버터는 출력 전압과 전류가 설계 기준치를 만족하였다. 또한, 램프의 상, 중, 하단의 휘도 편차와 램프의 좌, 우측 휘도 편차가 균일함을 알 수 있었다. 제안된 방식의 CCFL 멀티램프 구동 인버터는 42인치 LCD TV를 위한 인버터로 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 42인치 이상의 대형 제품에서도 H-H 구동방식과 전류분배 커패시터를 이용하여 균일한 전류와 휘도 편차를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] C.-C. Chen, H.-S. Nien, C.-L. Shen, and T.-F. Wu : Design and Development of Digital Control Multi-lamp Back-Light Modules for TFT-LCD TV, IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, pp.2340-2346, 2005.
 [2] Mu-Shen Lin, Wen-Jung Ho, Fu-Yuan Shih, 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.

[3] Abraham I. Pressman, Switching Power Supply Design. McGraw Hill. 1998, pp. 563-609.

저 자 소 개



윤창선(尹彰善)

1975년 5월 15일생. 1998년 조선대 전기공학과 졸업. 2000년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. LG이노텍(주) 선임연구원.



조현창(曹鉉昌)

1979년 11월 18일생. 2004년 호남대 전기공학과 졸업. 2006년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 LG이노텍(주) 연구원.



허동영(許東榮)

1961년 3월 28일생. 1987년 경북대 전자공학과 졸업. 1989년 KAIST 전기및전자공학과 졸업(석사). 1994년 KAIST 전기및전자공학과 졸업(공학박). 현재 LG이노텍(주) 연구위원.



김광현(金坵憲)

1960년 12월 27일생. 1983년 전남대 제어계측공학과 졸업. 1986년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 전남대 전기공학과 교수.



임영철(任永澈)

1953년 4월 23일생. 1975년 전남대 전기공학과 졸업. 1977년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1997년 호주 모나시 대학 Visiting Scholar. 현재 전남대 전기공학과 교수. 산업자원부 지정 전남대 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터 소장. 당 학회 부회장.