

다수의 CCFL 구동과 휘도 향상에 관한 연구

박정오 * 김철진 * 박현철 * *
* 한라대학교 * * (주)씨루씨코리아

A Study on the Multiple CCFL Operation and Brightness Improvement

Jung-Oh Park *, Cheri-Jin Kim *, Hyun-Cheri Park * *
* Halla Univ * * CTOCKOREA Inc

Abstract -This paper presents an architecture for driving multiple paralleled cold cathode fluorescent lamps (CCFLs) for back lighting applications. Multi CCFL operation and increase of brightness, the key to the architecture is a proposed capacitive coupling approach for lamp ignition. This system is consist of a flyback converter, a single inverter to drive multiple lamps and conductive floating reflector. The topology is capable of driving a number of parallel lamps with independent accurate lamp, The capacitive coupling the leakage inductance and stray capacitance creation which it used, current regulation and improving cost effectiveness with significant reduction in size and weight, compared to typical high frequency ac ballast. Experimental demonstration results for ten of parallel CCFLs with simultaneous ignition.

1. 서 론

최근, 경박 단순한 대형 액정표시장치(LCD)에 대한 관심과 개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 액정표시장치의 스크린 크기의 증가에 따라 높은 조도로 길이가 긴 CCFL을 효과적으로 구동하기 위해서는 램프를 병렬로 구성하는 것이 바람직하다.[1]

CCFL의 구동의 일반적인 방법으로는 로이어 발진기를 기반으로 한 푸시풀(Push-pull)형 고주파 LCC 공진 인버터나 하프 브리지, 풀 브리지 방식이 있다.[2]

백라이트 시스템에 사용하는 램프의 수가 늘어날수록 램프당 하나의 LCC회로를 개별적으로 적용하는 것은 크기, 무게, 비용등 그밖에 복잡한 설계와 손실이 발생하는 단점이 존재한다는 점이다.[3]

이러한 문제를 해결하는 대안으로 하나의 LCC 회로를 이용하여 다수의 램프를 병렬로 구동을 한다면 매우 좋은 방안이 될 수가 있다. 이것은 CCFL을 EEFL처럼 구동하는 것을 의미한다. 그러나 일반적으로 병렬램프의 안정된 점등과 각 램프에 흐르는 전류를 동시에 제어하기 위해서는 고난도의 기술이 요구가 되는데, 본 연구에서는 하나의 인버터로 다수의 CCFL을 효과적으로 구동시킬 수 있는 방안을 제안하고 있다. 램프의 후면에 도체를 배치함으로써 용량성 결합이 이루어 질수 있는 환경을 조성하여 낮은 시동전압에서도 점등이 가능하도록 하는 방안을 제안하였다. [6]

제안한 방안은 램프와 도체판 사이의 용량성 결합이 이루어져 온도영향으로 인한 조도의 불균일성, 전자기적 간섭현상(EMI) 등 고주파 방식에서 존재하는 많은 단점을 해결할 수 있다. 또한 램프의 수명을 장시간으로 유지하고, 기존의 방식에 비하여 크기, 무게 및 경제적 효과 등을 기대할 수 있도록 램프 자체의 점등전압을 구동전압에 근접하도록 하는 것은 좋은 방안이 될 수 있으며 이를 위해 용량성 결합을 이용한 것을 이 연구를 통하여 나타내었다.

2. 램프의 특성과 회로의 구성

그림 1은 다수의 CCFL을 병렬구동하기 위한 회로의

구성을 간략히 나타낸 그림이다. 안정된 구동을 위하여 전극 양단에는 안정용 커패시터(ballast capacitor)를 반드시 장착해야 한다. 안정용 커패시터는 직류방식의 CCFL 방전에서 급격한 전류의 증가 현상을 막을 수 있으며 실제 전류는 CCFL 방전등 내부의 도전성 전극을 통하여 흐르게 된다. 그림의 금속 도체판에 의해 용량성 결합이 이루어지고, 구동전압 부근(460~650V)에서 다수의 CCFL램프의 점등이 가능하도록 시스템을 구성하였다. 본 연구에서 제안하는 방안은 램프 뒷면에 금속 재질을 배치 함으로써 용량성 결합이 이루어 질수 있는 환경을 조성하고 낮은 시동 전압에서도 점등이 가능하다.

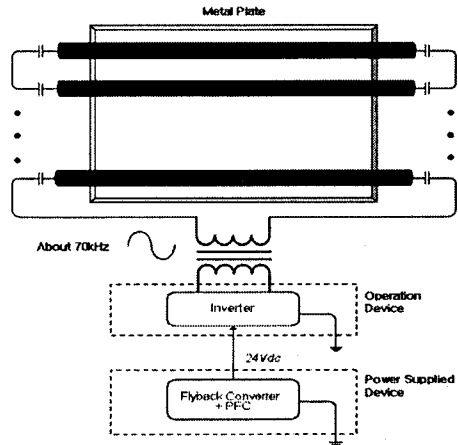


그림 1. CCFL 병렬구동을 위한 회로 구성

CCFL을 포함한 대부분의 방전등은 800V-2kV 정도의 교류전압에서 점등되고, 200-800Vrms 정도에서 구동된다. 그러나 점등 전에 램프에 가해지는 정전용량을 통한 용량성 결합의 특정 부위에서 변위전류가 발생하는 경우는 점등전압의 저하가 나타난다. 이 점등 전압 강하의 실험 결과는 램프제조회사에서 제시한 데이터를 인용하였고 구동전압 부근에서 점등을 실험하기 위해 알루미늄 Plate를 이용하여 램프 10등이 최초로 병렬 점등이 완벽하게 되는 시점을 기준으로 실험하였다.

표 1. Lamp Specification

Description	Specification
1 Lamp Wattage	2.60W
2 Lamp Current	6 ±05 mA
3 Lamp Voltage	430 ±30V
4 Starting Voltage	1.030V
5 Tube Length(L)	272mm
6 Tube Diameter(D)	4.00mm

그림 2는 Plate의 길이(램프에서 램프까지의 간격)를 각각 10mm로 변화를 주고 램프의 간격(램프와 반사판의 간격)을 각각 3mm로 이격시켜 가며 램프 점등 수를 파악하였다. 그림 2는 10개의 병렬 연결된 CCFL 모듈 5개

를 테스트하여 평균치를 나타낸 그래프이다.

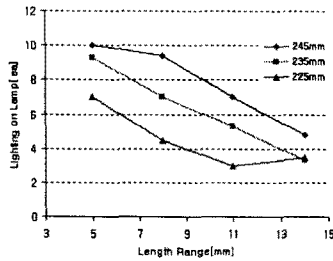


그림 2. Plate를 이용한 램프 점등 수의 파악

이 Plate를 통하여 나타나는 변위전류는, 점등 전의 가스 챔버의 높은 임피던스와 비교하여 기생용량에 의한 임피던스는 비교적 낮기 때문에, 전계의 변화에 의한 자유편자의 여기상태와 관련이 있다. 즉 용량성 결합은 고주파 안정기에서 램프의 점등전압을 저감할 수 있는 장점이 있는 반면, 효율감소와 조명의 불균일성을 발생시키는 원인이 된다. 이것은 CCFL 용 고주파 안정기의 설계시 고려해야 할 온도효과(thermometer effect)로서, 효율 및 광특성 개선을 위한 기생용량의 저감에 관한 대책이 강구되어 왔다. 하지만 조그만 손실을 감안하여 램프를 배치할 경우 전류 밸런스를 향상시키는 것이 가능하다.

일반적인 백라이트의 시스템은 승압 트랜스포머를 이용하여 각 램프에 연결하고 이를 n개의 병렬로 구성을 하는 것이다. 그림 3은 단일 트랜스포머를 이용하여 램프를 병렬로 연결한 그림이다.

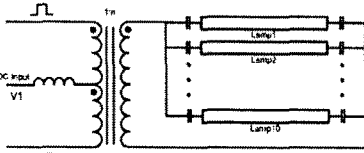


그림 3. 병렬 연결된 CCFL 회로

연결된 램프를 그림 4와 같이 등가화 하여 나타내면, 램프의 임피던스 R_{lamp} 와 기생 커패시턴스 C_{stray} 로 나타낼 수 있게 되며 이와 함께 직렬로 접속된 두 개의 파라미터 누설인덕턴스 L_{lk} 그리고 저항 R_{ESR} 로 구성할 수 있다.

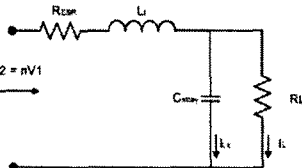


그림 4. CCFL 등가 모델

$$z_i = \frac{R_i \cdot z_{C_{stray}}}{z_{C_{stray}} + R_i} + z_{L_{lk}} + R_{ESR} \approx \frac{R_i \cdot z_{C_{stray}}}{z_{C_{stray}} + R_i} + z_{L_{lk}}, \quad (1)$$

$$I_i = \frac{v^2}{|z_i|} \cdot \left| \frac{z_{C_{stray}}}{z_{C_{stray}} + R_i} \right|$$

램프 전류 I_{lamp} 는 공급전압 v_2 와 구동주파수 f 그리고 임피던스 R_{lamp} , $z_{C_{stray}}$, $z_{L_{lk}}$ 의 파라미터로 된 구성된 식으로 구할 수 있다. 여기서, R_{ESR} 는 램프에 존재하는 매우 작은 직렬 저항 값으로 무시 하였다.

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_i C_{stray}} - \frac{1}{2R_i^2 C_{stray}^2}} \quad (2)$$

또한, 램프전류와 총 임피던스는 식(1)에서 보이는 것과 같이 트랜스포머 이차측 전압 v_2 구동주파수 f , 임피던스 R_i , $z_{C_{stray}}$ 및 $z_{L_{lk}}$ 의 파라미터에 의해 결정되며 구동주파수 f_r 가 식(2)와 같을 때 공진이 일어나게 된다. 일반적으로 L_i 와 R_{ESR} 은 램프의 길이와 면적, 전류의 흐름에 의해 결정 되는데, 이 전류의 흐름은 도구를 이용하여 어

는 정도 균형을 이룰 수 있도록 설계가 가능하다고 저항 R_i 은 램프 설계 시에 나타는 매우 독립적인 파라미터이며, 오직 램프사이 미소한 오차에 의해 변화된다.

$$C = \frac{\epsilon A}{d} \quad (3)$$

누설 커패시턴스 C_{stray} 는 그림 2에서 보여주는 것과 같이 램프와 금속 Plate사이의 Capacitance를 의미한다. 이 용량은 램프와 평행한 금속 Plate의 사이에 의해 생성이 되어 식(3)에서 Plate의 넓이 A 와 유전율 ϵ 에 비례하고 거리 d 에 반비례한다.

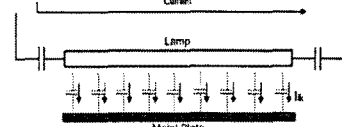


그림 5. 램프의 누설 전류에 따른 Capacitance

3. 구동 회로의 설계

3.1 전원 공급 회로

플라이백 컨버터의 자세한 회로를 그림 7에 나타내었고, 수동 및 능동 역을 회로를 사용하여 역을 개선이 가능하다. 여기서, $V_o = dc24V$, $t_{on} = 17\mu s$, $f_s = 50kHz$ 이다.

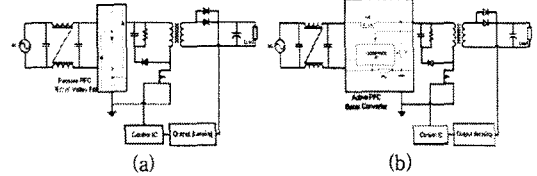


그림 6. 컨버터 회로 구성
(a) Passive PFC (b) Active PFC

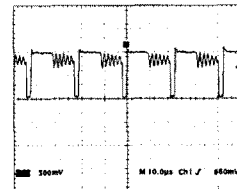


그림 7. 컨버터 회로의 스위칭파형 (5us)

그림 1의 구조에서 램프를 병렬 점등하기 위한 입력전압의 확보를 위하여 플라이백 컨버터의 사양을 다음과 같이 선정하였다. 전원 공급용 컨버터는 Free Voltage 용으로 약 DC 24V 출력을 내보낸다. 기본적으로 과전류와 무부하시 보호기능을 수행하며 구동방식은 Flyback 이다. 1차와 2차측으로 분리된 10:1 Inductance를 갖는 트랜스포머가 사용되었고 1차측 FET에서 인덕터의 서지를 보호하기 위해 스너버 회로가 적용되었다. 컨버터는 정격 출력시 수동 0.9 이상의 고역률을 유지하고, 능동에서는 0.97이상을 유지하고 있으며, 주 스위치 소자의 출력파형을 그림 7에 제시하였다.

3.2 구동회로

다수의 CCFL 후면에 배치한 긴 금속편은 점등에 필요한 용량성 결합을 위한 기능을 제공하고 있다. 램프 시동전압은 램프의 특성, 온도 및 동판과 램프 측면과의 거리 등을 포함한 각종 요인에 따라 결정된다. 램프를 구동하기 위한 회로는 Push-Pull 방식을 기반으로 설계 하였으며 공진 주파수는 다음과 같다.

$$f_{resonance} \cong \left(\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \right) \quad (4)$$

다음의 그림8은 인버터회로의 구성과 동작을 나타낸다.

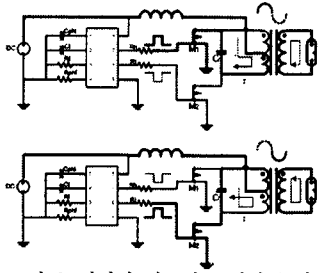


그림 8. 인버터 회로의 구성과 동작

램프의 점등을 위한 시간과 주파수는 IC 주변의 C_{phi} 와 R_{phi} 의 시정수에 따라 조절 및 설정이 가능하고, 점등 시간 T_{phi} 는 C_{phi} 와 V_{phi} 의 값에 비례하여 나타난다.

4. 실험 결과 및 검토

램프를 병렬 점등하기 위한 입력전압의 확보를 위하여 실험에 사용한 플라이백 컨버터는 $V_{dc}=24V$ 출력, $f_s=50kHz$ 로 설계하였으며, 제작한 컨버터는 정격출력에서 90% 이상의 역률을 유지하였다. 인버터 회로의 설계를 위한 시뮬레이션 및 결과를 다음의 그림 10, 11에 제시하였다. 여기서, 주파수를 50kHz, $L1=0.15mH$, $L2, L3=35\mu H$, $L4=30mH$, $C1=56nF$ 로 각각 설계하였다.

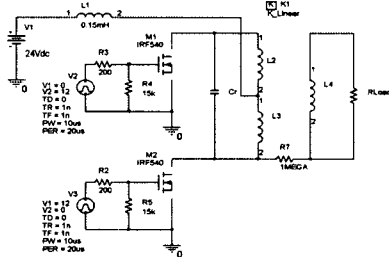


그림 9. 인버터 회로 등가 모델

그림 8의 Model에서 M2의 스위치가 off이고 M1의 스위치가 on이면 트랜스포머 T1의 1차 권선 b와 Cr을 거쳐 전류가 흐르게 되고, 자속 Φ 는 반대 방향으로 흐르게 된다. 그러므로 출력 $V_2 = -(N_2/N_1)(\Delta\Phi/\Delta t)$ 가 된다.

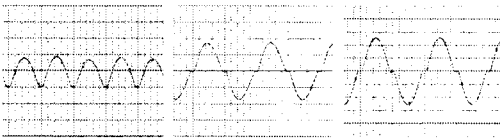


그림 10. 인버터 회로의 시뮬레이션 결과
(a) L1 양단 (b) Cr 양단 (c) 출력

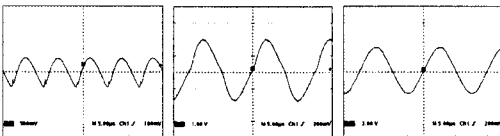


그림 11. 인버터 회로의 실험 결과
(a) L1 양단 (b) Cr 양단 (c) 출력

플라이백 컨버터의 출력전압을 21~29V로 가변가능하게 설계하였고 Push-Pull 인버터의 출력 전압은 500~650V로 변화를 주어 테스트 하였다. 램프의 점등 특성을 확인하기 위해 램프의 관경 4 ϕ 길이 27cm, 정격 구동전압 460V급의 병렬로 구성된 CCFL로 실험을 수행 하였다. 시뮬레이션 결과와 그림 11의 실험결과에 대한 파형을 비교할 때 실험결과와 파형과 유사함을 알 수 있다. 휘도를 향상 시킬 수 있는 방법은 램프 양단 ballast cap

값을 늘리는 방법이며 표 2와 같은 실험결과가 나왔다.

표 2. Ballast Cap 용량에 따른 휘도 차이

Cap(pF)	Watt	Voltage	Brightness(%)	Fr(kHz)
22	22.5	900	52.6	51
47	40	950	100	46
68	78	730	178	98

이 결과는 시뮬레이션 파라미터와 동일하게 실험을 하였고, 발라스터 커패시터에 의해 램프에 생기는 기생 용량과 누설인덕턴스의 변화로 인해 공진 주파수 및 출력이 달라지는 것을 확인 하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 EEFL과 양쪽 끝에 커패시터를 갖는 CCFL의 I-V의 특성을 참고로 하여 용량성 결합을 통한 병렬 연결된 다수의 CCFL의 구동 방안을 제안하였다. CCFL의 양쪽 끝에 추가한 안정용 커패시터의 커패시턴스를 각각 EEFL의 전극의 길이와 매치 하였을 때 방전의 유사성을 파악하여 연구를 진행하였다.[8]

또한, EEFL과 CCFL의 I-V특성의 유사성으로부터, CCFL에서는 안정용 커패시터를, EEFL에서는 외부전극의 고유 커패시터를 충전하기 위해 미소한 전압이 요구된다. 이러한 시스템에서, CCFL을 병렬 구동할 때 반사판이 미치는 영향이 어떻게 개선방안이 될 수 있는지 참조가 되었다. 앞서 연구된 시스템을 기반으로 본 연구에서 제안할 시스템은 1차 역률 개선을 위한 부스트 컨버터와 절연된 플라이백 컨버터, 절연 후 2차에서 CCFL의 에너지 공급을 위한 Royer 구동 고압 인버터로 이루어져 있다. 다수의 병렬 연결된 CCFL을 하나의 트랜스포머를 이용하여 구동함으로써 LCD 표시장치에 적용할 경우 소형 경량 및 저비용의 장점을 가질 수 있다. 이러한 구동은 기생용량에 대한 영향의 저감과 현저한 EMI 감소뿐만 아니라 효율 개선을 실현할 수 있다. 램프와 도전성 반사판 사이의 용량성결합이 점등전압에 근접한 구동전압의 운용을 가능하게 하여 램프 신뢰성 향상과 램프의 소자의 스트레스 저감을 통한 수명연장을 이룰 수 있다. CCFL 10등을 병렬 구동한 실험결과로부터, 본 연구는 CCFL을 적용하는 각종 응용분야에서 경제적이며 소형, 경량화를 실현하는 유용한 방안이 될 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] J. Kahl, "Understanding Cold Cathode Fluorescent Lamps (CCFL'S)," Application Information AI-007, JKL Components Corporation, Nov. 1998, <http://www.iklamp.com>.
- [2] Cheri-Jin Kim; Jae-Geun Ji; Shin-Yong Yoon, "A study on the design and performance of electronic ballast for cfl dimming control with frequency modulation," in Proc. Sixth International Conference on Electrical Machines and System s, Nov. 2003, pp. 453-456.
- [3] L. Williams, "Fourth Generation of LCD Backlighting Technology," Linear Technologies Corporation, Application Note 65, Nov. 1995.
- [4] J.O'Connor, "Dimmable Cold Cathode Fluorescent Lamp ballast design using the UC3871," Unitrode Corporation, Application Note U-138.1999.
- [5] T.S.Cho,et.al."Capacitive Coupled Electrode less Discharge Backlight Driven by Square Pulses," IEEE Trans, on Plasma Science, Vol. 30, No. 5pp.2005-2009. Oct. 2002.
- [6] STMicroelectronics, AN1722 APPLICATION NOTE Design and Realization of a CCFL Application Using TSM108, S TN790A, or STS3DPF30, and STSA1805
- [7] Monm Doshi, Jianjian Bian, Regan Zane and Francisco J. Azcondo "Low Frequency Architecture for Multi-Lamp CCFL Systems with Capacitive Ignition" 2005 IEEE. 1072-1078
- [8] Guangsup Cho, Joo Y.Lee, Dae H.Lee, Sang B.Kim, Hyuck S.Song, Jehuan Koo, Bong S.Kim, June G.Kang, Eun H.C hoi, Ung W.Lee, Soon C.Yang, and John P.Verboncoeur "Glow Discharge in the External Electrode Fluorescent Lamp" 2005 IEEE 1410-1415
- [9] Hu, Y. ; Jovanoic, M. M. "Capacitive Effect on Current Balancing of Cold-Cathode Fluorescent Lamps"(Information display : the official journal of the Society for Information Display ,v.22 no.7, 2006 ,pp.16-21)