

LCD 조광용 냉음극 형광램프의 구동 및 제어

김철진\*, 홍대식\*, 황요한\*, 윤신용\*\*  
 한라대학교\*, 동국대학교\*\*

The Drive and Control Circuit Design of Cold Cathode Fluorescent Lamp for LCD Back Lighting

Cherl-Jin Kim\*, Dae-Shik Hong\*, Yo-Han Hwang\*, Shin-Yong Yoon\*\*  
 Halla University\*, Dongguk University\*\*

**Abstract** - CCFL(cold cathode fluorescent lamp) are used to backlight of LCD(liquid crystal display). CCFL dimming methods are used to pulse frequency modulation(PFM) or pulse width modulation(PWM).

In this paper, design of CCFL driving and control circuit by half-bridge type series and parallel resonant inverter that variable frequency modulation method to control the output voltage current. Inverter switching frequency is higher than resonant frequency for stable operating, and it is possible dimming control.

On the basis of equivalent circuit, the validity of this study is confirmed by the comparison of simulation and experimental result.

1. 서론

LCD(liquid crystal display)의 백라이트 및 면광원형태의 조명기구에 사용되는 CCFL(cold cathode fluorescent lamp)은 소형, 고효율, 경량화 그리고 장수명의 특징을 갖는다. CCFL은 최근 표시장치의 산업적 발전과 함께 급속도로 성장함으로써 주목 받고 있다.

CCFL은 초기 기동시 1200[V] 이상의 고전압을 요구하며 점등후 400~800[V]의 정상 전압과 5~6[mA]의 전류를 안정화 시킬 수 있는 전원 회로를 요구한다. CCFL의 조도조절(Dimming)방식으로는 주파수변조방식(PFM)과 펄스폭변조방식(PWM)이 주로 사용되고 있으며 PFM방식은 EMI및 고조파를 저감시키는 장점을 갖는다.

본 연구에서는 PFM방식과 Half-Bridge형 LCC 직병렬 공진형 인버터를 적용하여 CCFL 구동회로의 설계 및 제어 방안에 대하여 서술하였으며, 공진주파수보다 상위칭 주파수가 높은 영역에 존재할 때 안정된 동작이 가능하며 이 영역 내에서 주파수 가변을 통해 조도조절을 수행하였다. 조도조절을 위해 범용 PWM IC인 TL494를 적용하였으며, 펄스변압기와 LCC소자를 적용하여 램프의 점등을 수행하였다. 실험의 타당성을 제시하기 위하여 등가회로를 통한 시뮬레이션과 설계 제작한 회로의 실험결과를 바탕으로 그 타당성을 입증하였다.

2. LCC 직병렬 공진 회로의 해석 및 설계

2.1 공진회로의 동작원리

본 연구에서 직렬공진특성과 병렬공진특성의 장점을 갖는 비대칭 Half-Bridge형 LCC 직병렬 공진 인버터 회로를 적용하였으며, 적용한 회로는 다음의 그림 1과 같다.

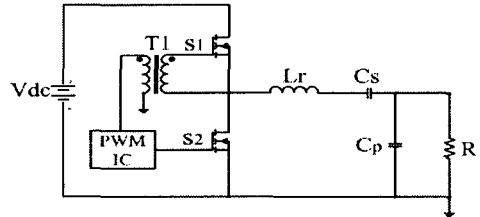


그림 1. LCC 직병렬 공진회로

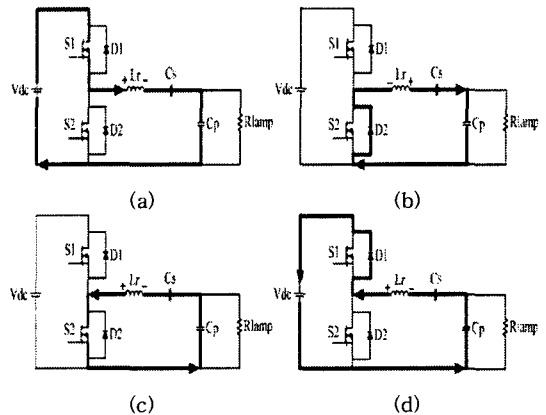


그림 2. Mode별 동작

그림 2는 제시한 회로의 Mode별 동작을 나타낸다. Mode 1은 S1 on, S2 off 상태에서 Lr에 에너지가 축적되고, Mode 2는 S1, S2 off 상태에서 Lr의 역기전력으로 인해 역병렬 다이오드 D2를 통해 전류 루프가 형성된다. Mode 3은 S1 off, S2 on 상태에서 Lr에 축적된 에너지는 S2를 통해 방출되며, Mode 4는 S1, S2 off 상태에서 공진회로에 흐르던 전류는 D1을 통해 전원 측으로 회생된다. 이러한 S1, S2의 주기적인 교번동작으로 인해 부하 측에는 정현적인 교류가 인가된다.

2.2 공진회로의 설계

그림 3에 LCC 직병렬 공진 등가회로를 나타낸다.

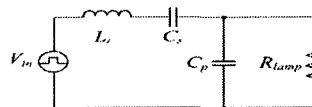


그림 3. 등가회로

LCC 직병렬 공진회로의 정규화 파라미터는 다음의 수식을 통해 산출할 수 있다.

직병렬 커패시턴스의 비( $C_n$ )

$$C_n = \frac{C_s}{C_p} \quad (1)$$

직렬로 연결된  $C_s, C_p$  의 합성 임피던스( $C_t$ )

$$C_t = \frac{C_s \cdot C_p}{C_s + C_p} \quad (2)$$

공진주파수 ( $f_r$ )

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_t}} \quad (3)$$

스위칭주파수와 공진주파수의 비 ( $\omega_n$ )

$$\omega_n = \frac{\omega_s}{\omega_r} \quad (4)$$

특성 임피던스 ( $Z_o$ )

$$Z_o = \omega_o \cdot L_r = \frac{1}{\omega_o \cdot C_s} = \sqrt{\frac{L_r}{C_s}} \quad (5)$$

정상상태의 Q

$$Q = \frac{Z_o}{R_{\text{amp}}} \quad (6)$$

공진회로의 전압이득은 입력임피던스와 출력임피던스의 비로 나타내며 식(7)과 같이 표현된다.

전압이득(M)

$$M = \frac{1}{\sqrt{1 + C_n(1 - \omega_n^2)^2 + Q^2(\omega_n - 1/\omega_n)}} \quad (7)$$

식(7)로부터  $C_n, \omega_n, Q$  값에 따른 전압이득의 변화를 얻을 수 있으며,  $C_n$ 의 값은 회로의 직병렬 공진특성을 결정하게 되는 중요한 요소가 되므로 이런 요소들의 특성에 따른 전압이득을 확인하기 위해 Matlab을 이용하여 전압이득의 변화를 시뮬레이션 한 결과  $\omega_n$ 의 값이 약 1.3 일 때 전압이득이 최대가 되는 것을 그림 4를 통해 확인할 수 있으며,  $C_p/C_s=1/3$  일 때 부하변동에 대한 효율과 초기 구동 시 전압이득 확보가 개선되는 것을 알 수 있었다. 시뮬레이션한 전압이득 특성에 의해 스위칭 주파수와 공진주파수의 비( $\omega_n$ ), 직병렬커패시턴스의 비( $C_n$ )를 결정하게 되며 제시한 관계식(1)~(7)에 의해 커패시턴스 값과 인덕턴스 값을 결정한다. 따라서 본 연구에서는 직병렬커패시턴스의 비를 1/3, 스위칭주파수는 공진주파수보다 약 1.3이하로 결정하였으며, 전압이득이 급격히 변하지 않는 범위내의 주파수를 가변함으로써 조도조절 범위를 결정하였다.

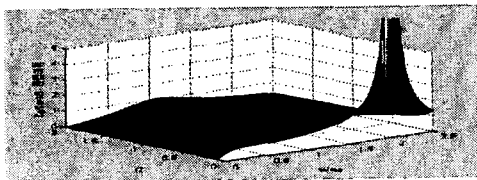


그림 4.  $C_p/C_s=1/3$

### 2.3 TL494를 이용한 주파수 가변

본 연구에서는 공진 인버터회로에 사용한 2개의 N채널 MOSFET를 구동하기 위해 TL494를 사용하였으며, 출력단 주파수는 5, 6번 핀의 시정수( $R_t, C_t$ )에 의해서 결정되며 출력 주파수는 식(8)과 같이 표현한다.

$$f_s = \frac{1}{2R_t \cdot C_t} \quad [\text{Hz}] \quad (8)$$

여기서, 제어부인 TL494는 Push-pull 모드로 동작하기 때문에 식(8)과 같은 출력주파수의 관계식을 적용할 수 있으며, 이런 PWM IC의 출력단의 주파수를 가변하기 위해서  $C_t$ 단에 0.001uF,  $R_t$ 단에 범용 트랜지스터인 C1815를 연결하여 바이어스 전압의 변화에 따른 저항 값의 변화를 통해 주파수를 가변시키는 PFM방식을 채택하였다.

또한 본 회로는 기존의 변압기를 사용한 방식과 달리 2개의 FET, 펄스변압기, LCC 소자만을 사용하여 점등하였기 때문에 기존의 방식에 비해 회로의 구성과 비용 측면에서 잇점을 갖는다.

### 3. 시뮬레이션

시뮬레이션의 타당성을 입증하기 위해 직병렬 공진회로의 등가회로로부터 산출된 전압이득을 Matlab을 통하여 시뮬레이션한 결과는 그림 5와 같다.

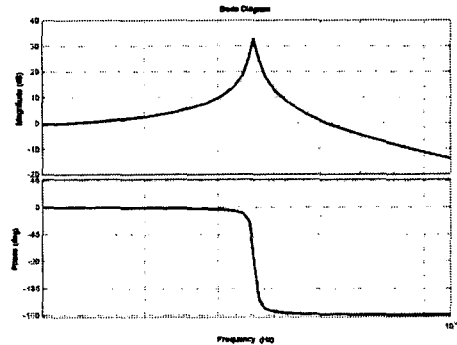


그림 5. Matlab을 이용한 전압이득 곡선

그림 5의 시뮬레이션 결과를 통해 실험결과로부터 얻어진 출력파형과 비교함으로써 실제 회로의 전압이득과 주파수를 확인할 수 있었다.

공진주파수를 47.5[kHz]로 설정하고 식(1)~(7)을 통하여 인덕턴스 값과 직병렬 커패시턴스의 값을 선정할 수 있었으며, 램프의 등가저항은 CCFL의 정상상태 전압과 전류 값에 의해 계산하였다. 설계 및 시뮬레이션을 위해 사용된 회로정수는 표 1로 표현하였으며, Pspice 모델은 그림 6과 같고, 정상 및 기동시의 전압과 전류의 파형은 그림 7,8과 같다.

표 1. 회로정수

항 목	값
스위칭 주파수 [kHz]	51.75
입력전압 [V]	310
$L_r$ [mH]	9
$C_s$ [pF]	5000
$C_p$ [pF]	1650
램프등가저항 [kΩ]	94.16

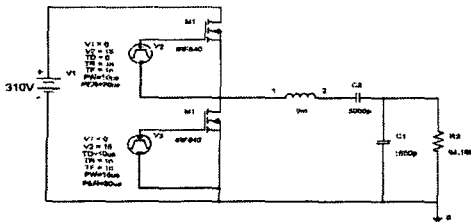


그림 6. Pspice 회로도

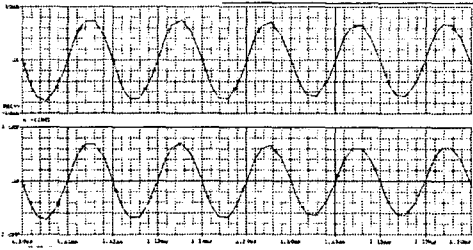


그림 7. 정상상태 전압, 전류 파형

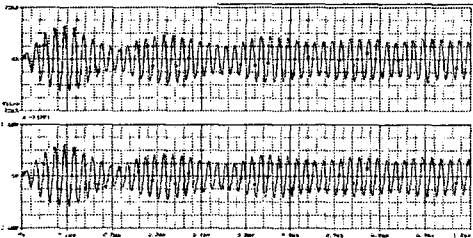


그림 8. 기동시 전압, 전류 파형

#### 4. 실험결과 및 고찰

본 연구에서 제시한 수식에 의해 선정된 소자 값을 적용하여 실험을 수행 하였다. 시뮬레이션 및 실험의 타당성을 확인하기 위해 설계 및 제작한 회로는 그림 9이며, 실험에 사용한 CCFL의 사양은 표2와 같다.

표 2. CCFL 사양

항 목	값
관경 [mm]	1.8
관장 [mm]	135
램프 전압 [Vrms]	410
램프 전류 [mA]	6
램프 전력 [W]	2.46

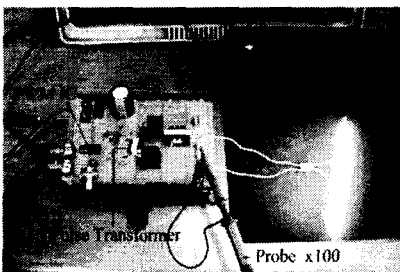
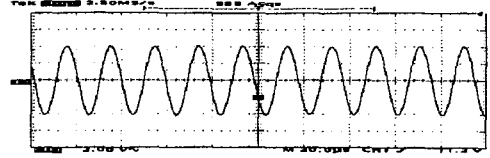
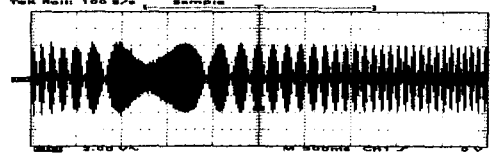


그림 9. 제안한 회로의 점등



(a)



(b)

그림 10. 전압파형[200/div]

그림 10(a)는 정상상태의 전압파형이며, (b)는 기동상태의 전압파형을 나타낸다. 공진주파수와 스위칭 주파수의 비는 약 1.08이며, 점등전압은 412[V]로 이론적인 수치와 유사함을 확인할 수 있었다.

#### 5. 결 론

본 연구에서는 회로 구성이 간단하고 낮은 스위칭 손실과 높은 전압이득 특성을 갖는 CCFL 구동용 전원회로로서 LCC 직병렬 공진형 인버터를 적용한 회로를 사용하였으며, PWM IC인 TL494를 이용한 가변주파수 방식을 채택하여 스위칭 주파수에 따른 출력전압의 변화를 통해 조도조절을 수행하였다. 또한 기존의 변압기를 적용한 전원회로와 달리 펄스변압기와 순수 LCC 소자를 적용하여 설계한 회로를 통해 램프를 구동하여 회로의 구성과 단가를 줄일 수 있었다. 제시한 수식을 통하여 선정된 회로정수로 설계 제작한 회로로부터 실험과 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션과 실험 결과로부터 스위칭 주파수와 공진주파수의 비( $\omega_p$ )는 약 1.3이하, 직병렬 커패시턴스의 비( $C_p$ )가 약 1:3일 때 안정적인 동작을 하게 됨을 확인할 수 있었다, 또한 LCC 직병렬 공진형 인버터의 회로의 해석 및 설계 과정을 제시하였으며, 시뮬레이션과 실험을 비교 검토하여 회로의 타당성을 확인하였다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] R. Verderber "Performance of electronic ballast and control with 34- and 40-watt fluorescent lamps", IEEE Trans. Ind. Applicat., vol.25, PP 1049-1059, Nov./Dec. 1989.
- [2] N. Aoiike, K. Yuhara. "Electronic ballast for fluorescent lamp lighting system of 100 lm/W", J. IES, pp 225-239, Oct, 1984
- [3] M. Mahmoud, "Design parameter for high frequency series resonance energy converter used as fluorescent lamp electronic ballast", in Proc, EPE Conf., Aachen, Germany, PP. 367-371, 1989
- [4] G. Gambirasio, "High frequency power converter for fluorescent lamps", in Proc, EPE Conf., Aachen, PP 337-339, 1989.
- [5] 김철진 외. "전력전자시스템 이론과 설계", pp. 492-528, 2002.2
- [6] L. R. Nerone, "A mathematical model of the class D converter for compact fluorescent ballast", IEEE Trans., power electron., vol. 10, PP 708-715, Nov. 1995.
- [7] M. Kazimierzuk and W. Szaraniec, "Electronic ballast for fluorescent lamp", IEEE Trans., power electron., vol.8, PP 386-395, Oct 1993.