

압전 변압기의 정상상태 특성과 고효율 냉 음극 방전램프용 인버터 설계

論 文

49D-4-2

Steady-state Characteristics of the Piezoelectric Transformer and the Design of the Piezoelectric Inverter for Cold Cathode Fluorescent Lamp

權 基 鉉* · 任 永 徹** · 梁 承 學*** · 鄭 榮 國[§]

(Gie-Hyoun Kweon · Young-Cheol Lim · Seung-Hak Yang · Young-Kuk Jung)

Abstract - The back-light inverter used in the laptop computer is designed in this paper. It has been difficult for electromagnetic transformer to enhance the efficiency and compact profile of the inverter. In this paper, (1) the piezoelectric transformer (PT) is used for reducing the loss; (2) the volumes of core and winding coil are used in electromagnetic transformer, and (3) the half-bridge series parallel resonant circuit is used in the driver of the inverter. The modified PT for this paper and the equivalent circuit are supported by the simulation program. The result of the experiment shows more than 91% improvement in terms of the efficiency.

Key Words : Piezoelectric Transformer, Half-bridge Series Parallel Resonant Circuit, Equivalent Circuit

1. 서 론

최근 노트북 컴퓨터의 액정 모니터 화면이 대형화되고 전체 두께는 점점 얇아지면서 모니터 내의 백 라이트용으로 내장된 냉 음극 방전 램프도 가늘고 길어지고 있다. 이러한 변화는 램프 구동용 인버터의 소형, 고효율화를 요구하고 있다.

현재의 냉 음극 방전 램프 구동용 인버터는 권선 변압기를 사용하여 전력을 변환하는 회로가 거의 정석화 되어있다. 직류를 교류로 변환하기 위한 스위칭 방식은 보조권선을 이용하는 자력식을 채택하고 있으며 이러한 방식의 인버터에서는 변압기의 인덕턴스 용량을 이용하기 때문에 스위칭 주파수가 고정되어 있고, 자속의 포화때문에 소형화를 위한 고주파수화에 한계가 있다. 그리고 권선을 사용하므로써 코어 손실이나 누설전류가 존재하여 효율 또한 높지 못하다. 지금까지의 권선 변압기를 사용한 냉 음극 방전 램프용 인버터에서는 최대 효율이 약 85%정도인 것으로 알려져 있다[1].

이러한 소형 인버터의 권선 변압기에 존재하는 코어 손실이나 누설전류를 줄이면서 장치를 보다 소형화할 수 있는 방법으로서 눈길을 끄는 압전 변압기가 있다[2]. 이것은 기계적인 진동을 매개로 하여 전기에너지를 승압 또는 강압된 에너지로 전달하는 소자이다. 일종의 세라믹 소자로 소형, 박형

이고, 권선이 없어 코어 손실이 없으며, 전자기적 소음 또한 거의 없고, 불연성 등 많은 장점들이 있다.

냉 음극 방전 램프는 초기에 높은 방전 전압이 필요하고, 점등 후 1.5배 이하의 유지 전압이 필요하다. 이러한 특성 때문에 압전 변압기를 이용해서 냉 음극 방전 램프용 인버터에 많이 적용되고 있다[3-4].

본 논문에서 변위나 용량이 한 주기의 정현파로 나타나며 1차측은 상하 진동, 2차측은 좌우 진동을 하며 에너지를 전달하는 λ 모드 길이 방향 진동을 하는 압전 변압기를 적용한다.

설계한 회로는 하프-브리지 직·병렬 공진 인버터 회로이며, 반도체 스위칭 소자의 구동 신호가 있는 제어 IC를 사용하여 압전 변압기의 최대 출력을 갖는 공진점에 맞춰 스위칭을 행한다. 냉 음극 방전 램프의 휘도 조절은 램프 전류를 제한하여 조절하는 것이 일반적이다. 이 방법은 변압기 2차측 권선과 램프까지의 배선과 제한 회로의 배선 등에 존재하는 기생용량과 누설 전류로 인하여 손실이 발생한다.

본 논문에서는 압전 변압기의 1차측 스위칭소자에서 전류를 측정하여 제한하므로써 휘도를 제어한다[5].

압전 변압기와 하프-브리지형 직·병렬 공진회로를 이용하여 냉 음극 방전 램프 구동 인버터를 시뮬레이션하고, 제작한 시스템의 실험결과 파형과 비교 평가하므로써 인버터의 성능을 검증한다.

2. 압전 변압기의 원리 및 전기적 등가회로

세라믹 물질에는 유전성, 압전성, 초전성 등 세 가지의 큰 특징이 있다. 그 중 압전성을 이용하여 만들어진 변압기로 압전 변압기가 있다[6].

* 準 會 員 : 全南大 電氣工學科 博士課程

** 正 會 員 : 全南大 電氣工學科 敎授 · 工博

*** 正 會 員 : 湖南大 電氣工學科 助敎授 · 工博

[§] 正 會 員 : 大佛大 電氣工學科 專任講師 · 工博

接受日字 : 1999年 10月 18日

最終完了 : 2000年 2月 25日

압전 물질에 힘을 가했을 때 전기분극을 일으키는 것과 반대로 전기를 가하면 소자에 변위가 일어나는 현상을 압전 효과라 한다. 이와 같이 압전 결정은 기계적인 힘을 전기적인 힘으로 바꿀 수 있고 전기적인 입력을 기계적 출력으로 바꿀 수 있다. 압전 결정에 인가하는 힘의 방향을 반대로 하면 전기분극의 방향도 반대로 되며 도선을 연결했을 때 흐르는 전류의 방향도 반대가 된다. 따라서 압전 결정에 전류의 방향이 계속 바뀌는 교류전압을 인가해 주면 수축과 신장을 반복하는 진동을 일으키게 된다. 수축과 신장을 반복하는 기계적인 진동의 진동수는 진동자의 치수에 따라 결정되며 이를 진동자의 고유진동수라 한다. 교류전압의 주파수가 결정의 고유진동수와 같으면 압전 결정은 가장 강하게 진동을 하게 되며 흐르는 전류도 최대가 된다.

압전 변압기는 소형, 박막이고, 권선이 없어 코어 손실이 없으며, 전자적 소음 또한 거의 없고, 세라믹 성분으로 불연성이며 노화가 거의 없다는 등 많은 장점들이 있어 고압 발생용 소자로 사용되고 있다.

본 논문에서 사용된 압전 변압기는 두 점의 입력과 하나의 출력점이 존재하는 길이 방향의 λ/2 모드 진동을 갖는 로젠 타입의 변압기이다. 기존 λ/2 모드 진동 로젠 타입에서는 진동이 큰 부분에 입력력 접속점과 지지점이 존재하는 단점이 있었으나, λ/2 모드를 사용하므로써 지지점의 문제는 해결할 수 있으나 여전히 변압기 2차측 출력단의 접속점은 변위가 큰 지지점으로 되는 문제가 있다. 인버터 제작에 사용된 압전 변압기의 외형, 치수, 전극의 위치, 지지점의 위치, 변위 방향, 진동 스트레스 방향 등을 그림 1에 표시한다.

그림 2는 압전 변압기의 특성을 분석하고 회로를 설계할 때 이용하는 전기적인 동가회로를 나타낸다[7]. 그림에 나타난 특성 값들은 어드미턴스 측정법으로 임피던스 측정기를 이용하고 간단한 수식에 의해 쉽게 찾을 수 있다. V_p 는 입력측 전압이며, V_s 는 출력측 전압이다. 전기적 동가회로의 특성 값들은 다음과 같다. $R_0:1.1[\Omega]$, $L_0:10.2[mH]$, $C_0:460[pF]$, $C_{d1}:115[nF]$, $C_{d2}:5[pF]$, $N:100$

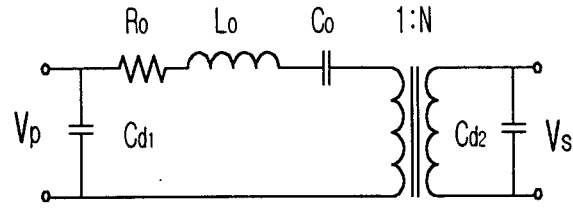


그림 2 압전 변압기 동가회로
Fig. 2 Equivalent circuit of the PT

3. 압전 변압기와 냉 음극 방전 램프의 입출력 특성

3.1 압전 변압기의 입출력 특성

압전 변압기의 전압 전달 특성은 매우 좁은 진동 주파수에서 최대전압전달조건을 가진다. 이러한 특성은 스펙트럼 분석기를 이용하여 주파수 변화에 따른 전압이득을 측정한 그림 3의 결과 파형에서 확인할 수 있다.

또 하나의 특징으로 부저항성이 있어서 부하에 따른 승압비 변화가 심하다. 이 때문에 진동 주파수와 부하의 변화에 대한 승압비 특성은, 냉 음극 방전 램프를 순수 저항 부하로 간주하고 주파수 가변이 가능한 전력 발생 장치와 몇 가지 저항으로 간단히 확인할 수 있다. 이 특성은 냉 음극 방전 램프에 적합하여 매우 유용한 장점인 동시에 단점이기도 하다. 이는 변압기의 출력 한계 이상의 부하에서 나타나는데 전력 전달이 진동에 의해 전달될 때 자체진동수가 증가하여 파괴될 수도 있기 때문이다.

결과적으로 공진 주파수 대역이 매우 좁다는 것과 압전 변압기의 부저항 특성을 확인할 수 있고 경부하일수록 변압기의 최대 전압 전달 공진 주파수가 약간 낮아짐을 확인할 수 있다.

언어진 입출력 특성으로 최대 전력 전달 진동 주파수는 $68 \pm 1[kHz]$ 이고 최대출력전압은 $1.5[kV_{max, ac}]$ 이며 최대출력전류는 $6[mA]$ 정도이다.

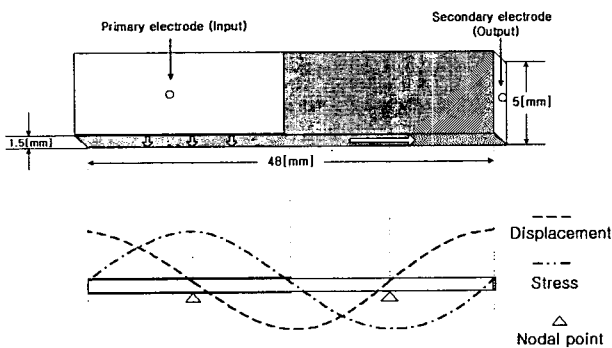


그림 1 압전 변압기
Fig. 1 Piezoelectric transformer

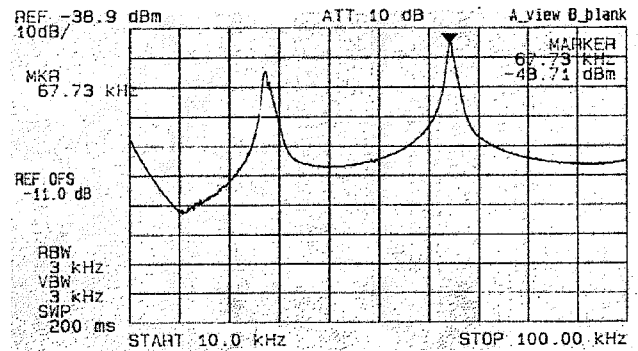


그림 3 압전 변압기의 전압 전달 특성
Fig. 3 Input to output transfer function of a PT
(Advantest R3365A, Spectrum Analyzer+Tracking Generator)

3.2 냉 음극 방전 램프의 특성

압전 인버터의 부하로 사용되는 냉 음극 방전 램프는 고 휘도, 고효율, 저소비 전력, 장 수명, 저 발열, 우수한 내구성, 우수한 점등 특성 등 매우 많은 장점들이 있어 각종 액정 디스플레이의 백 라이트용이나 이레이저, 스캐너, 계기류, 각종 조명 기기, 장식 기기에 사용된다. 본 논문에서는 노트북 중 에서 화면 크기가 12.1인치를 대상으로 한다. 구동 특성으로는 초기 점등 시 요구되는 전압이 약 1[kV]정도이고, 점등 후 유지전압은 약 600[V]정도이다. 점등 후에는 점등시보다 1.5배 이하의 전압을 요구하지만 일정한 전류가 공급이 되어야 점등을 유지할 수 있고 깜박임도 적다.

램프의 전류와 휘도 특성은 전류가 120%정도까지는 휘도가 선형적으로 상승하나 그 이상에서는 방전 램프 내부전류 밀도 상승에 의해 온도가 상승하여 낮은 전류가 흐르는 것과 같게 되어 휘도는 더 이상 증가하지 않는다[8].

휘도와 주파수와의 특성은 인버터에서 출력되는 주파수에 따라 휘도가 변하게 되는데 그림 4에 나타낸 바와 같이 주파수가 약 70[kHz] 까지는 거의 선형적으로 상승한다. 이는 점등주파수가 방전등 내부의 전자의 운동량이나 자외선 발생정도를 변화시키기 때문이다. 그래서 주파수가 높아짐에 따라 휘도 또한 증가하는데 어느 정도 이상에서는 포화된다. 그 적정 주파수는 65~80[kHz]정도이며, 본 논문에서 사용한 압전 변압기의 최대전압전달 진동 주파수가 포함되는 구간이기도 하다.

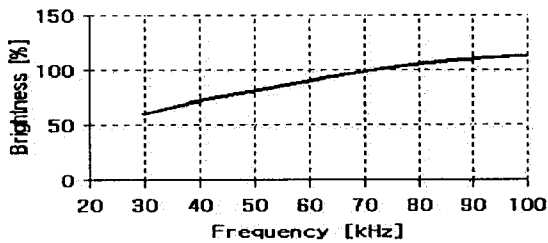


그림 4 냉 음극 방전 램프의 휘도-주파수 특성곡선
Fig. 4 Brightness vs. frequency characteristics of CCFL

4. 하프-브리지형 압전 인버터

노트북 컴퓨터의 12.1인치 모니터용 냉 음극 방전 램프를 구동하기 위해 제안된 인버터 회로는 압전 변압기를 채용한 직·병렬 하프-브리지 방식이다. 전체적인 회로의 개략도는 그림 5와 같다. 다양한 입력전압을 위한 DC/DC 컨버터 부분과 압전 변압기 입력으로 DC전원을 AC전원으로 변환해 주는 DC/AC인버터 부분, 그리고 모니터 화면의 밝기 조절을 위한 램프 전류 검출과 휘도 제어 부분으로 구성되어 있다[9].

DC/DC컨버터는 현재 상용되고 있는 노트북 컴퓨터 전원이 배터리와 어댑터에서 공급되는 전압이 서로 달라 인버터로의 입력전압이 10[V]-24[V]로 가변적인 전압이기 때문에 필요한 부분이다. DC/AC 변환부분은 부하로 사용되는 냉 음극 방전 램프를 구동하기 위한 것으로 램프의 장수명과 적은

깜박임을 위한 것이기도 하다. 그림 5에서와 같이 C_s 와 L_s 가 직렬로 연결되어 있으며 다시 C_p 와 병렬로 연결된 하프-브리지 직·병렬 회로이다. 휘도제어는 액정 모니터의 화면 밝기 조절을 위해서 필수적이며, 제안된 회로는 기존의 인버터에서 존재하는 누설전류와 기생용량을 줄이기 위한 방법으로 변압기 1차측에서 제어한다. 사용된 IC는 Micro Linear사의 ML4878을 사용하였으며 압전 변압기는 일본의 Hayachi Chemical의 샘플이다. 부하로 사용한 냉 음극 방전 램프는 삼성전사에서 생산되는 12.1인치의 노트북용 액정 패널 내부의 것이다.

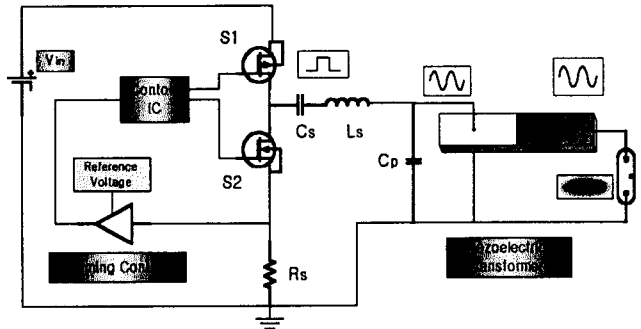


그림 5 하프-브리지형 압전 인버터 블록 다이어그램
Fig. 5 Block diagram of the half-bridge piezoelectric inverter

4.1 정상상태 등가회로 해석

정상상태에서의 인버터의 동작특성을 알아보기 위하여 그림 5의 DC/AC 전력 변환부를 재구성한다. 그림 6은 인버터의 등가회로를 나타낸다.

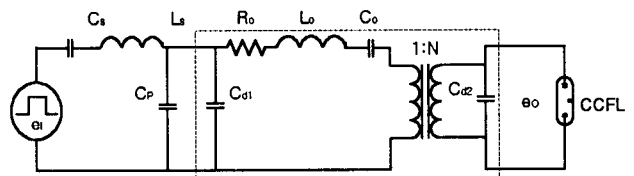


그림 6 인버터 등가회로
Fig. 6 Equivalent circuit of the inverter

그림 5에서 반도체 스위치 소자 S1이 동작할 때만 회로에 전력 전달되므로 구형파 입력이 된다. C_s - L_s 의 직렬회로에 압전 변압기와 C_p 가 병렬로 연결된 등가회로로 나타낼 수 있다. 점선의 사각형 내부는 압전 변압기의 전기적 등가회로이다. 회로의 전압 이득과 회로의 소자 값을 찾기 위해 그림 6의 등가회로를 다시 간략화한 등가회로는 그림 7과 같다. C_s 와 L_s , C_p 를 제외한 나머지 부분을 R_{eq} 로 치환하였다. e_1 는 입력전압, e_o 는 출력전압이다.

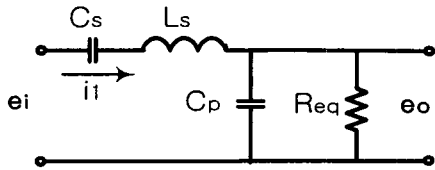


그림 7 간략화한 등가회로

Fig. 7 Simplified equivalent circuit

간략화된 등가회로를 이용하여 입력과 출력의 전달함수를 알아보기 위해 미분 방정식을 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{e_i - e_o}{sL_s + \frac{1}{sC_s}} = (sC_p R_{eq} + 1)e_o \quad (1)$$

$$\frac{sC_s(e_i - e_o)}{1 + s^2 L_s C_s} = \frac{(sC_p R_{eq} + 1)}{R_{eq}} e_o \quad (2)$$

$$sC_s R_{eq} e_i = [1 + s(C_s + C_p)R_{eq} + s^2 L_s C_s + s^3 L_s C_s C_p R_{eq}] e_o \quad (3)$$

식 (1), 식 (2), 식 (3)을 정리하면 식 (4)와 같은 이득 식을 구할 수 있다.

$$\left| \frac{e_o}{e_i} \right| = \frac{sC_s R_{eq}}{1 + s(C_s + C_p)R_{eq} + s^2 L_s C_s + s^3 L_s C_s C_p R_{eq}} \quad (4)$$

이러한 인버터의 등가회로는 L_s, C_s 의 직렬 공진과 L_s, C_p 의 병렬 공진이 복합된 구조로 경부하에서는 병렬 공진이 주로 동작하며 최대부하에서는 직렬 공진의 영향이 크게 나타난다. C_s 과 C_p 가 직렬 연결이라면 공진 주파수는 식 (5)와 같이 표현된다.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_s C_{eq}}} = \sqrt{\frac{C_s + C_p}{L_s C_s C_p}} \quad (5)$$

점등 후에는 L_s 과 C_s 의 직렬 공진이 주가 되는 특성이 있다. 식(6)은 공진 주파수에서 양호도이다.

$$Q_L = \omega_0 C_{eq} R_{eq} = \frac{R_{eq}}{\omega_0 L_s} = \frac{R_{eq}}{Z_0} \quad (6)$$

특성임피던스 Z 는 식(7)을 이용하여 구할 수 있다.

$$Z = \frac{Z_0}{1 + \frac{C_p}{C_s} \sqrt{1 + Q_L^2 (1 + \frac{C_p}{C_s})^2}} \approx \frac{Z_0^2}{R_{eq} (1 + \frac{C_p}{C_s})} \quad (7)$$

여기에서 $f/f_0 = 1$ 이고, $Q_L^2 (1 + \frac{C_p}{C_s})^2 \gg 1$ 이다.

f 는 스위칭 주파수를 나타내고, f_0 는 공진 주파수이다. Z_0 는 공진시 특성 임피던스이며 식 (8)과 같이 정의된다. 식(9)는 인버터 회로의 커패시터를 표현한 것이다.

$$Z_0 = \omega_0 L_s = \frac{1}{\omega_0 C_{eq}} = \sqrt{\frac{L_s}{C_{eq}}} \quad (8)$$

$$C_{eq} = \frac{C_p C_s}{C_p + C_s} \quad (9)$$

위의 수식들을 정리하면 인버터의 설계시 인덕터와 커패시터의 용량을 식 (10)과 식(11)을 이용하여 구할 수 있다.

$$L_s = \frac{R_{eq}}{\omega_0 Q_L} \quad (10)$$

$$C_{eq} = \frac{Q_L}{\omega_0 R_{eq}} \quad (11)$$

회로의 소자 특성값은 다음과 같다. L_s ; 104mH, C_s ; 1uF, C_p ; 52pF이다.

4.2 스위치 소자 동작에 따른 동작모드

정상상태에서 인버터 전력변환회로의 전체적인 동작은 한 주기 동안의 스위치 소자의 동작으로 구분한다. 본 논문에서 적용한 하프-브리지 직·병렬 공진회로는 그림 8과 같이 4개의 동작모드로 나누어 나타낼 수 있다. 그림에서와 같이 스위치 소자 S1의 동작에 의해 모드 1~2가 나타나고 스위치 소자 S2의 동작으로 모드3~4가 표현되며 다시 초기 상태로 된다. 이러한 스위치 소자 S1, S2의 동작으로 압전 변압기 1차 측에는 정현파가 입력된다.

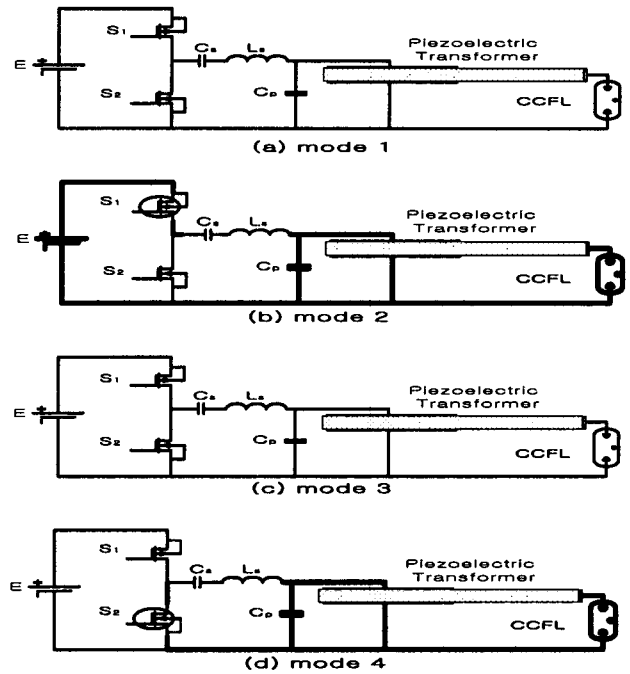


그림 8 인버터의 동작모드

Fig. 8 Operation modes of the inverter

모드 1은 초기상태이며 S1, S2 모두 오프상태로 전력의 공급은 없으며 그림 8(a)와 같다.

모드 2는 스위치 소자 S1이 온, S2는 오프 상태로 커패시터 C_p 가 충전되면서 압전 변압기로 전력이 전달되는 모드이다. 그림 8(b)와 같은 루프를 형성하며, C_s - L_s -변압기 직렬 공진 회로와 같다.

모드 3은 데드타임 구간으로 스위치 소자 S1, S2 모두 오프상태이며 전력 전달은 없다. 그림 8(c)와 같다.

모드 4는 스위치 소자 S2가 동작하는 구간으로 S1은 오프, S2는 온인 상태로 압전 변압기와 병렬커패시터 C_p 에 충전되어 있던 용량이 그림 8(d)와 같은 루프를 형성하며 공진을 하면서 압전 변압기에 전력을 전달한다.

이상의 네 가지 모드를 주기마다 반복하면서 압전 변압기에 에너지를 전달하며 냉 음극 방전 램프를 구동한다.

4.3 변압기 1차측 휘도 제어

방전 램프의 휘도 조절을 위해 본 논문에서는 변압기 1차측 환 루프를 이용한다. 기존의 인버터에 사용된 출력측 제한 제어방식에서의 기생용량이나 누설전류를 감소시키기 위한 회로이다. 기생용량은 램프와 접지 사이, 램프의 고압을 측정하여 제한하기 위한 저항들 사이에서 나타난다. 누설전류는 2차측 제한 회로에서 나타난다. 출력전류를 검출하기 위해 저항 R_s 를 이용하여 검출하며, 이를 기준전압과 비교하여 DC/DC컨버터 부분의 반도체 스위치 소자의 온/오프시간을 조정한다. 변압기 1차측 휘도 제어 회로의 개략도는 그림 9와 같다.

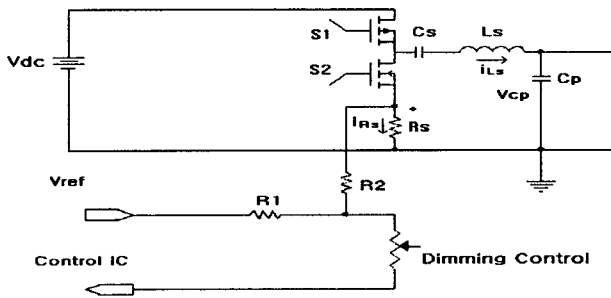


그림 9 변압기 1차측 휘도제어
Fig. 9 Primary side dimming control

변압기 1차측 휘도제어는 식 (12) ~ 식 (15)에서 알 수 있듯이 램프에 흐르는 전류는 저항 R_s 를 통해 흐르는 전류와 비례하는 사실을 이용하여 회로를 간단히 구성할 수 있고 안정된 제한제어 특성을 보인다.

$$V_{C_p} I_{L_s} \approx V_{lamp} I_{lamp} \quad (12)$$

$$V_{lamp} = N \cdot \frac{V_{C_p} \cdot \pi}{\sqrt{2}} \quad (13)$$

$$I_{L_s} = N \cdot \frac{\pi}{\sqrt{2}} I_{lamp} \quad (14)$$

$$I_{L_s} \propto I_{R_s} \quad (15)$$

여기에서 I_{L_s} ; L_s 에 흐르는 전류, V_{lamp} ; 램프전압, I_{lamp} ; 램프전류, N ; 승압비 등을 나타낸다. 그리고 V_{C_p} 는 병렬 커패시터 C_p 전압으로 그림 9에 나타났다. 휘도 제어에 의한 실험 결과 파형은 그림 13과 같다. 표 1은 입출력 대비 효율을 나타내고, 표 2는 입출력 대비 휘도특성을 나타낸다.

표 1 입출력 대비 효율
Table 1 Efficiency of the Input-output

휘도 [cd/m ²]	입력전압 [V]	입력전류 [A]	출력전압 [V]	출력전류 [mA]	효율 [%]
최소	10	0.53	800	4.2	63.4
	20	0.27	800	4.2	62.2
최대	10	0.53	800	6.1	92.1
	20	0.27	800	6.2	91.8

표 2 입출력 대비 휘도특성

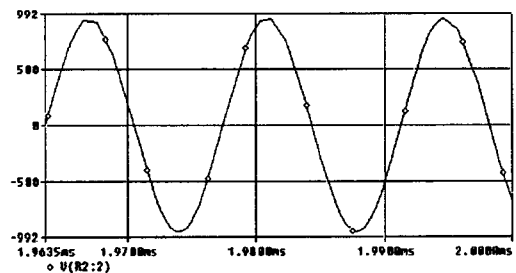
Table 2 Brightness Characteristics of the Input-output

휘도 제어전압	입력전압 e_i [V]	입력전류 i_i [A]	출력전압 V_{lamp} [V]	출력전류 i_{lamp} [mA]	휘도 [cd/m ²]
1 [V]	10	0.53	800	4.2	140
	20	0.27	800	4.2	140
3 [V]	10	0.53	800	6.1	156
	20	0.27	800	6.2	156

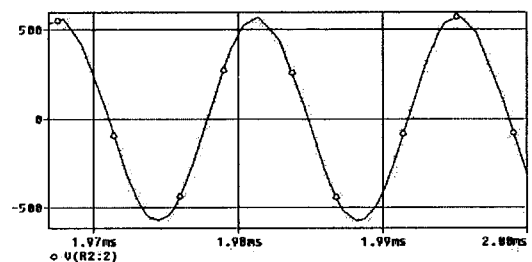
입출력 대비 휘도제어 특성은 표 2에 나타낸 바와 같이 휘도가 140-156[cd/m²]을 보이며, 최소 휘도와 최대 휘도를 기준으로 제어 정도는 60-100[%]이다. 휘도측정은 야간 실내에서 조명 없이 측정한 값이다. 휘도 측정시 이용한 장비는 Minolta사의 CROMA Meter CS-100이다. 휘도제어시 제어전압은 제어 IC에로의 입력 전압을 표시한다.

5. 시뮬레이션 및 실험

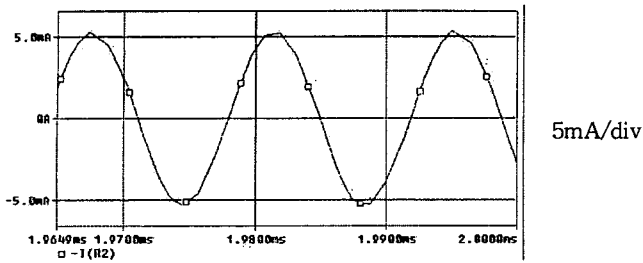
시뮬레이션은 PSpice를 이용하였으며 수정된 압전 변압기의 전기적 등가회로를 적용한 하프-브리지 형태의 회로를 구성하여 수행한다. 시뮬레이션을 통해 인버터의 입출력 특성 및 소자의 선택 등을 알아보았으며 결과로 점등 전후 출력전압과 점등 후 전류 파형은 그림 10과 같다. 스위칭 주파수는 압전 변압기에서 최대 출력을 얻을 수 있도록 압전 변압기 진동 주파수와 동일하게 68[kHz]로 선정하고 램프는 출력 전압전류를 이용하여 저항으로 등가화한다. 등가저항 값은 점등 전 800[k Ω]과 점등 후 100[k Ω]으로 선정하고 시뮬레이션을 한다.



(a) 점등전 출력 전압
(a) Output voltage before lighting



(b) 점등후 출력 전압
(b) Output voltage after lighting



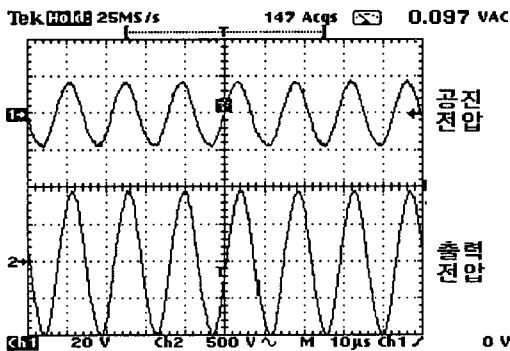
(c) 출력 전류
(c) Output current

그림 10 시뮬레이션 결과
Fig. 10 Simulation results

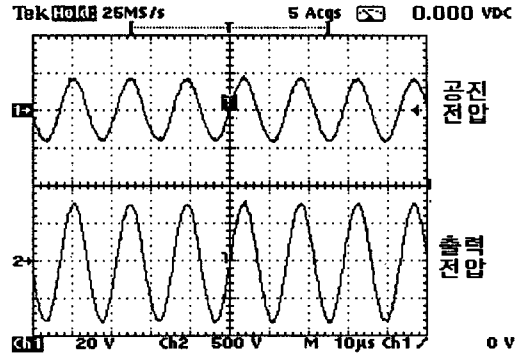
그림 10은 시뮬레이션 결과 파형으로 (a)는 램프가 점등하기 전의 인버터 출력전압 파형이고, (b)는 점등 후의 출력전압이며 (c)는 점등 후의 출력전류 파형이다.

시뮬레이션 결과와 실험 결과파형을 비교 분석한다. 실험 결과로 그림 11 (a), (b)의 채널1은 변압기 1차측 입력 전압이며, 채널 2는 점등 전후의 램프전압 파형이다. 냉 음극 방전 램프가 방전하기 전의 결과를 보면 그림 10(a) 시뮬레이션 결과와 그림 11(a) 채널2의 실험결과에서 알 수 있듯이 거의 일치함을 보인다. 냉 음극 방전 램프가 방전한 후의 출력파형도 그림 10(b) 시뮬레이션 결과와 그림 11(b) 채널 2의 실험결과를 비교하여 보면 거의 같다.

그림 12는 인버터의 DC/DC 컨버터의 특성을 알아보기 위하여 입력전압을 10[V]와 20[V]로 가변하여 측정한 것이다. 그 결과 파형으로 입력 10[V]는 그림 12 (a), 입력 20[V]일 때는 그림 12 (b)와 같다. 그림에서 채널1은 입력 전압이고 채널2는 변압기 1차측 입력전압이다. 실험결과에서 인버터의 입력전압을 10[V]와 20[V]로 가변하여도 안정된 DC/DC 컨버터 특성을 보인다. 변압기 1차측 휘도 제어 특성을 알아보기 위한 실험 결과 파형은 그림 13과 같고, 휘도 제어범위 중 최소휘도일 때 파형은 그림 13 (a), 최대일 때는 그림 13 (b)에 나타난다. 휘도제어범위는 휘도제어전압의 가변폭이 1-3[V]에서 60~100[%]이다.

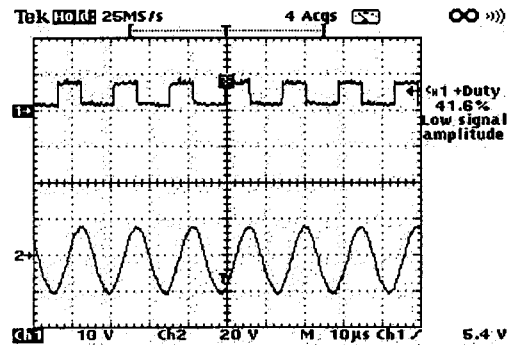


(a) 점등 전 출력전압
(a) Output voltage before lighting

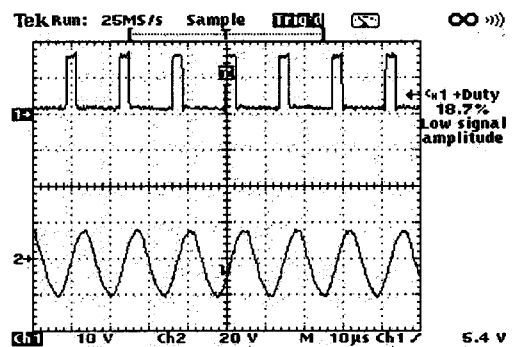


(b) 점등 후 출력전압
(b) Output voltage after lighting

그림 11 출력 파형
Fig. 11 Output waveforms



a) Input 10[V]일 때 공진 전압
a) Resonant voltage in 10[V] input

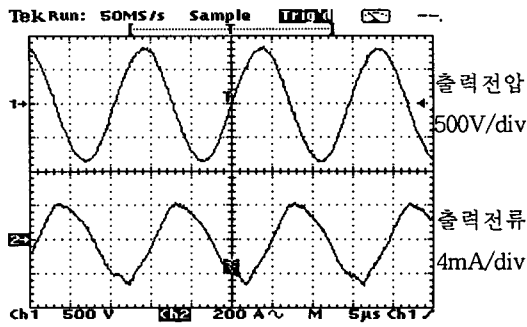


b) Input 20[V]일 때 공진 전압
b) Resonant voltage in 20[V] input

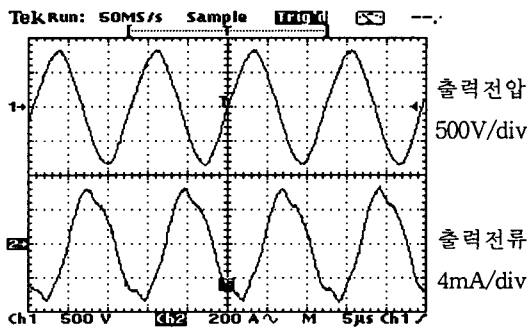
그림 12 입력 전압과 공진 전압
Fig. 12 Input vs. resonant voltage

참 고 문 헌

- [1] JIEC Seminar 자료, 백 라이트용 인버터 설계법, JIEC. Co., 1996, pp. 2-26.
- [2] Rosen, C. A., "Ceramic Transformer and Filters", *Proc. Electronic Comp. Symp.*, pp. 205-211. 1956.
- [3] Masahito Shoyama, Kuniyasu Horikoshi, Tamotsu Ninomiya, Toshiyuki Zaitu and yasuiro Sasaki, "Operation Analysis of the Push-Pull Piezoelectric Inverter", *IEEE APEC and Exposition*, pp.573-578. 1997. 2.
- [4] Masahito Shoyama, Kuniyasu Horikoshi, Tamotsu Ninomiya, and Toshiyuki Zaitu, "Steady-State Characteristic of the Push-Pull Piezoelectric Inverter", *IEEE PESC*, 1997.
- [5] 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 Electrics.*, Vol. 45, No. 2, pp.249-255, 1998. 4.
- [6] 沈泳材, "세라믹스의 전기적 성질(II)-압전성, 유전성, 초전성", 월간 세라믹스, pp. 104-109, 1992. 1.
- [7] Smidt. PJM and Duarte. JL, "Powering Neon lamps through piezoelectric transformer", *IEEE PESC*, 27th, Vol. 1, pp. 310-315, 1996.
- [8] 계문호, 고압 방전등 점등용 소프트 스위칭 인버터, 한국 전기연구소, 1997, 12, pp. 4-5.
- [9] Marian K. Kazimierczuk and Dariusz Czarkowski, *Resonant Power Converter*, Wiley Interscience, 1995, pp. 241-261.



(a) 최소 휘도
(a) Min. brightness



(b) 최대 휘도
(b) Max. brightness

그림 13 휘도제어 특성
Fig. 13 Dimming control

6. 결 론

본 논문에서는 하프-브리지 직·병렬 공진형의 회로구성으로 냉 음극 방전 램프용 인버터 회로를 설계하였다. 휘도를 제어하기 위해 변압기 1차측 궤환 회로를 이용하므로서 보다 간단하게 구성할 수 있으며, 휘도제어범위는 휘도제어전압의 1-3[V]에서 60-100[%]의 제어 특성을 얻을 수 있었다.

설계된 인버터에서 입출력 특성 결과는 표 1에 정리한 바와 같이 최대 휘도에서 입출력 대비효율은 91%이상으로 나타났다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과와 제작된 인버터에서의 출력과 일치함을 보여 회로의 안정성과 동작특성을 검증할 수 있었다.

앞으로 압전 변압기의 고출력 특성의 개선이 시급하며 보다 넓은 범위의 휘도제어와 고역율을 갖는 인버터의 개발이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 '전남대 고품질 전기 전자 부품 및 시스템 연구센터'의 연구비 지원으로 연구되었습니다.

저 자 소 개



임 영 철 (任 永 徹)

1953년 4월 23일생. 1975년 전남대 전기공학과 졸업. 1977년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1997년 오스트레일리아 모나시대학 Visiting Scholar. 현재 전남대 전기공학과 교수, 전남대 고품질 전기전자 부품 및 시스템 연구센터(RRC) 소장.

Tel : 062-530-1743

E-mail : yclim@chonnam.chonnam.ac.kr



정 영 국 (鄭 榮 國)

1963년 11월10일생. 1986년 전남대 전기공학과 졸업. 1988년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 대불대 전기전자공학부 전임강사. 2000년 일본 Okayama

대학교 연구방문.

E-mail : jyk69@hotmail.com



양 승 학 (梁 承 學)

1959년 1월 14일생. 1982년 전남대 공대 계측공학과 졸업. 1984년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 일본 동경대학 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1993-1994 동경대학 생산 기술연구소 박사연구원.

1995년-현재 호남대 전기공학과 조교수, 광응용연구소 소장

E-mail : yangsh@honam.honam.ac.kr



권 기 현 (權 基 鉉)

1976년 2월 11일생. 1998년 서남대 공대 전기공학과 졸업. 2000년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년-현재 전남대 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : 062-530-0852

E-mail : ghkweon@netian.com