

소형 TFT-LCD 백라이트 인버터회로 설계

정 상 수(鄭相秀), 김 광 태(金光泰)

상주대학교 전자.전기공학과

전화 : (054) 530-5320 / 핸드폰 : 011-535-4717

The circuit design of small size LCD backlight inverter

Sang Su Jung, Kwang Tae Kim

School of Electronics and Electrical Engineering Sangju National University

E-mail : ktk@sangju.ac.kr

Abstract

A input voltage conversion dimming control formula and a PWM dimming control formula which have been used for dimming control of CCFL driving inverter in TFT-LCD backlight, are the existing facilities so far, however, in this thesis the circuit is designed by applying The royer inverter that are able to measure output brightness according to changing of duty ratio at PWM and voltage. consequently, it's able to be confirmed that we can have dimming control more detailed than before.

I. 서론

최근 레이저용 차량의 내비게이션 및 TV시장이 성장하면서 이를 표시하기 위한 디스플레이 장치로 소형 TFT-LCD(thin film transistor liquid crystal display)의 수요가 증가 하고 있다. TFT-LCD는 자체 발광이 이루어지지 않는 비발광소자로서 외부광원을 필요로 한다. 외부광원으로 사용 되는 소자는 LED(light emitting diode), CCFL(cold cathode fluorescent lamp), 유기EL(organic electro luminescent display)등이 사용되고 있다. 그 중에서 TFT-LCD의 광원으로 CCFL가장 많이 사용되고 있다.

CCFL은 형광등과 같은 원리의 기체 방전등이나, 구

조상 형광등과 달리 예열용의 필라멘트 대신에 전극을 사용함으로써 이 진극에서 전하를 방출하기위해 높은

방전개시 전압을 유도하는 인버터가 필요하다.[8] 기본적으로 CCFL용 구동 인버터는 효율 향상과 플리커링(flickering) 문제 해결을 위해 고주파로 동작된다. 안정적인 동작을 위해 다양한 형태의 CCFL 인버터가 제안되고 해석되어졌다.[1][2][3] 그 중 가장 간단한 형태인 로이어(royer) 인버터가 실제 많이 사용되어 오고 있으며, dimming control 기능과 램프 보호회로 기능을 첨가한 형태를 갖추고 있다.[1][4]

특히 인버터 회로의 EMI(electro magnetic interference)와 CCFL의 수명 연장을 위한 램프 전류 파고율(crest factor)의 저감에 대한 관심이 증가하고 있다. 램프 전류 파고율은 안정화 요소로 삽입하는 커패시터와 공진 요소들에 의해 그 값이 결정되므로, 적절한 설계를 통해 이상적인 사인파 일 경우 램프는 최적구동이 이루어진다. 그러므로 공진 요소와 출력 커패시터를 적절하게 결정하는 설계 방법이 필요하게 된다.[5][6]

본 논문에서는 범용되는 로이어 인버터에 입력 전압 변동에 대응하기 위한 벡(buck)컨버터를 첨가한 CCFL 구동 회로에서, 임피던스 직병렬 변환을 사용한 근사화한 회로 해석을 하고, 램프 안정화 요소로 인해 발생하는 램프 전류 파고율 변화의 원인 분석을 통해 이것을 저감하기 위한 수식을 유도한다. 이러한 해석 결과에 기초한 CCFL 구동 회로의 단계별 설계절차를 제시하고, 실험을 통하여 결과를 분석한다.

II. 백라이트 인버터의 구동원리

일반 조명기구에 사용되는 형광램프는 110V 또는 220V 60Hz의 상용전원을 철심에 동선을 감은 초크(안정기)와 전등관(글로우 스타터)으로 점등을 할 수 있다. 그러나 CCFL의 경우에는 약 800~1000Vrms 이상의 전압을 인가해야만 점등이 가능하다. 이런 경우 상용 전원을 사용하여 방전을 위해 고전압을 얻는 경우, 승압용 트랜스가 필요하게 되는데 트랜스의 크기가 굉장히 커지고 무겁게 된다. 이를 대신하기 위해 나온 것이 인버터이다.

인버터는 상용전원을 DC 전원형태로 변환하거나 배터리나 외부 DC전원을 고주파의 전원으로 변환하기 때문에 소형으로 가볍게 만들 수 있다. 일반적으로 사용되는 노트북 PC등의 인버터회로는 DC 12V의 입력을 받아 이를 AC 1000V 정도의 고전압으로 변환하여 CCFL을 방전시킨다. 일반적으로 인버터에 사용되는 주파수는 20kHz에서 70kHz 정도의 고주파 대역을 사용한다. 20kHz이하의 주파수를 사용하는 경우 이 주파수 대역은 사람의 가청 주파수대이므로 인버터의 트랜스가 진동할 때 사람의 귀를 통해 이것을 인지할 수 있다. 그리고 70kHz 이상의 주파수 대역에서 점등을 하는 경우에는 높은 효율로 변환된 전력이 램프와의 접촉 케이블로부터 누설되는 등 노이즈와 같은 여러 가지 고주파에서의 문제가 발생하게 된다.

고주파로 점등시의 장점으로는 램프의 발광효율자체가 좋게 되고, 수명도 길게 된다. 이유는 60Hz 상용주파수에서의 점등에서는 완전하게 점멸하지 않지만, 램프내부의 현상을 전기적으로 보면 60Hz로 점멸하고 있는 것에 가까운 상태가 된다. 이것은 램프의 방전 유지에 필요한 전압이하로 되어 있는 시간이 길기 때문에 일어나는 현상이다. 이러한 이유 때문에 재점호 에너지라고 하는 방전을 유지하기 위한 에너지 보다 더 큰 에너지를 필요로 한다. 그러나 고주파로 방전을 하게되면 방전유지 전압이하로 되어 있는 시간이 짧기 때문에 이 재 점호 에너지가 불필요하게 되고, 높은 효율로 램프를 방전시킬 수 있다. 이때 백라이트 양단에 인가되는 전압은 사인파형태 일 수록 좋은데, 그 이유는 백라이트의 수명과 효율, RF interference와 관계가 있기 때문이다.

백라이트 인버터의 기본회로구성은 로이어 인버터, 벅 컨버터, 조도 제어회로, PWM(pulse width modulation)회로, 보호회로와 벅스위치 구동 회로로 구성된다. 로이어 인버터는 변압기의 1차측 자화 인덕턴스(L_m)와 공진 커패시터(C_r)의 병렬 공진 현상을 이

용하는 전류형 푸시풀 인버터이다. 벅 컨버터는 입력 전압의 변동에 대응하기 위해 사용하였으며, 보호회로는 과 전압과 과 전류로부터 램프를 보호하기 위해 램프 전류를 검출하여 기준 전압과 과 전류로부터 램프를 보호하기 위해 램프 전류를 검출하여 기준전압과 비교 하는 회로이고, PWM 회로는 변압기의 중간 탭 전압을 이용하여 PWM을 행한다 그리고, dimming control 회로를 첨가하여 전체적인 dimming control 이 가능하게 된다.

III. 백라이트 인버터 회로 설계

인버터의 설계는 주 공진 요소인 변압기와 공진 커패시터(C_r) 출력커패시터(C_o),스위치(Q1,Q2),기동저항인(R_{b1},R_{b2}),그리고 입력 인덕터(L1)를 구하는 순이다.

1. 변압기

변압기의 승압비(N_s/N_p)를 결정한다. (N_s/N_p)비는 최소입력 전압에서 램프 방전개시 전압을 공급하기에 충분히 높게 조정되어야 한다.

$$\frac{N_s}{N_p} = a = \frac{\sqrt{2} v_{start}(s, max)}{\pi v_{\in}(min)} \times 0.825 \quad (1)$$

2. 출력커패시터 (C_o)결정

출력 전류(I_R)와 동작 주파수(f_o)를 가정하면, 임피던스관계를 통해서 출력커패시터(C_o)는 식(3)와 같다.

$$I_{Rrms} = \frac{V_{2s} - V_{Rrms}}{X_{Co}} = (V_{2rms} - V_{Rrms}) \times (2\pi f_o C_o) \quad (2)$$

따라서,

$$C_o = \frac{I_{Rrms}}{2\pi \times f_o \times (V_{2s} - V_{Rrms})} \quad (3)$$

이다. C_o를 결정하게 되면 C_o와 권수비(a)에 의해 반사 커패시터(C_p)를 구할 수 있게 된다.

3. 공진요소값 구하기

공진 커패시터(C_r)과 변압기(T1)의 1차측 자화 인덕턴스(L_m)를 구한다.

$$L < \frac{Rb}{4 \cdot \pi \cdot f_o} \quad (4)$$

$$Cr* = \frac{1}{(4 \cdot \pi \cdot f_o)^2 \cdot L} \quad (5)$$

여기서, $L_m = 4 \cdot L$ 이고, $Cr* = Cr + Cp$ 이므로, L_m 과 Cr 을 구할 수 있다.

4. 1차측터수(N_p)와 2차측 터수(N_s)결정

$$N_p = \frac{V_{o, inmin} \times 10^4}{K_{f \times B_m \times f_o \times A_e}} \quad (6)$$

여기서, K_f 는 사인파에서의 Wave form factor (=4.44)이다.

5. 기동저항(R_{b1}, R_{b2})과 보조권선

스위치 Q1 또는 Q2가 On 일때 i_B 는 약 $(V_{in} - 0.7) / R_{base}$ 이다. 이 두개의 트랜지스터들은 높은 효율을 위해 포화 상태에서 동작 되어야 한다. 따라서, 아래 수식에 의해 R_{b1}, R_{b2} 를 구할 수 있다.

$$R_{b1}, R_{b2} \geq \frac{\beta_{min}(v_{e, min} - 0.7)}{I_{Cmax}} \quad (7)$$

보조권선(N_a)의 전압은 사인파 형태를 가지고, 이 사인파 반주기 구간동안에 0.5V 이상이 전체 반주기 구간의 90% 이상이 되게 하여 포화영역에서 스위치가 동작 하도록 한다. 따라서, 보조권선 전압은 0.5V의 10배 이상이 되게 한다. 이것을 종합하면, 보조권선(N_a)는 다음의 수식으로 구할 수 있게 된다.

$$N_a \geq \frac{10(0.5)N_s}{\sqrt{2}V_{2, min}} \quad (8)$$

6. 스위치 Q1과 Q2의 정격을 결정.

트랜지스터의 정격전압은 변압기 권수비에서 다음의 수식으로 간단히 구할 수 있다.

$$V_{CRO} \geq \sqrt{2} \times V_{2start, max} \times (N_p / N_s) \quad (9)$$

입력 인덕터 전류는 스위치 Q1과 Q2를 교대로 통하여 흐르게 된다. 그래서 트랜지스터의 전류정격은 $I_{in(average)}$ 와 같아야 한다.

$$I_{c(max)} = I_{in(average)} \quad (10)$$

일반적으로 스위칭 소자의 전류 정격은 2~3배 정도의 여유를 두고 선택한다.

7. 입력인덕터(L1)값 결정

입력 인덕터(L1)은 보통 작은 리플 전류를 가지도록 충분히 큰 값(한쪽 L의 10배 이상)으로 정할 수 있다. 즉,

$$L1 > 10L \quad (11)$$

IV 실험 결과 및 고찰

앞장에서의 설계공식을 적용하여 소자값을 결정 하였고 실험에 사용한 램프는 PVI의 7인치 LCD 모듈에 내장되어있는 CCFL을 사용 하였다. 이 CCFL은 25℃에서 630Vrms이고 0℃에서는 890Vrms의 방전개시전압을 필요로 한다.

표. 1. 인버터회로에 사용된 기본 소자값

기 호	소 자	기 호	소 자
Q1, Q2	2SC2022Y	Q4	2SK3065
Q3	IRF5803	C0	33pF/3KV
Cr	0.22uF	Lp	12uH

그림 4는 표1의 소자들을 적용하여 설계한 회로에 적용하여 7인치 TFT-LCD 백라이트 전원 회로로 설계된 것이다.

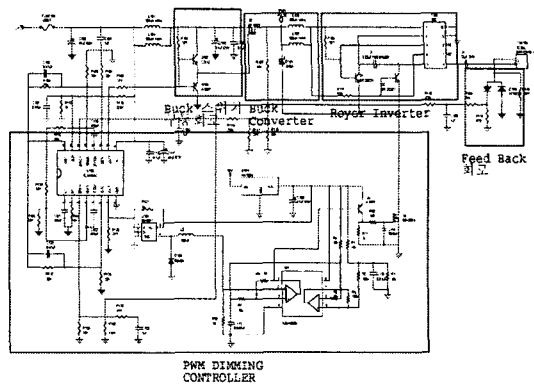


그림. 4. 설계한 Inverter회로

위 회로를 만들어서 입,출력값을 측정하여 나타낸 것이 표2의 값들이다.

표. 2. 설계한 인버터회로 특성

항 목	측 정 값	단 위
입력전압	12V	V
입력전류	600	mA
입력전력	7.2	W
출력전압	520	Vrms
출력전류	6	mA
출력전력	3.12	W
주파수	50	kHz

설계한 회로를 병렬로 연결하여 추가 설계 함으로써 중대형 LCD 백라이트전원으로도 사용 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- (1) Mu-Shen Lin, Wen-Jung Ho, Fu-Yuan Shih, "A Cold-Cathode Fluorescent Lamp Driver Circuit with Synchronous Primary-Side Dimming Control." IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol 45. No.2 page 249-255, April. 1998.
- (2) M.Gulko and S. Ben-Yaakov, "Current-Sourcing Push Pull Parallel-Resonant Inverter(CS-PPRI) Theory and Application as a Fluorescent Lamp Driver" The Proceedings of APEC' 93, San Diego, CA, page. 411-417 1993.
- (3) Joel A. Donahue, P.E. and Milan M. Jovanovic. "The Lcc Inverter as a Cold Cathode Fluorescent Lamp Driver." in Proc. APEC, page 427-433, 1994.
- (4) A.E. Emanuel, L.Peretto, "The Response of Fluorescent Lamp with Magnetic Ballast to Voltage Distortion." IEEE page 289-294, 1996.
- (5) Yung L.Lin, Arther F. Witulski "Analysis and Design of Current-Fed Push-Pull Resonant Inverters-Cold Cathode Fluorescent Lamp Drivers" IEEE-IAS Annu. Meeting, San Diego, CA, page 2149-2152, 1996.
- (6) T.H. Yu, L.-M. Wu, "Comparison Among Self-Excited Parallel Resonant, Series Resonant and Current-Fed Push-Pull Electronic Ballasts." IEEE page 421-426, 1994,
- (7)William Gerard Hurley,"Optimized Transformer Design: Inclusive of High-Frequency Effects." IEEE Transactions on Power Electronics Vol 13, No 4 page 651-659, July 1998.
- (8) S.W.Lee, D.Y.Ko, D.Y.Huh and Y.I.Yoo "Simplified Control Technique for LCD Backlight Inverter System Using the Mixed Dimming Method" IEEE page 447-453, 2001.

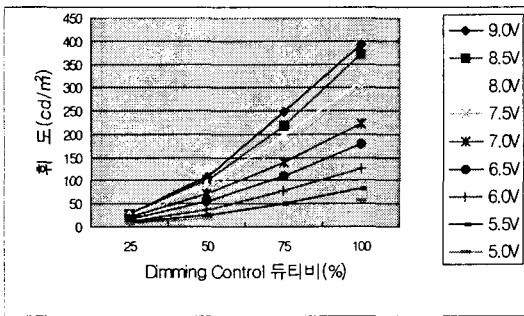


그림. 5. dimming control과 입력 전압에 따른 휘도.

그림 5는 dimming control에 따른 백라이트의 휘도를 측정할 것으로 한가지 dimming control 만 사용할 경우 dimming control의 작은 변화 에도 dimming는 크게 변화므로 정밀한 제어가 어려우나 두가지를 같이 사용하면 넓은 범위에서 정밀한 dimming control을 쉽게 할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 소형 TFT-LCD 백라이트의 전원으로 사용되는 DC/AC 인버터를 설계하고 그 설계한 회로를 PCB로 제작하여 각 부분에서 출력되는 전압과 파형을 측정하여 정상적으로 동작됨을 확인 하였다.

본 논문에서는 인버터의 여러 방식 중 자령형 푸쉬풀 방식인 로이어 인버터와 입력전압의 변화에 대응하기 위하여 벅 컨버터를 사용하여 인버터회로를 설계하였다.

설계한 회로는 산요, 도시바, PVI 7인치LCD 백라이트로 적용 될 수 있으며.피드백회로의 저항값을 조절 함으로써 7인치, 6.5인치, 5인치 등의 여러종류의 TFT-LCD 백라이트 전원으로 사용될 수 있다. 그리고 CCFL이 여러개가 들어가는 중형이상의 인버터의 경우