

LCD 구동 Backlight Inverter용 변압기의 설계방법과 특성 분석

김윤현*, 이민명*, 이 주**

*한밭대학교, **한양대학교

Design Method and Characteristics Analysis of Transformer for LCD Drive Backlight Inverter

*Youn-Hyun Kim, *Min-Myung Lee, **Ju Lee

*Hanbat National University, **Hanyang University

Abstract – LCD 디스플레이 산업은 현재 국가주도형 첨단 산업으로 고 성장을 이루고 있으며 관련 백라이트 인버터 구동 기술도 발전하고 있다. 그러나 핵심 부품, 특히 백라이트 인버터용 변압기의 설계 기술과 특성 분석에 대하여 보고 된 문헌이 아직까지 미비하여 최적의 설계와 성능 향상에 어려움이 많은 상황이다. 백라이트 인버터용 변압기는 전압의 증폭뿐만 아니라 공진형 인버터의 공진 뱅크의 인더턴스 역할도 하고 있다. 따라서 최적 효율점에서 운전될 수 있도록 변압기의 누설 인더턴스가 선정되어야 하며 그에 따른 포화와 손실을 고려한 1차, 2차 턴수가 설계되어야 한다. 또한 ZVS 구현을 위한 인버터 구동방식에 따라 변압기 설계 방법도 달리해야 하므로 인버터 구동에 연계한 특성 분석도 검토하여야 한다. 이에 본 연구에서는 백라이트 인버터에 최적인 변압기 요구 특성을 도출하고 요구 성능을 만족하는 변압기 설계 방법 및 특성 분석을 마련하고자 한다.

1. 서 론

LCD(Liquid Crystal Display) 디스플레이 산업은 현재 국내업체가 전 세계 생산량의 1, 2위를 차지하고 있는 국가 주도형 첨단 산업으로 우리나라 주 수출품으로 자리 잡고 있다. 그러나 LCD 모니터의 고 성장에도 불구하고 우리나라의 LCD 모니터의 부품 산업, 특히 백라이트 인버터와 변압기 등의 인버터 구성 부품의 개발 및 생산은 동반 성장을 하지 못하고 수입 의존율이 높으며 다양한 LCD 시리즈에 대응 가능한 설계 기술력을 보유하고 있지 못한 현실이다. 또한 기존 문헌에서도 인버터의 구동방법에 대한 연구는 발표되고 있으나 인버터용 변압기의 설계나 특성에 관한 연구는 전무한 상태로 기술자료 형식으로 간략한 소개가 전부이다. 따라서 본 논문은 15인치 LCD 모델의 사양으로 CCFL(Cold Cathode Fluorescence Lamp)을 사용하는 백라이트의 구동 인버터용 변압기의 설계 사례와 방향을 제시하여 향후 체계적인 연구의 시식이 되고자 한다. 백라이트 인버터는 현재 공진형 컨버터가 적용되고 있으며 고주파수로 동작하므로 백라이트 인버터용 변압기는 일반 변압기와 달리 전압의 변환 외에 변압기가 공진 회로의 인더턴스로 작용하며, 이 인더턴스의 주 요소는 변압기의 2차 누설 인더턴스 성분이다. 따라서 최적 효율점에서 운전될 수 있도록 변압기의 누설 인더턴스가 선정되어야 하며 그에 따른 포화와 손실을 고려한 1차, 2차 턴수가 설계되어야 한다. 또한 ZVS 구현을 위한 인버터 구동방식에 따라 변압기 설계 방법도 달리해야 하므로 인버터 구동에 연계한 특성 분석도 검토하여야 한다. 이에 본 연구에서는 백라이트 인버터에 최적인 변압기 요구 특성을 도출하고 요구 성능을 만족하는 변압기 설계 방법 및 특성 분석을 마련하고자 한다.

2. 본 론

2.1 백라이트 인버터용 변압기 사양

본 연구에서 설계하고자 하는 노트북의 15.4"급 LCD의 백라이트 인버터 구동용 변압기의 설계 사양과 형상을 표 1과 그림 1에 나타내었다.

표 1 백라이트 인버터 구동용 변압기의 설계 사양

시동전압	1600[Vrms]	정상상태 전압	690[Vrms]
정상상태 구동 전류	6[mArms]	램프 출력	4.14[W]
바attery 전압	9~21[V]	구동 IC	MPI1015
경격 동작주파수	60[kHz]	Core	6H20(FDK)

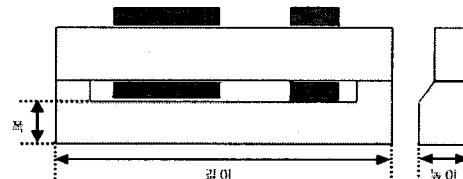


그림 1 백라이트 인버터용 변압기 형상

2.2 백라이트 인버터 구동 방식과 구동 특성

2.2.1 백라이트 인버터 구동 방식

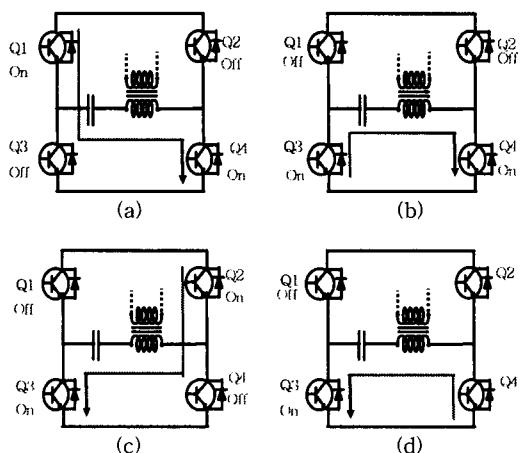


그림 2 백라이트 인버터 구동 원리

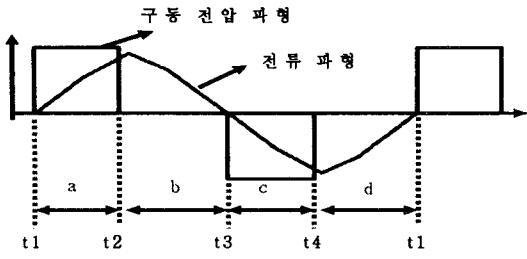


그림 3 백라이트 인버터 구동 파형

본 논문에서 적용하는 15“ 백라이트 인버터는 Full Bridge Inverter로 구성되어 있고 구동 소자로 MPS사의 MP1015를 사용하고 있다. 그림 2, 3은 MPS 구동 IC의 구동 동작원리를 보여주고 있고 이 MPS 구동 IC는 스위칭 소자의 스위칭 손실을 최소화시키기 위해 ZVS를 근간으로 동작하고 있다. 동작원리의 원리는 전류가 영일 때 소자를 턴 온하고, 턴 오프는 CCFL을 전류를 피트백하여 요구 전류가 흐르도록 오프 각을 조절한다. 따라서 온 동작 시에는 소자의 스위칭 손실이 있으나 오프 동작 시에는 위단 소자에 손실이 발생한다. 결국 CCFL 전류 센싱에 의해 필스폭이 가변되고 또한 동작 주파수도 변한다.

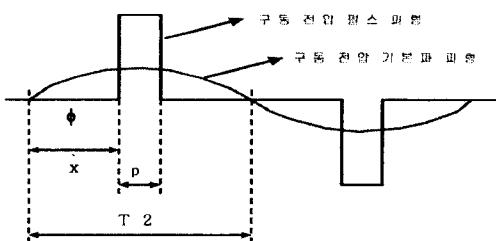


그림 4 구동 전압 펄스 파형과 전압의 기본파 성분

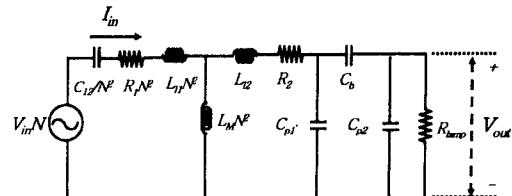
그림 4에서는 구동 전압펄스와 그 기본파 성분을 나타내었다. 그림에서 펄스폭은 식(1)과 같이 계산될 수 있다.

$$p = T\left(\frac{1}{2} - \frac{\phi}{180}\right) [\text{sec}] \quad (1)$$

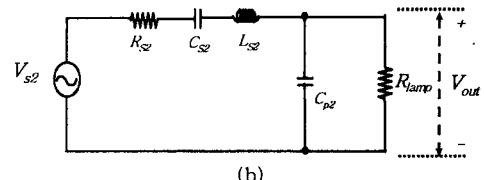
전압과 전류의 위상각은 공진회로 파라메터가 정해지면 주파수에 대해 결정되는 값이며 역률도 결정되고 MPS 게열 구동 원리에 의해 구동 펄스폭도 식(1)과 같이 결정된다. 즉 공진회로 RLC 파라메터가 정해지면 펄스폭과 구동 주파수, 그리고 위상각, 역률은 하나의 값을 가지며 펄스폭에 대해 여러 구동 주파수가 나올 수 없다. 따라서 펄스폭을 가변 시키면 그와 함께 구동 주파수 및 출력 전압이 함께 계산 될 수 있고 이 현상을 고려하여 인버터와 변압기의 특성 분석 및 설계에 반드시 적용해야 한다.

2.2.2 공진 회로의 분석

그림 5는 공진회로의 2차측 환산 등가회로로 그림 5(a)를 테브난 정리하여 그림 5(b)로 간략화 시켰다. 이 과정을 통해 입력전압(V_{in})에 대한 출력전압(V_{out})의 비율을 구할 수 있고 결국 전압 공진점과 출력 전압을 계산할

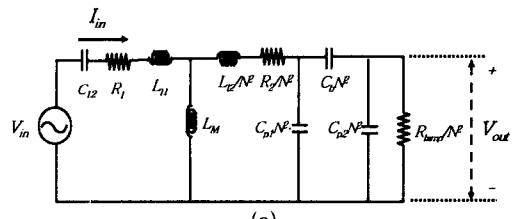


(a)

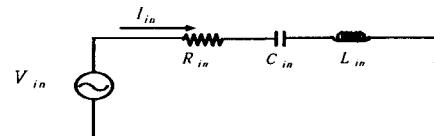


(b)

그림 5 공진회로의 2차측 환산 등가회로



(a)



(b)

그림 6 공진회로의 1차측 환산 등가회로

수 있다. 그림 6은 공진회로의 1차측 환산 등가회로로 입력전압과 전류의 비와 전압, 전류 위상각을 구할 수 있다. 따라서 회로 파라메터와 주파수에 따른 구동 펄스폭, 출력전압, 전류, 역률 등 동작 특성을 검토 할 수 있다.

2.3 백라이트 인버터용 변압기 설계 방향

2.3.1 특성 비교와 검토

2.2절에서 구동 방식과 구동회로를 분석할 수 있는 기반을 마련하였다. 이 기반으로 회로 파라메터 특히 변압기의 인더던스에 따른 구동 특성을 검토할 수 있다. 2.3.1 절에서는 표 2의 한 모델을 정하여 변압기 턴 수의 변화에 따른 구동 특성을 비교 검토한다.

표 2 특성 검토 모델의 파라메터들

L1	195[uH]	L11	18.5[uH]
Lm1	176.5[uH]	L2	1.6[H]
L2	163[mH]	Lm2	1.437[H]
Cp	20[pF]	Cb	100[pF]
C12	1.47[uF]	CCFL 적항	120[kΩ]
1차 턴수	26	2차 턴수	2450

Vout/Vin

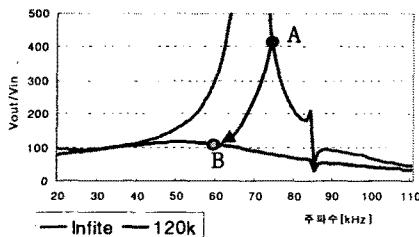


그림 7 기동과 정상상태의 전압 계인

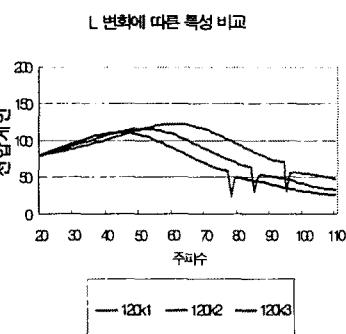


그림 8 전체 인더턴스의 변화에 따른 전압 계인

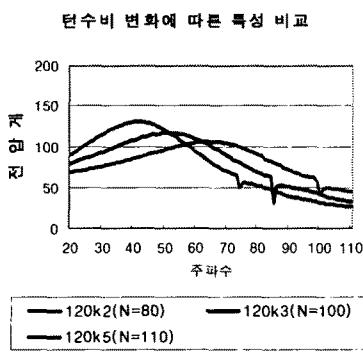


그림 9 턴수비 변화에 따른 전압 계인

그림 7은 CCFL의 기동 시와 정상상태의 전압 계인을 보여주고 있다. CCFL의 기동 시는 내부 임피던스가 무한대에 가깝고 정상상태에서는 $120[\text{k}\Omega]$ 으로 변한다. 따라서 전압 계인은 그림 7과 같이 변하고 인버터의 동작점은 A점에서 B점으로 이동한다. 그림 8은 변압기의 1차, 2차 턴수를 같은 비율로 조절하여 전체 인더턴스를 변화시킬 때 전압 계인 곡선을 나타내고 있다. 그림에서 전체 인더턴스가 작을수록 공진 주파수가 커지고 따라서 정상상태 요구전압이 발생하는 동작 주파수도 커진다. 그림 9는 변압기의 2차 턴수를 조절하여 턴수비를 변화시킬 때 전압 계인 곡선을 나타내고 있다. 그림에서 2차 턴수가 증가하면 전압 계인도 증가하고 인더턴스도 증가하므로 공진 주파수가 작아진다. 동작 주파수는 요구 전압과 일치하는 발생 출력 전압이 요구 전압의 상황에 따라 다르므로 동작 주파수도 커질지 작아질지는 계인 곡선만으로 판단하기는 힘든다.

2.3.2 설계 방향

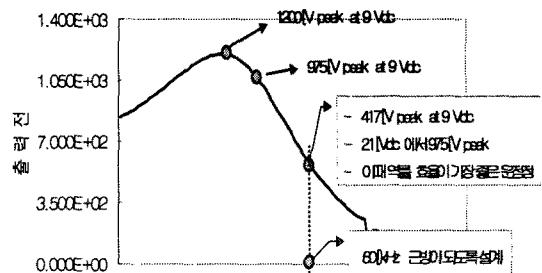


그림 10 CCFL의 구동 동작점

앞 절에서 CCFL의 동작점은 구동원리 상 파라메터에 따라 달라지며 동작 주파수 및 성능도 틀려진다. 따라서 어느 동작점에서 운전하는 것이 효율 등 출력 성능이 가장 좋을지를 결정하고 그 동작점에서 운전되도록 설계하여야 한다. 일반적으로 공진 주파수에서 운전되도록 설계하는 것이 역률, 동순, 스위칭 손실 면에서 가장 유리하다. 그러나 본 논문에서 이용하고 있는 구동 방법은 공진주파수보다 작아지면 발산하기 때문에 항상 여유분 전압을 고려하여 공진주파수보다 큰 주파수에서 동작되도록 설계하여야 한다. 또한 입력 전압이 최저값에서도 동작 가능해야 하므로 9[V]에서 공진 주파수에서 최대 동작 요구 전압이 발생되도록 설계하여야 하나 파라메터 변동에도 안정하도록 여유 전압을 고려하여 결정한다. 즉 입력 최저전압 조건에서 공진주파수에서의 출력 전압은 요구 발생 전압과 여유 전압의 합의 전압이 되도록 설계 방향을 잡는다.

3. 결 론

본 연구에서는 백라이트 인버터의 요구 성능을 만족하는 변압기 설계 방법 및 특성 분석을 마련하였다. 본 논문에서 마련한 분석 기반으로 여러 용량의 LCD 백라이트용 CCFL 및 EEFL의 구동 인버터 및 변압기의 효과적인 설계가 가능하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] Paul Ueuunten, "MP1010 Resonant Mode CCFL Inverter", Application Note, 2001
- [2] Masakazu Ushijima, "Latest Trend of Inverters for LCD Backlight and Synchronized Phase Coupling Transformer type Inverter", Electronics Technology, 2000