

CCFL 병렬구동을 위한 공진형 인버터 설계

정일용, 고지명, 김명수, 최병조
경북대학교 전자공학과

Design of Resonant Inverter for Multi-CCFL Driving

Ilyong Jung, Jiemyung Ko, Myoungsoo Kim and Byungcho Choi
Kyungpook National University

Abstract -

본 논문에서는 32인치용 직하방식으로 사용되는 램프를 병렬로 구동하기 위한 멀티 램프 구동용 인버터를 설계하였다. 제작된 인버터는 6개의 램프를 병렬로 구동 할 수 있으며 램프에 흐르는 전류차이를 비교하여 휘도의 균일성을 검증하였다.

1. 서 론

최근 LCD 디스플레이의 대형화 추세에 따라 냉阴极 방전램프(Cold Cathod Fluorescent Lamp)의 길이는 길어지고 있으며, 보다 더 많은 수의 램프 개수가 요구된다. 기존의 소형 디스플레이 램프 구동을 위한 단일 인버터 시스템으로는 램프의 구동과 적정휘도를 유지하는 데 많은 문제점이 야기된다. 또한 디스플레이 제품이 보다 저렴한 가격을 위해 한 개의 구동회로로 보다 많은 수의 램프를 구동시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 최대 6개의 램프를 구동하는 인버터 시스템에 대해 다룬다. 기존의 램프구동 방식의 문제점인 휘도문제를 해결하고 멀티램프 구동을 위해 트원 인버터 시스템 회로를 적용한다. PSpice 시뮬레이션과 각각의 램프 전류를 측정하여 램프간의 휘도편차 개선을 통한 멀티램프 구동 방식의 특성을 고찰한다.

2. 램프 구동을 위한 인버터

2.1 트원 인버터

직하방식의 백라이트의 경우 도광 방식의 백라이트보다 같은 크기의 화면에서 램프의 길이는 길어진다. 30인치 이상의 대화면에 사용되는 램프를 구동하기 위해 한 개의 인버터를 이용하여 High-Low방식을 사용한다면 그라운드 쪽의 휘도의 저하로 램프전체 휘도의 균일성을 저하시키고 누설 전류가 커져서 효율도 나빠진다. 이러한 문제점을 해결하기위해 트원 인버터 시스템이 필수적이다.

본 논문에서는 하프 브리지 공진 인버터로 구성된 트원 인버터 시스템을 이용하여 30인치 이상의 직하방식 램프를 구동하였다. 두 개의 인버터를 사용하여 하이-하이(High-High)방식으로 구동함으로써 램프 휘도를 균일하게 유지 할 수 있고 램프에 직렬로 밸러스트 커패시터(ballast capacitor) C_b 를 연결하여 높은 출력 전압과 램프의 비선형적인 부저항 특성을 완화 시킬 수 있다. 공진 회로는 트랜스포머의 누설 인덕턴스 L_{s1}, L_{s2} 와 공진 커패시터 C_{s1}, C_{s2} 그리고 자화 인덕턴스 L_{m1}, L_{m2} 와 C_r 을 이용하여 직 병렬 공진 회로를 구성하였다. 각 소자의 값은 표 1과 같다.

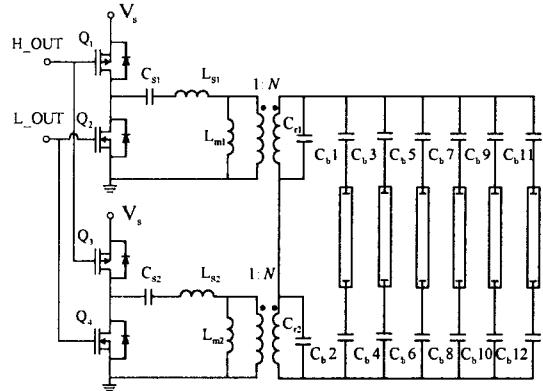


그림1. 트원 인버터를 적용한 CCFL구동회로

Parameter	Value
L_{s1}, L_{s2}	20uH
C_{s1}, C_{s2}	2uF
L_{m1}, L_{m2}	41.7uH
C_{r1}, C_{r2}	22pF
$C_{b1} \sim C_{b12}$	5pF
R_e	180K
N	120

표1. 트원 인버터 시스템의 회로정수

2.2 인버터 시뮬레이션

회로설계에 있어 PSpice를 통한 시뮬레이션은 제작되는 회로의 결과를 미리 예측하여 문제점을 해결할 수 있는 중요한 방법 중의 하나이며, 이를 위해 전체 회로의 등가회가 선행되어야 한다. 그림 1의 트원 인버터는 크게 시간 영역과 주파수 영역으로 나누어 시뮬레이션을 실행하였다. 먼저 주파수 영역에서의 시뮬레이션을 하여 스위칭 주파수에서 전압이득과 입력임피던스의 크기를 확인해보았다. 그림 2는 주파수 영역에서의 시뮬레이션을 위한 등가회로이다. 스위칭 주파수에서 입력임피던스 크기를 확인 해봄 으로서 1차 측 공진 탱크의 순환 전류를 최소화 하여 회로에서의 에너지 손실을 줄일 수 있음을 확인하였다.

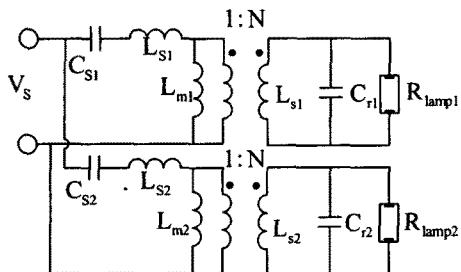


그림 2. 주파수 해석을 위한 등가회로

그림 3은 그림 2의 등가회로를 이용한 시뮬레이션과 제작된 실험실형 인버터의 전압이득을 비교한 그래프이다. 전압이득이 최대인 지점과 실험에서 측정된 램프의 스위칭 주파수가 동일함을 볼 수 있다. 그림 4의 입력 임피던스 해석 역시 실험과 시뮬레이션이 서로 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 인버터 회로의 동작점인 스위칭 주파수 45kHz에서 시뮬레이션과 실험결과가 다소 차이는 있지만 실제 동작상에는 크게 문제가 발생되지 않는다.

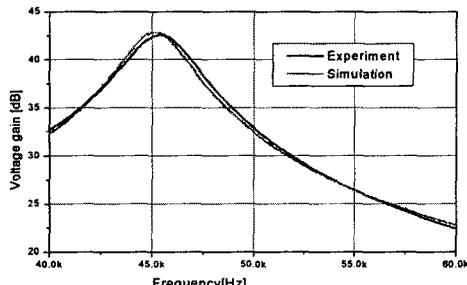


그림3. 전압 이득

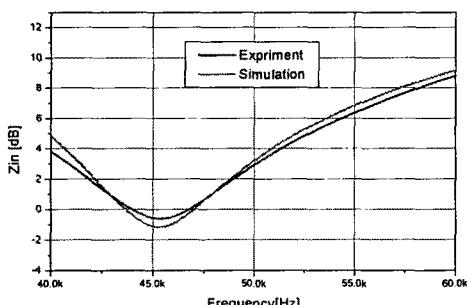


그림4. 입력 임피던스

그림 5는 제작하고자 하는 트윈 인버터시스템의 전류파형 분석을 위해, 시간 영역에서 시뮬레이션한 파형이다. 시간 영역의 시뮬레이션을 통해 실제 제작되어진 실험실형 인버터의 정확한 전류파형 특성을 살펴볼 수 있다. 이 시뮬레이션을 통해 입력 전압 12V의 구형파가 인가될 때 공진 탱크는 $3.6A_{peak}$ 의 전류가 흐르는 것을 알 수 있다. 또한 스위치의 드레인 소스 전압과 탱크 전류의 위상차를 볼 수 있다. 이는 공진 전류가 음으로 흐를 때 스위치의 Body다이오드를 도통 시켜 스위치 양단의 전압이 Zero가 된 후 스위치의 Turn on이 되어 영 전압 스위치 이 이루어진다. 그림 6과 그림 7은 각각의 램프

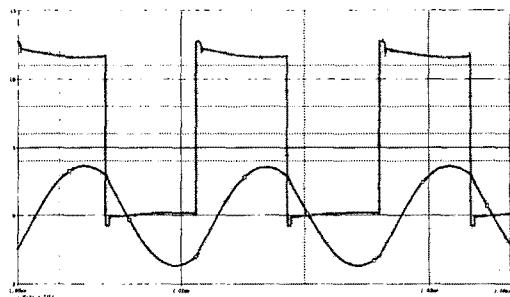


그림 5. 스위치 전압 V_{DS} 와 공진 탱크의 전류파형

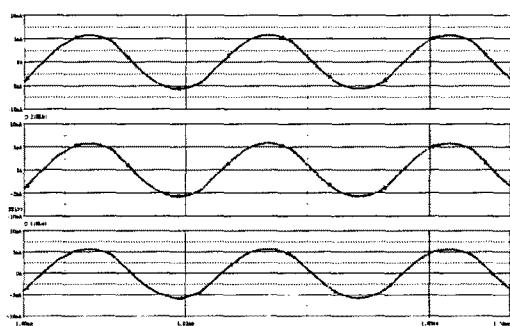


그림 6. 램프 1,2,3 전류 파형

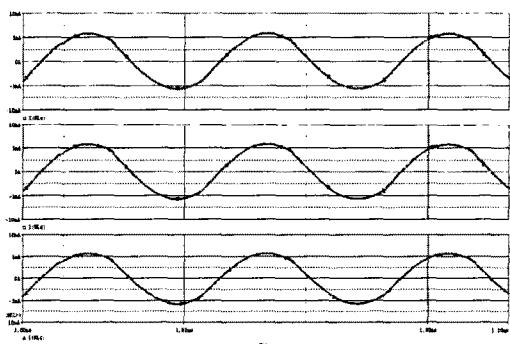


그림 7. 램프 4,5,6 전류 파형

표1. 실험에 사용된 CCFL의 사양

Parameter	Value
관경 [mm]	4
관장 [mm]	700
동작 주파수 [kHz]	40~60
램프 전압 [Vrms]	1kV~1.15kV
램프 전류 [mA rms]	5~6

전류를 시뮬레이션한 파형이다. 각각의 램프에는 $5.6mA_{rms}$ 의 고른 정현파 전류가 흐르는 것을 알 수 있다. 이 전류파형은 표 2의 램프 사양에 부합되고 균일한 휘도로 램프가 켜지는 것을 예측 할 수 있다.

2.3 실험 결과

지금까지의 과정으로 토대로 실험실형 인버터를 제작하여 각 동작 파형의 비교와 램프 동작을 관찰한다. 그림 8은 멀티 램프구동을 위해 그림 1과 동일한 회로 구성으로 제작한 트윈 인버터 시스템의 실제 모습이다.



그림 8. 제작된 트윈 인버터 시스템

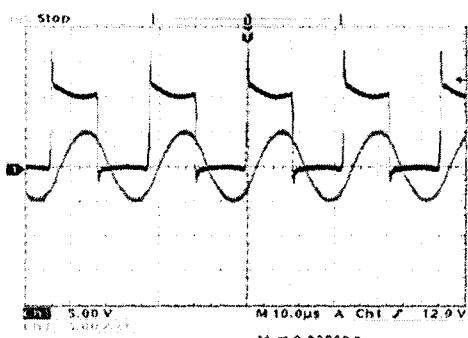


그림 9. 스위치 전압과 공진 탱크의 전류파형

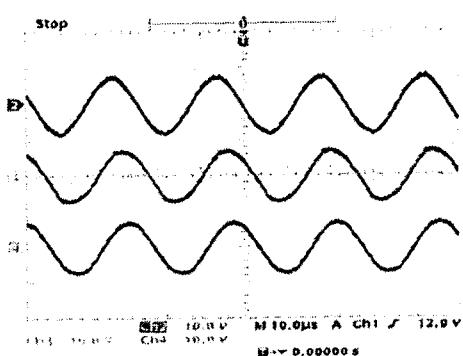


그림 10. 램프 1,2,3 전류파형

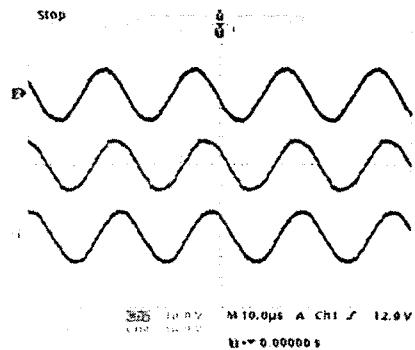


그림 11. 램프 4,5,6 전류파형

회로의 구동은 초기에 스위치를 켜는 순간 램프에 1.6kV의 초기방전 개시 전압으로 순간적으로 불균일한 밝기를 갖지만 이내 정상상태로 구동되며, 1kV~1.15kV의 램프 전압과 $5mA_{rms}$ ~ $6mA_{rms}$ 의 균일한 전류가 흐른다. 그림 9, 10, 11에서 보듯이 앞서 시간 영역에서 시뮬레이션 한 회로의 구동파형과 정확히 일치함을 볼 수 있다. 구동 되는 6개의 각각의 램프에 변화 없는 균일한 전류가 흐르는 것을 확인함으로써 회도의 균일성을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

32인치용 직하방식 백라이트에 적용하기 위하여 6개의 램프를 병렬 구동을 위해 하이-하이(High-High) 방식의 공진형 인버터를 구성하고 인버터의 동작을 예측하기 위해 시뮬레이션을 이용하였다. 설계된 실험 실형 인버터를 동작 한 결과 높은 전압 이득과 영 전압 스위칭을 함으로서 낮은 스위칭 손실로 램프를 구동 할 수 있었다. 6개의 램프에서 $5mA$ 의 값으로 균일한 회도를 출력하였고 32인치 이상의 대형 CCFL에 대한 병렬 구동 인버터의 가능성을 확인 할 수 있었다.

앞으로 입력 변화에 따른 램프의 안정적인 출력에 관한 연구와 병렬로 연결된 램프에서 오픈(open)램프가 됐을 경우의 보호 회로에 대한 연구가 필요 할 것으로 보인다.

본 연구는 산업자원부 지역협력연구센터의 지원으로 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] Marcin K. Kazimierczuk, Dariusz Czarkowski, "Resonant power converters"
- [2] Robert W.Erickson, Dragan Maksimovic, "Fundamentals of Power Electronics", Kluwer Academic-Publication, 2001, 2nd Edition.
- [3] Chin Chang, Gert Bruning, "Voltage-fed half-bridge resonant converter for multiple lamp independent operation," IEEE Industry Applications Society meeting Rec.2001,pp218-222
- [4] M. jordan, J. O'Connor, "Resonant fluorescent lamp converter provides efficient and compact solution". Unitrode application note U-141
- [5] Yutaka Inoue, "Development of a Large-sized backlight system for 37V LCD TV"
- [6] Chenyang Liu, Fanghua Teng, Changsheng Hu, et al. LCLC resonant converter for multiple lamp operation ballast [A]. APEC'03 [C]. Miami, USA, 2003. 1209-1213