

# EL 시트 구동을 위한 인버터 설계 및 제어에 관한 연구

이승요 강병희\* 고재석\* 김호진\*\* 신우석\*\*\* 최규하\*\*\*\*  
 대림대학 (주)신아이엔지\* (주)엔에치이\*\* 두원공과대학\*\*\* 건국대학교\*\*\*\*

## A Study on Inverter Design and Control for Electro-Luminescence Sheet

Lee S.Y Kang B.H\* Gho J.S\* Kim H.J\*\* Shin W.S\*\*\* Choe G.H\*\*\*\*  
 Daelim College SinaEng Co.\* NHE Co.\*\* DooWon Tech. College\*\*\* Konuk Univ.\*\*\*\*

### ABSTRACT

광고용 EL은 소형 띠(String)형태로 많이 사용되고 있으나, 제조기술의 발달로 면광원 형태로 제작되어 광고용으로 사용되기에 이르렀다. 면광원 EL은 부하 커패시턴스가 크고 구동 소음이 시트 자체에서 발생한다는 문제가 있으므로 이를 분석하고 보완한 인버터의 설계가 필요하다. 본 논문에서는 EL특성을 분석하여 EL 시트 구동 인버터의 설계 및 제어에 대해 서술한다. 특히 부하 모델링을 통한 인버터의 토폴로지 선정 및 설계 파라미터를 구할 것이며 시뮬레이션 및 실험에 의해 그 특성을 검증한다.

인가전압은 100 ~ 140 Vrms 주파수는 50 ~ 1kHz의 범위가 되지만 제조사 마다 권고하는 구동 사양은 조금씩 다르다.

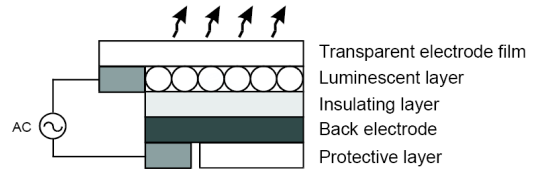


그림 1 EL의 구조  
 Fig. 1 Structure of Electro-Luminescence Sheet

### 1. 서론

EL은 두께가 얇고 곡면상태로 발광이 가능하다는 특징을 갖고 있고 14가지 정도의 색상표현이 가능하고 형상과 크기를 자유자재로 재단 가능하여 다양한 형태의 디자인이 가능케 한다. 전기적 특성으로는 소비전력이 낮고 열 발생이 없다는 점과 기구적으로는 진동과 충격에 강하다는 장점을 지닌다<sup>[1]</sup>. 상기의 장점을 잘 활용할 수 있는 디스플레이 백라이트 및 광고용 사인 광원 그리고 계기표시장치, 팬시용품 등 매우 광범위한 영역에서 응용분야를 찾아 볼 수 있다.

본 연구에서는 EL 시트를 구동하기 위한 인버터의 설계 및 제어기술에 대하여 기술하고자 한다. EL의 휘도 및 수명은 구동 전압의 주파수 및 크기에 의해서 영향을 받는데, 구동주파수가 높을수록, 구동 전압이 높을수록 휘도가 증가하는 양상을 보이는데 반해 수명은 짧아지는 특성을 보인다<sup>[2]</sup>.

따라서 적절한 휘도 및 수명을 유지하기 위해서는 인버터의 출력을 적정하게 설계할 필요가 있다. 그러나 제조사로부터 제공된 사양은 인버터를 설계하기에는 적절한 정보를 제공하지 않으므로 모델링에 근거를 두고 정확한 전기적 스펙을 유추하여 인버터를 설계하는데 본 논문의 목적을 두었다.

### 2. EL의 특성 및 구동원리

#### 2.1 EL의 구조 및 특성

EL은 그림1에 보여주는 바와 같이 다층 구조로 되어 있다. 빛이 투과할 수 있는 투명전극(ITO)과 후면 전극사이에 교류전계가 인가되면 두 전극 사이에 있는 발광층(형광층)에서 가시광선이 발생되어 투명 전극방향으로 전파되는 간단한 구조를 갖는다.

EL의 휘도 특성은 그림2에서 보여주는 것처럼 인가전압의 실효치 및 주파수에 비례하는 특성을 갖고 있다. 주파수나 전압이 상승하면 휘도는 상승되지만 수명이 반비례하여 짧아진다. 일반적인

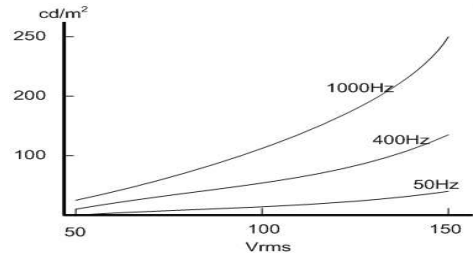


그림 2 구동전압과 휘도  
 Fig. 1 Brightness v.s driving voltage

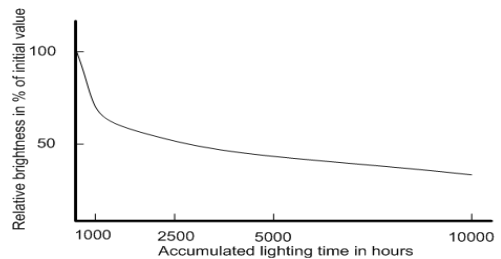


그림 3 누적 구동시간과 상대 휘도  
 Fig. 3 Accumulated lighting time in hours v.s Relative brightness in %

#### 2.2 EL의 부하 모델링

EL은 전극판을 사이에 두고 유전체가 들어가 있는 구조이므로 평판 커패시터의 특성을 갖고 있다. 에너지관점에서 보면 전기에너지를 광에너지로 변환되어 방사되므로 변환되는 에너지는 회로 관점에서는 손실로 볼 수 있으므로 저항이 평판 커패시터에 병렬로 연결된 그림 4와 같이 모델링 된다<sup>[3]</sup>. 상용화 된 EL 램프의 커

패시턴스는 제조사 및 제조공정에 따라서 다르지만 0.3 ~ 0.9 [nF/cm<sup>2</sup>] 정도의 값을 갖는다. 저항은 EL 램프에서 100% 빛으로 변환된다고 가정하면  $v_{EL}^2/P_{EL}$ 으로 계산하여 적용할 수 있다. 여기서  $V_{EL}$ 은 인가 전압이고  $P_{EL}$ 은 EL의 소비전력이다. 그림 5는 R-C병렬로 모델링된 EL 램프에서의 커패시터에 흐르는 전류와 저항에 흐르는 전류를 페이지로 나타낸 것이다. 커패시턴스에 의한 임피던스가 작기 때문에 매우 큰 누설 전류가 흐르게 된다.

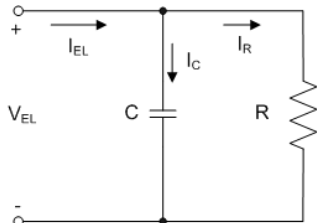


그림 4 EL 등가회로  
Fig. 4 Equivalent Circuit

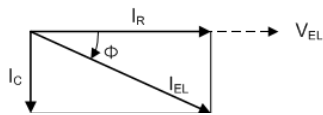


그림 5 등가회로의 페이지도  
Fig 5 Phasor diagram of Equivalent Circuit

### 2.3 EL 인버터

EL 인버터는 EL 램프에 전원을 인가하는 부분으로서 EL의 성능 및 수명에 직접적으로 영향을 줄 수 있기 때문에 설계에 있어서 매우 신중할 필요가 있다.

그러나 계기조명 및 소형 광고 패널등에서 사용하는 소형 EL 램프 구동의 경우 소형화 및 단가를 낮추기 위해서 그림 6과 같이 매우 간단한 구조를 갖게 된다. 입력 DC전압은 12V이하의 저전압이고 플라임백 또는 푸쉬풀 등의 회로에 의해서 AC로 변환 후 변압기에 의해서 승압을 한 다음에 EL 램프에 바로 공급되는 방식이다.

반면에 대형 광고패널에서 사용하는 EL 램프는 50 ~ 200 [W]에 이르는 큰 용량이므로 고조파에 의한 특성 저감이 두드러지게 된다. 뿐만 아니라 고조파 성분에 의한 가청 노이즈가 문제가 되므로 출력을 필터링하여 출력특성을 개선해야 할 필요가 있다. 따라서 그림 7과 같이 출력단에 전류필터링을 위한 리액터가 존재하며, 대용량이므로 직류전압은 PFC전원에서 고압 DC를 입력으로 하는 경향이 있다. 고압 DC를 입력으로 하는 경우의 장점은 승압용 트랜스포머가 없어도 된다는 점이지만 넓은 출력전압 범위를 확보하기 위해서는 400V 이상의 고압 DC가 필요한 단점 또한 상존한다.

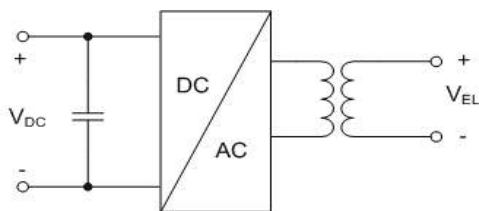


그림 6 저전압 입력형 인버터  
Fig 6 EL inverter powered by low DC voltage

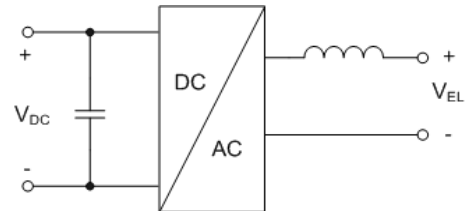


그림 7 고전압 입력형 인버터  
Fig 7 EL inverter powered by high DC voltage

### 3. EL 인버터 설계

본 논문에서는 100W급의 EL 램프를 구동하기 위한 인버터를 설계하기 위하여 그림 7의 고전압 입력형 인버터를 적용하였다. DC/AC부분은 가능한 적은 MOSFET 소자 및 간단한 드라이브 회로를 구성하기 위해서 그림 8과 같은 Half-Bridge 타입의 인버터를 채택하였다.

그림 9는 간단한 해석을 통한 인버터 설계를 위해서 인버터출력을 EL 램프 모델과 합하여 그린 것이다. 그림에서  $v_p$ 는 인버터 PWM 출력전압이고  $L_f$ 는 인버터의 출력단 리액터이다.

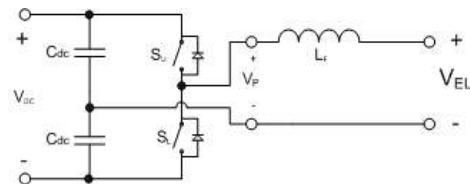


그림 8 하프브리지형 인버터  
Fig 8 Half-bridge inverter circuit

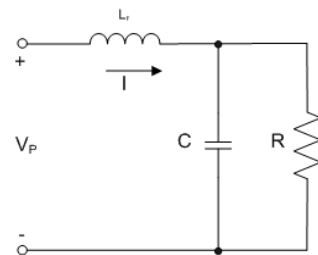


그림 9 필터 리액터와 EL 등가회로  
Fig 9 EL equivalent circuit with filter reactor

공진특성을 분석하기 위해서  $v_p$ 를 PWM 출력의 기본파 성분이라고 가정하면 아래식 (1)과 같이 KVL을 세울 수 있고, 이를 정리하여 식 (2)의 공진주파수  $w_r$ 을 얻을 수 있다.

$$\vec{V}_p = [jwL_f + R / (-1/jwC)] \vec{I}_p \quad (1)$$

$$w_r = \sqrt{\left(\frac{1}{L_f C} - \frac{1}{R^2 C^2}\right)} \quad (2)$$

공진주파수  $w_r$ 은 EL 구동주파수  $w_{EL}$ 와 스위칭 주파수  $w_{sw}$ 의 사이에 존재하여야 필터링 효과를 얻을 수 있으므로 아래식(3)과 같은 범위로 설계하여야 한다.

$$w_{EL} \ll w_r \ll w_{sw} \quad (3)$$

컴퓨터 시뮬레이션에 의해 확인한 바에 의하면  $w_r \geq 2w_{EL}$ ,  $w_{sw} \geq 20w_r$ 의 조건으로  $L_f$  및  $w_{sw}$ 를 설계하면 원하는 성능을 얻을 수 있었다.

아래의 그림 10은 시스템의 주파수 응답으로서 공진주파수를 기준으로 위상천이가 발생함을 보여준다. 시스템의 응답 특성은 스위칭 주파수에 대해서는 유도성 부하로 작용할 것

이고 EL램프 구동주파수에 대해서는 용량성 부하로 작용할 것임을 알 수 있다.

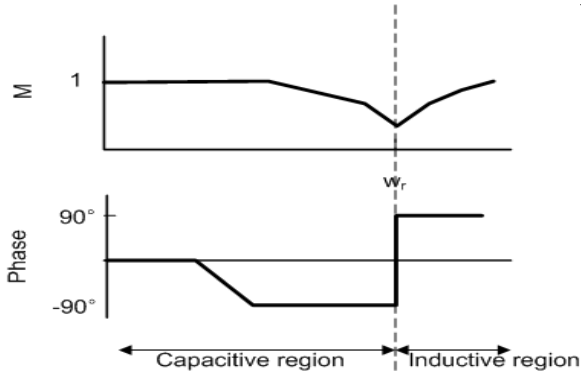


그림 10 필터 리액터와 EL 등가회로의 주파수 응답  
Fig 10 Frequency response of EL equivalent circuit and filter reactor

표 1은 100W급 EL램프를 구동하기 위한 인버터 설계 예이다. C는 LCR Meter로 실측을 얻었으며, R은 EL의 인가 전압 및 소비전력에서 계산에 의해서 추정하였다. 인버터의  $L_F$ , 스위칭 주파수  $F_{sw}$ 는 ( $F_{sw} = \omega_{sw} / (2 * \pi)$ )는 식 (2)에 의해서 설계한 값이다.

그림 11은 표1의 시스템 정수로 컴퓨터 시뮬레이션 결과이다. 전류  $I_{EL}$ 을 보면 리플전류가 대단히 큰 것을 알 수가 있다. 리플전류를 줄이기 위해서는  $L_F$ 를 키우거나 스위칭주파수를 올려서 해결할 수는 있으나 저가의 마이크로프로세서 구현을 위해서 현 수준으로 검증 실험을 하였다.

표 1 시스템 정수  
Table 1 System parameters

구분	항목	값	단위
EL	용량	100	[W]
	Sheet Size	60 x 150	[cm x cm]
	$V_{EL}$	130	Vr.m.s
	$F_{EL}$	730	Hz
	C	5.2	$\mu F$
Inverter	R	170	$\Omega$
	$V_{EL}$	130	Vr.m.s
	$F_{EL}$	730	Hz
	$F_{sw}$	23.4	kHz
	$L_F$	1.3	mH
	$V_{DC}$	450	V

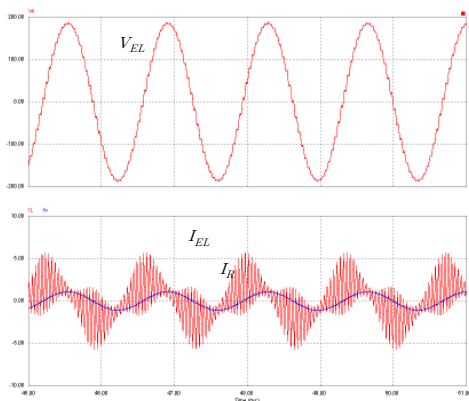


그림 11 인버터의 컴퓨터 시뮬레이션 파형  
Fig 11 Voltage and current waveform with simulation

#### 4. 실험 및 검토

그림 12은 100W급 EL 인버터의 실험 파형을 나타낸다. 실험에 적용된 파라미터는 시뮬레이션 파라미터와 동일하나, 시뮬레이션에서 EL램프의 저항 및 커패시턴스는 예측치 이므로 실험결과가 시뮬레이션에 근사하나 정확히 일치하지는 않다는 걸 알 수 있다. EL전류는 시뮬레이션과 비슷한 약 2.3[A] 수준이다. 전압은 125[V]수준으로 시뮬레이션에서 예상한 130[V]의 96% 수준이다.

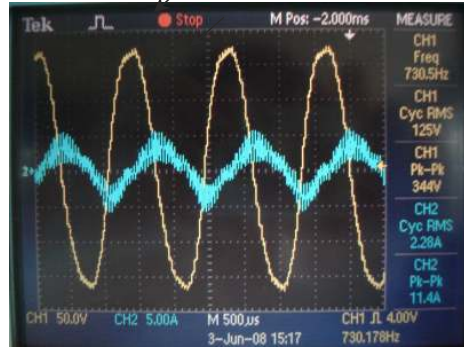


그림 12 100W EL 인버터 실험 파형  
Fig 12 Experimental waveform of 100W EL inverter

#### 5. 결론

EL 램프의 인버터를 설계하기 위해서 EL 램프의 스펙으로부터 전기적인 모델링을 예측하였으며 이를 시뮬레이션과 실험을 통하여 검증하였다. 모델로부터 설계된 인버터의 출력은 예상된 출력값과 약 4%정도의 오차가 있었으나 인버터의 설계가이드라인을 제시하기에는 충분하였다.

#### 참고 문헌

- [1] 산업자원부, "무기EL 및 Hybrid EL용 형광체 소재기술개발에 관한 연구", 20001-E-FM11-P-07, 2004,12.21
- [2] H. W. Leverenze, "An Introduction to luminescence of solid", Dever Publication INC. New York.
- [3] M. Matsumura, Y. Jinde, T. Akai and T. Kimura, J. Appl. Phys., 35, 5735, 1996