

주파수 제어용 IC를 사용한 Dimming형 전자식 안정기의 설계

김영옥^U · 송상빈 · 이동호 · 여인선
전남대학교 공과대학 전기공학과

Design of a dimming electronic ballast for fluorescent lamps using IC frequency control

Young-ouk Kim^U · Sang-bin Song · Dong-ho Lee · In-seon Yeo
Dept. of Electrical Engineering, Chonnam National University

Abstract - This paper presents the design method of a dimming electronic ballast for fluorescent lamps using a frequency control IC, and investigates the effects of circuit variables on its dimming characteristics. It is shown that effective dimming is possible with IC IR2151 for frequency control, and this leads to a feasible design of more smaller and cheaper dimming ballast.

Five ballasts different in the values of the series inductance and capacitance are designed, and their dimming characteristics are compared. As the result, the dimming range becomes more broader as the series inductance gets smaller and the capacitance larger. Thus appropriate selection of the values of L and C should be made according to the types of application site.

소자(MOSFET)이며 제어회로에 주파수 변환 장치를 부착하여 주파수를 제어한다. C₂는 시동과 방전 유지를 담당하고, L은 전류를 제한하는 역할을 한다. L, C₁, C₂ 값을 조절함으로써 시동 및 광출력 특성을 조절할 수 있다.

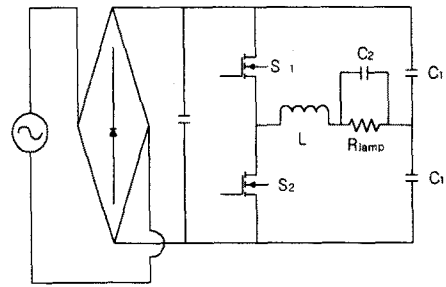


그림 1. 고주파 점등형 전자식 안정기의 기본회로

1. 서 론

형광램프는 고효율 조명기기로서 실내조명의 주광원으로 많이 사용되고 있으며, 일반적인 방전램프의 특성과 마찬가지로 부임피던스 특성이 존재한다.

이러한 부임피던스 특성 때문에 방전개시후의 램프전류를 제한하는 안정기가 필요하다.

자기회로식 형광램프용 안정기를 전자화하여 수십(kHz)의 고주파로 점등시키면 램프의 발광효율이 향상되고, 안정기로 사용하는 인덕터의 손실도 크게 줄어들게 되어 에너지 절약 및 소형, 경량화를 이룰 수 있다. 또한 Dimming 기능을 가진 전자식 안정기는 기존의 자기식 안정기에 비해 70%정도의 절전효과를 이룰 수 있다.

이러한 Dimming형 전자식 안정기를 설계하기 위하여 20(W)직관형 형광램프의 등가임피던스와 공진주파수를 구하였고, 주파수 제어 회로는 IC IR2151을 사용하였다. 사용 장소에 따른 최적의 L,C값을 선정하기 위하여 고주파 점등형 전자식 안정기의 인버터 회로를 분석하고 PSpice 시뮬레이션을 수행, 특성실험을 통해 Dimming 특성을 평가하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 고주파 점등형 전자식 안정기

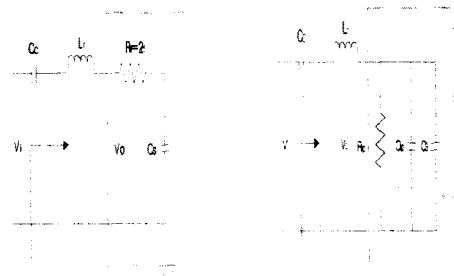
대부분의 형광램프는 고주파점등이 가능하며, 구동주파수에 따라 발광효율 및 안정기의 소비전력이 변한다. 형광램프를 수십(kHz)의 고주파로 구동하면 발광효율은 증가하고, 인덕터에서의 손실도 줄어들고, 효율도 증가하며, 자기식 안정기에 비해 소형·경량화가 된다.

최근에는 소자에 걸리는 전압이 크지 않은 하프 브리지(half bridge)공진형 인버터 방식의 전자식 안정기가 많이 사용된다.

그림 1은 하프브리지 공진형 인버터 방식의 전자식 안정기의 기본 회로도이며, 인덕터내의 S₁, S₂는 스위칭

2.2 인버터부의 등가회로

형광램프를 고주파로 점등하였을 경우 그림 2와 같이 점등전과 점등후의 등가회로로 나타낼 수 있다. 점등전인 경우는 C_c-L_r-R_r-C_c의 직렬회로로 나타내고 점등후인 경우 C_c-L_r-R_r-C_{1p}-C_c의 직·병렬회로로 나타낼 수 있다.



(a) 점등 전

(b) 점등 후

그림 2. 인버터부의 등가 회로

2.3 Dimming형 전자식 안정기의 설계

2.3.1 설계의 개요

20(W) 직관형 형광램프의 전자식 안정기는 하프브리지 공진형 인버터 방식의 안정기를 채용하였으며, 인버터내의 스위칭소자는 고주파에 적합한 MOSFET IRF 840을 사용하였다. 이러한 인버터를 제작하기 위하여 램프가 최대로 발광할 때의 램프전압과 전류를 측정하여 등가임피던스를 구하였으며, 인버터부의 회로설계를 위해 공진주파수는 25(kHz), 동작주파수는 27(kHz)로 하였다. 공진주파수와 등가회로의 Q값 변화에 따른 L, C₁,

C₂를 구하였으며, 각각의 Q값 중에서 PSpice시물레이션을 수행하여 최적의 회로정수를 구하였다. 이렇게 설계된 인버터회로에 IC IR2151을 사용한 주파수제어 회로와 정류회로를 구성하여 Dimming형 전자식 안정기를 설계하였다.

2.3.2 PSpice에 의한 인버터부의 회로정수 결정

전자식 안정기의 L, C₁, C₂의 회로정수를 결정하기 위하여 20(W)직관형 형광램프가 최대 발광할 때의 램프전압 및 전류를 측정하여 램프의 등가임피던스를 구하였으며, 그 결과는 표 1에 나타내었다.

표 1. 형광램프의 등가임피던스

램프 출력	20 [W]	
램프 출력 전압	59.25 [V]	
램프 출력 전류	334.77 [mA]	
램프 등가 임피던스	R _{Lamp}	200.9 [Ω]
	C _{Lamp}	0.73 [nF]

그림 3의 회로도를 이용하여 C₁:C₂가 2:1이 되는 PSpice시물레이션을 수행하여 램프의 출력이 20(W)가 되는 회로정수를 표 2에 나타내었다.

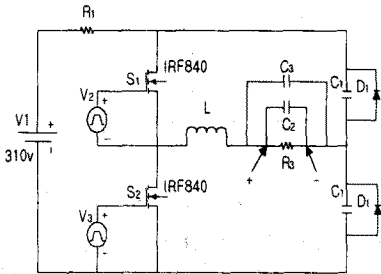


그림 3. PSpice시물레이션을 위한 인버터 회로.

표 2. Q값에 따른 회로정수 결정

Q	L[mH]	C ₁ [nF]	C ₂ [nF]
1.97	2.52	47.15	23.57
2.03	2.59	45.97	22.98
2.12	2.71	43.76	21.88
2.17	2.78	42.73	21.36

2.3.3 주파수 제어회로

전자식 안정기의 게이트 트리거 방식은 주파수제어가 용이하고 신뢰성이 높은 타력식을 사용하였으며 주파수 제어회로에 IC2151을 사용하였다. IC2151의 특성은 표 3과 같다.

표 3. IC IR2151의 특성

V _{OFFSET}	600 Vmax
Duty Cycle	50 %
I _o +/-	100mA/210mA
V _{out}	10 - 20V
Deadtime	1.2 μs

그림 4는 주파수 제어회로에 IC2151을 사용한 회로도의 예이며 주파수는 $f = \frac{1}{1.4 \times (R_T + 75(\Omega)) \times C_T}$ 로 구할수 있고, 가변저항 R_T로 주파수를 변화시킨다.

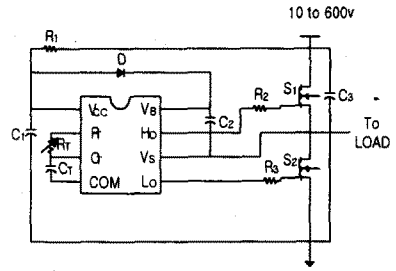


그림 4. IC IR2151의 회로구성도.

2.3.4 Dimming 특성 실험

그림 3의 회로를 이용하여 PSpice시물레이션으로 회로정수를 구하였고, 형광램프의 출력이 20(W)가 되는 L, C₁, C₂값을 구하였다. Dimming형 전자식 안정기에 대한 최적의 L과 C₁을 선정하기 위하여 형광램프와 병렬인 C₂를 일정하게 놓고 PSpice시물레이션으로 구한 L값을 기준으로 ±5%, ±10%를 증가시켜 램프의 출력이 20(W)가 되는 C₁을 정하여 표 4와 같은 회로정수를 갖는 A, B, C, D, E 5개의 전자식 안정기를 제작하였다. 제작된 5개의 안정기로 형광램프를 점등하여 30분이 경과한 후를 안정된 상태로 보고 IC의 가변저항 R_T를 변화시켜 주파수 변화에 따른 램프의 광출력과 전기적인 특성을 측정하였다.

표 4. 제작된 안정기의 회로정수

회로정수 구분	L[mH]	C ₁ [nF]	C ₂ [nF]
A	2.39	127.05	22.42
B	2.53	64.83	22.42
C	2.65	44.84	22.42
D	2.78	36.38	22.42
E	2.91	26.49	22.42

2.4 실험결과 및 고찰

2.4.1 주파수 변화에 의한 전압·전류 특성

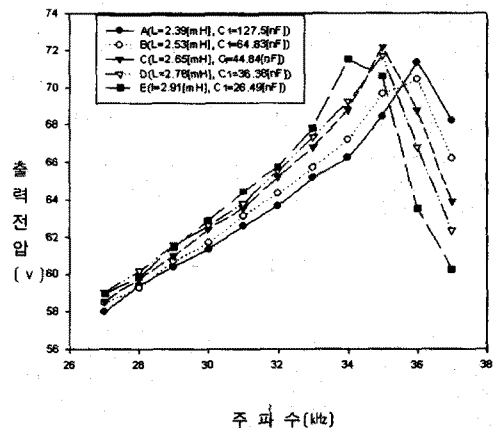


그림 5. 주파수 변화에 따른 출력 전압 특성.

그림 5는 주파수를 27(kHz)에서 1(kHz)단위로 증가시켰을 경우 출력 전압특성을 나타낸 것이다.

A, B, C, D, E의 경우 주파수가 증가함에 따라 램프

의 출력전압이 증가하다가 36~37[kHz]에서 급격히 감소하였다.

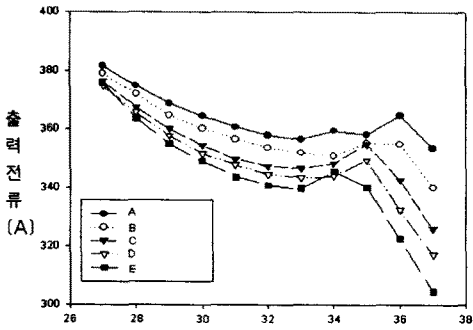


그림 6. 주파수 변화에 따른 출력 전류 특성.

그림 6은 주파수 증가에 따른 램프의 출력전류의 특성을 나타내었다. A, B, C, D, E의 경우 주파수가 증가함에 따라 램프의 출력전류가 감소하다가 34~36[kHz]에서 급격히 감소하는 현상을 보이며 소등되었다.

2.4.2 주파수 변화에 의한 광출력 및 발광효율

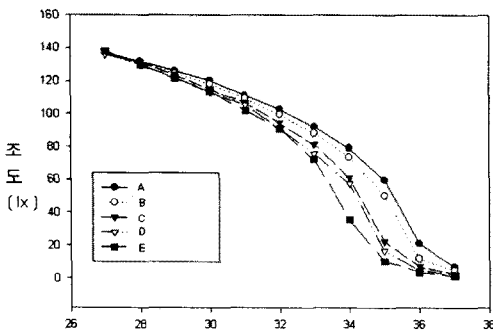


그림 7. 주파수 변화에 따른 광출력의 변화.

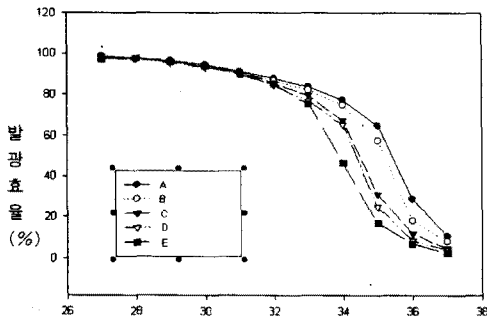


그림 8. 주파수 변화에 따른 발광효율의 변화.

그림 7은 주파수에 대한 광출력의 특성을 나타내고 있으며, 27[kHz]에서 최대 광출력이 나타나고 주파수를 증가시켰을 경우 31[kHz]까지는 광출력이 서서히 감소하다가 32[kHz]이상이 되었을 때 광출력이 A, B, C, D, E의 순으로 급격히 감소하였다. L값은 적고 C₁값이 클수

록 광출력이 서서히 감소하고, L값이 크고, C₁값이 적을수록 광출력이 급격히 감소함을 알 수 있다.

그림 8에서 주파수에 대한 발광효율을 나타내었으며, 주파수가 32[kHz]까지 증가 할 때는 조도가 서서히 감소하다가, 주파수 32[kHz] 이상이 되었을 때는 A, B, C, D, E의 순으로 조도의 변화가 크게 감소함을 알 수 있다.

3. 결 론

Dimming형 전자식안정기를 설계하기 위하여 20[W] 직관형 형광 램프를 등가 임피던스로 치환하고 PSpice 시뮬레이션을 수행하여 가장 적절한 L, C₁, C₂값을 구하였다. MOSFET에 주파수를 공급하는 출력 구동회로를 주파수 제어에 용이한 IC IR2151을 사용하여 회로 구성의 단순화를 이룰 수 있었고, 램프와 직렬인 L, C₁의 값의 변화에 따른 하프 브리지의 공진형 인버터 방식의 안정기를 제작하여 주파수 변환에 따른 램프의 광출력과 전기적인 특성을 측정하였다.

이와 같은 실험으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Dimming형 전자식 안정기의 MOSFET를 구동시켜 주는 회로 부분을 IC IR2151을 사용하여 설계하였을 경우, 기존의 전자식 안정기에 비해 회로의 구성을 단순화 할 수 있었을 뿐만 아니라, 간단하게 저항값을 변화시켜 주파수를 제어하는 Dimming형 전자식 안정기를 제작할 수 있었다.
2. 형광 램프를 등가 임피던스로 치환하여 PSpice 시뮬레이션 결과를 통해 얻은 값보다 L값은 적고 C₁값이 클수록 Dimming 범위가 넓어졌으며, L값은 크고 C₁값이 적을수록 Dimming의 범위는 좁아짐을 알 수 있다.
3. Dimming형 전자식 안정기의 회로 정수를 정할 때 조도를 서서히 변화시키고자 하는 장소에서는 L값은 적고 C₁값은 크게 설계하며, 조도를 빠른 시간에 변화시키고자 하는 장소에서는 L값은 크고 C₁값은 적게 선정하여 설계함으로써 사용 장소에 따라 효과적인 Dimming이 이루어지도록 L, C₁값을 선정할 필요가 있다.

이러한 실험결과로부터 Dimming형 전자식 안정기를 제작할 경우 L과 C₁의 값에 따라 Dimming 특성이 변하므로 사용 목적에 따라 회로 정수를 선정하는 방법과 Dimming시 광출력이 급격히 떨어지는 주파수대에서는 저항 보상 회로를 개선하여 선형적인 Dimming이 이루어지도록 하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] A. Okude, A. Ueoka Y. Kambara, and M. Mitani, "Development of an electronic dimming ballast for fluorescent lamps", Journal of the Illuminating Engineering Society, Winter, pp.15-19, 1992
- [2] Guan-Chyun Hsi, Chang-Hua Lin and Yu-An Soun, "Modeling and estimation of the fluorescent lamp and its pre-heating control", LUX PACIFICA'97, Nagoya, pp.B-113~B-119, 1997
- [3] 광재영, 송상빈, 여인선 "컴팩트 형광램프용 Dimming형 전자식 안정기의 회로정수 결정", 조명·전기설비학회지, Vol 9, pp.29-34, 1995