

컴팩트 형광램프용 다출력형 전자식 안정기의 설계

박재영^o, 송상빈, 여인선

전남대학교 공과대학 전기공학과

Design of an Electronic Ballast of Multiple Power Output for Compact Fluorescent Lamps

Jae-Young Gwark^o, Sang-Bin Song, In-Seon Yeo

Dept. of Electrical Engineering, Chonnam National University

<Abstract>

This paper presents a new approach in the design of multiple power output electronic ballasts for compact fluorescent lamps which power output range of 11W, 15W, 20W by using equivalent resistance and RLC equivalent circuit concept and frequency control.

A multiple power output electronic ballast which adopts half-bridge inverter topology is set up to compare the results of PSpice simulation with experimental ones. Starting characteristics of lamp voltage, lamp current and light output are better than the existing electronic ballasts, and therefore is verified the validity of the proposed method.

1. 서론

최근 형광램프용 안정기가 소형·경량화, 고효율 및 절전화를 위하여 고역률의 공진형인버터 방식을 채택한 전자식 안정기를 많이 이용하고 있고, 다운라이트 조명에는 백열전구 대신 컴팩트 형광램프를 많이 사용함에 따라, 직관형 형광램프 뿐만 아니라, 컴팩트 형광램프에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 여러가지 출력의 램프를 점등시키주는 안정기회로가 출력에 따라 다르게 설계되어야 하는 점은, 아직도 해결해야 할 과제로 되어 있으며, 수명이 다한 램프의 교체시에 정격의 램프로 교체해야 하는 불편을 가지고 있어, 다출력용의 전자식 안정기의 필요성이 제기되고 있다.

본 연구에서는 다양한 출력 범위의 컴팩트 형광램프를 점등시킬 수 있는 새로운 전자식 안정기의 설계에 관한 방법을 제안하였다. 제안된 전자식 안정기는 11W, 15W, 20W의 컴팩트 형광램프를 점등시킬 수 있게 설계하였다. 각 램프전압 및 램프전류의 데이터에서 램프를 등가저항으로 치환하고, 인버터부를 R, L, C 등가회로로 변환하여, PSpice시뮬레이션을 통하여 각각의 컴팩트 형광램프의 특성을 만족시킬 수 있는 최

적의 회로정수 및 동작주파수대역을 선정하여 설계하였다. 직접 전자식 안정기의 시작품을 제작하고 실험을 통하여 제안된 설계 방법의 적합성을 증명하고자 하였다.

2. 다출력형 전자식안정기 설계

다출력형 전자식 안정기의 설계에 있어서 가장 중요한 기능은, 여러가지 출력에 따른 램프전압과 램프전류를 제공할 수 있어야 하는 것이다. 그러나 각 출력에 따른 수동소자의 값을 변화시키는 것은 많은 어려움이 따르므로, 주파수 변환에 의한 인버터회로의 공진전압을 변화시키는 방법에 의하여 램프의 출력전압과 출력전류를 제어하게 하였다. 전자식 안정기는 정류회로와 인버터회로로 구성되어 있고, 이 중에서 인버터회로는 고역률의 하프브리지방식이 주종을 이루고 있어서, 제안된 다출력형 전자식 안정기회로에서도 하프브리지 방식을 채택하였다.

다출력형 전자식 안정기를 이용하여 컴팩트 형광램프를 점등시키기 위하여, 맨먼저 출력범위를 선정해야 하는데, 본 연구에서는 11W, 15W, 20W의 3가지 컴팩트 형광램프를 대상으로 하였으며, 15W램프를 기준 출력으로 하였고, 기준 램프의 동작주파수는 50kHz로 하였다. 또한 램프의 전압·전류의 값으로 부터 램프의 등가저항을 구하였고, 이를 표 1에 나타냈다.

표 1. 컴팩트 형광램프의 등가저항 R_{lamp}

Table 1. Equivalent resistance R_{lamp} of compact fluorescent lamps

항목 \ 램프출력	11[W]	15[W]	20[W]
램프전압	46.25 [V]	74.02 [V]	102.7 [V]
램프전류	0.235 [A]	0.2025 [A]	0.195 [A]
램프 등가저항	196.8 [Ω]	365.5 [Ω]	526.6 [Ω]

3. 다출력형 전자식 안정기회로의 구성

다출력형 전자식 안정기 회로는 크게 정류회로와 인버터회로로 구분된다. 인버터회로는 하프브리지 인버터방식을 이용하였고, 인버터회로의 스위칭소자를 구동하거나 주파수변환을 하는 게이트 트리거회로가 첨가되어 있다. 그림 1은 다출력형 전자식 안정기의 블록선도를 나타내고 있으며, 그림 2는 주파수 변환을 해주는 게이트 트리거회로를 나타내고 있는데, IC(SG3525)를 이용하여 구형파를 발생 시키고, R1값의 조절에 의한 시정수의 변화로 인하여 주파수변환을 수행한다.

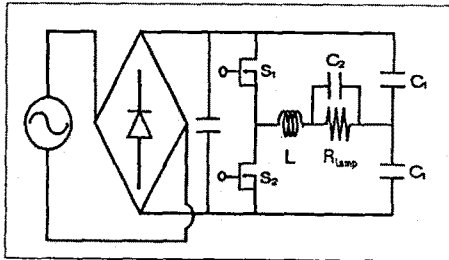


그림 1. 다출력형 전자식 안정기의 블록선도

Fig. 1. Block diagram of multiple power output electronic ballasts

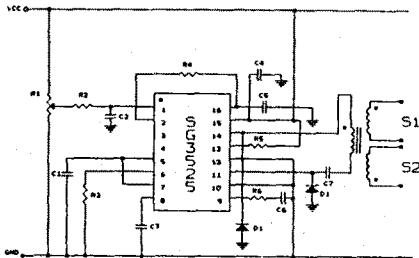


그림 2. 게이트 트리거 회로

Fig. 2. Gate trigger circuit

4. PSpice 시뮬레이션

15W 램프용 안정기회로의 인버터부의 회로정수를 결정하기 위하여, 등가회로를 이용하여 PSpice 시뮬레이션을 행하였으며, 그 결과를 표 2에 나타내고 있다. 얻어진 회로정수가 15W 콤팩트 형광램프는 점등이 가능하나, 11W와 20W 콤팩트 형광램프를 점등시키기에는 부적합하므로, 주파수변환에 의하여 회로정수를 변화시키는 방법을 이용하였다. 11W와 20W 콤팩트 형광램프를 구동시킬 수 있는 주파수값들을 얻기 위하여, 표 1의 11W와 20W 콤팩트 램프의 등가저항값과 표 2의 회로정수를 이용하여 PSpice 시뮬레이션을 행하였으며, 그 결과를 표 3에 나타내고 있다.

표 2. 인버터회로의 회로정수 계산 (15W)

Table 2. Calculation of inverter circuit parameters (15W)

Q	L[mH]	C1[nF]	C2[nF]
2.00	2.328	13.07	6.535
2.10	2.444	12.45	6.225
2.20	2.561	11.88	5.940
2.30	2.677	11.36	5.680

표 3. PSpice 시뮬레이션 결과 (11W, 20W)

Table 3. Result of PSpice simulation (11W, 20W)

주파수 [kHz]	11W		주파수 [kHz]	20W	
	전압[V]	전류[A]		전압[V]	전류[A]
45	48.34	0.245	49	107.29	0.202
46	47.02	0.237	50	103.31	0.197
47	47.02	0.232	51	100.66	0.191

시뮬레이션 결과 11W일때는 $f=46\text{kHz}$, 20W일때는 $f=50\text{kHz}$ 가 각 램프의 출력전압과 전류를 만족시키는 최적의 값으로 나타났다. 따라서 램프출력이 15W인 경우를 기준으로 하여 안정기를 설계하고 각각 11W, 20W일 경우에는 각각 결정된 주파수대에서 동작되도록 하였다.

5. 실험결과 및 고찰

시뮬레이션 결과 얻어진 회로정수를 이용하여 15W 램프를 점등시킬 수 있는 전자식 안정기를 제작하고, 스위칭소자의 게이트 트리거회로를 이용하여, 11W램프와 20W램프를 구동시킬 수 있는 전자식 안정기를 제작할 수 있었다. 제작된 다출력형 전자식 안정기를 이용하여, 3개의 콤팩트 형광램프의 시동특성을 실험하였다. 그림 3은 11W 콤팩트 형광램프를 다출력형 전자식 안정기를 사용한 경우와, 기존의 전자식 안정기를 이용한 경우의 램프전압 및 램프전류의 파형을 나타내고 있는데, 제안된 다출력형 전자식 안정기를 이용한 경우의 램프전압 및 램프전류의 파형이 더 안정됨을 알 수 있다.

다출력형 전자식 안정기를 이용하여, 각각의 11W, 15W, 20W 콤팩트 형광램프가 정상상태에 도달하기까지의 시동특성을 실험하였는데, 그림 4에서 나타나듯이 기존의 안정기보다 점등주파수와 효율의 상승으로 인하여, 시동시의 발광효율이 상승됨을 알 수 있다.

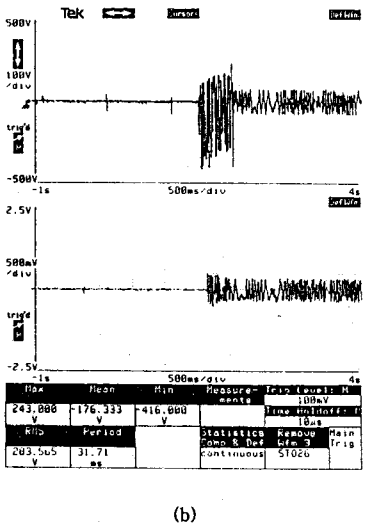
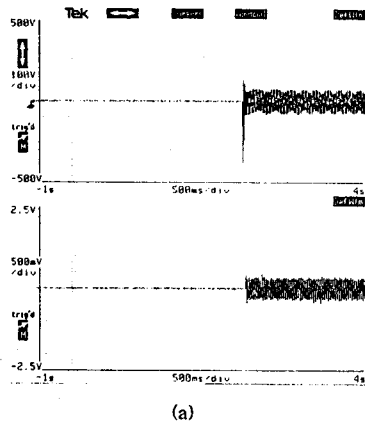


그림 3. 11W 콤팩트 형광램프의 시동 램프전압 및 전류특성
(a) 제안된 다출력형 전자식 안정기의 경우
(b) 기존의 전자식 안정기의 경우

Fig. 3. Starting characteristics of lamp voltage and lamp current for an 11W compact fluorescent lamp

- (a) The proposed multiple power output electronic ballast
(b) The existing other electronic ballast

6. 결론

11W, 15W, 20W 콤팩트 형광램프를 점등시킬 수 있는 콤팩트 형광램프용 다출력형 전자식 안정기를 설계하기 위해, 램프 및 인버터부의 등가회로 개념을 도입하여 회로정수를 구하였고, PSpice 시뮬레이션을 수행한 결과 인버터부에 있어서 가장 적절한 회로정수를 구할 수 있었다. 또한, 이 결과를 이용 11W와 20W용 콤팩트 형광램프를 점등시킬 수 있는 주파수값을 구하여, 다출력형 전자식 안정기를 설계·제작하였다.

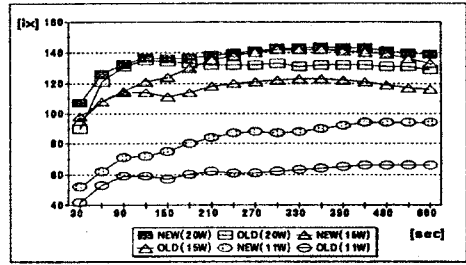


그림 4 다출력형 콤팩트 형광램프의 시동특성

Fig. 4. Starting characteristics of a multiple power output compact fluorescent lamp

제작된 다출력형 전자식 안정기와 기존의 전자식 안정기를 이용하여 시동시의 램프전압 및 램프전류의 특성과 발광특성을 비교분석한 결과, 다출력형 전자식 안정기가, 각 출력의 램프에서 안정된 전압 전류 특성을 나타냄을 확인하였다. 또한, 발광효율은 점등주파수와 효율의 상승으로 인하여 향상되었다.

제안된 방법은, 향후 새로운 다출력형 전자식 안정기 및 램프의 개발에 유용할 것으로 기대된다.

7. 참고문헌

- 1) A.K.S. Bhat, "Analysis, selection, and design of resonant inverters for electronic ballasts," IEEE PESC, Vol. 1, pp.796-804, 1994.
- 2) Yjyoung Sun, P.E., "PSpice modeling of electronically ballasted compact fluorescent lamp systems," IEEE Ind. Appl. Soc. 28th Annual Meeting, Vol. 3, pp.2311-2316, 1993.
- 3) T.F. Wu, T.H. Yu and H.M. Huang, "Complete analysis and performance-characteristic compromise for self-excited half-bridge parallel resonant electronic ballasts," IEEE PESC, Vol. 1, pp. 124-129, 1994.
- 4) R.M. Nelms, T.D Jones, and M.C. Cosby, "A comparison of resonant inverter topologies for HPS lamp ballasts," IEEE Ind. Appl. Soc. 28th Annual Meeting, Vol 3, pp. 2317-2322, 1993.
- 5) Carmelo Licitra, Luigi Malesani, Giorgio Spiazzi, "Single-Ended Soft-Switching Electronic Ballast with Unity Power Factor," IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 29, pp. 382-387, 1993.