

110Watt 4등용 형광등 안정기 개발

한재현, 조계현, 박종연

강원대학교 전기전자공학부

전화 : 033-250-6292 / 핸드폰 : 018-325-5217

Development of Electronic Ballast for 110Watt 4 lamps

Jae-Hyun Han, Gye-Hyun Jo, Chong-Yeun Park

Division of Electrical & Electronics, Kangwon University

E-mail : han5217 @yahoo.com

Abstract

This paper has been studied the ballast for multiple lamps. Many fluorescent lamps are demanded in where industrial buildings and public buildings. Using the proposed ballast for multiple lamps, we can decrease the cost and the space for installing.

Also in the paper, the protection circuit is introduced for over voltage and current. The general problem of the ballast for multiple lamps is to shut down the ballast circuit in the ease of one abnormal lamp. But the proposed method is not shut down all the circuit even if one lamp is in an abnormal condition.

I. 서론

산업의 발전이 가속화되면서 산업 현장이나 공공건물, 일반 가정 주택에서 형광등의 사용이 점점 더 많아질 것으로 예상된다. 이러한 현상은 새로운 대체 광원이 개발되기 전까지 계속되어질 것이고 이에 따른 안정기의 수요 또한 많아질 것으로 전망된다. 현재 사용하고 있는 형광등용 안정기는 1개의 안정기에 1개 혹은 2개의 형광 램프가 연결되어 있는 것이 보통이다. 그러므로 이러한 방법은 램프의 수가 늘어나게 되면 그에 따라 안정기의 수도 늘어난다는 것을 의미한다. 1개의 안정기로 소비자가 원하는 개수의 램프를 연결하여 점등할 수 있고, 안정기와 램프 설치에 필요한 공간을 줄일 수 있다는 것이 장점이다.

또한 여러 개의 안정기대신 한 개의 안정기를 사용함으로써 경제적인 효과도 거둘 수 있다는 장점이 있다.

본 논문은 램프 설치에 따라 안정기의 수가 늘어나는 것을 최소화하기 위한 방법으로 여러 개의 램프를 동시에 동작시킬 수 있는 다등용 전자식 안정기 개발에 대한 연구를 다루었다.

II. 다등용 안정기의 구조

2.1 안정기의 기본 구조

안정기는 형광등의 정상적인 동작을 위해서 필요하다. 점등초기에는 과도현상에서 나타나는 램프의 부성 저항의 영향으로부터 벗어나, 안전하게 점등을 지속하도록 하며, 정상 상태에서는 일정한 전류를 지속적으로 공급해 주는 정 전류원과 같은 역할을 한다.[1][2]

또한, 형광 램프의 광 효율을 높이기 위해서는 20kHz 이상의 고주파로 점등하는 것이 더 효과적이다.[3]

본 논문에서 제안하는 안정기의 구조는 그림 1과 같다.

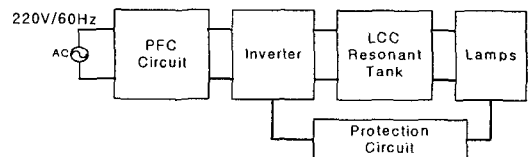


그림 1. 일반적인 안정기의 개략적인 구조

2.1.1 역률 개선부

역률 개선 회로 부분은 입력 전원인 220V/60Hz를 DC 전원으로 만들어주는 역할과 동시에 입력 역률을 높여주는 역할을 하게 된다. 형광등용 안정기에 사용되는 방법에는 능동 역률 보상 방법과 수동 역률 보상 방법이 있는데, 다등용 램프를 위한 안정기의 역률 개

선 부분은 능동 역률 보상 방법을 사용하는 것이 더 효과적이다. 능동 역률 보상 회로 부분은 역률 개선 전용 IC인 MC33262를 사용하였다.

2.1.2 인버터의 동작

인버터는 램프의 효율적인 동작을 위해 필요한 고주파수의 전원을 얻기 위해 사용된다. 본 논문에서는 half-bridge 형태의 인버터를 2개 사용하였고 사용된 인버터의 구동을 위해서 한 개의 인버터에 한 개의 Driver IC를 사용하여 half-bridge간 상호 영향을 주지 않도록 설계하였다. 그림2는 본 논문에서 제안된 Half bridge 2개를 사용한 인버터의 구조이다.

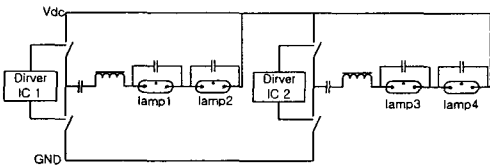


그림 2. 본 연구에서 제안한 안정기 개략도

그림3과 같이, 2개의 램프를 직렬로 연결하면 램프로 흘러들어가는 전류의 양이 병렬일 때와 비교하여 절반이 되어 스위치의 전류에 대한 스트레스가 반으로 줄어든다. 이러한 특성으로 인해서 병렬로 사용하였을 때 보다, 스위칭 소자에서 발생하는 손실이 작다는 것을 의미한다. 또한 본 논문에는 스위치 2개를 on/off시킬 수 있는 driver IC인 IR2111을 각각 사용하였다.

2.1.3 보호회로의 동작

전자식 안정기에 사용되는 보호회로는 과전류와 과전압에 대비한 2가지 형태의 보호회로를 부착해야 한다. 그림 3은 과전류와 과전압에 대해서 안정기를 보호하기 위한 보호회로 부분이다.

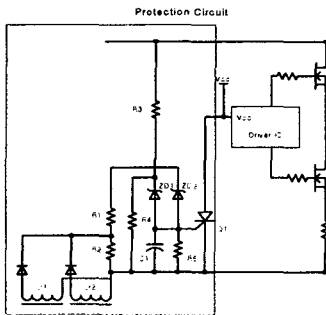


그림 3. 보호 회로 구성

그림3에서의 과전압 보호회로의 동작 특성은, 안정기에 입력되는 전원의 크기가 정상 상태보다 높아지면, 안정기의 DC link 전압의 크기가 상승하게 되는 특성을 이용하였다. 정상 상태보다 상승된 전압은 그림3에서와 같이 R3와 R4에 의해서 검출되어, SCR을 동작시키는 구조로 되어있다. 이에 의해 SCR이 턴온하면 Driver IC로 공급되는 전원을 차단하여 안정기와 램프를 보호하게 된다. 과전류 보호회로의 동작은 Half bridge의 독립된 구조에서 출력 인덕턴스에 2차 권선을 감아서 사용하였다. 그림 3의 lamp1에서 과전류가 검출되었다면 과전압 검출과 동일한 방법으로 R1과 R2에 의해서 과전류가 검출되어 SCR을 동작시킨다.

III. 제안된 안정기의 설계

3.1 안정기 부하단 (LCC) 설계

안정기 출력 부분에 존재하는 인덕턴스와 커패시터를 설계하기 위해서는 표1과 같은 최초 설정값이 필요하다.

표1. 부하단 설계에 필요한 요소

요소	적용값
정상상태 램프 전압 (V_{lamp})	130V
정상상태 램프 전류 (I_{lamp})	0.8A
정상상태 램프 등가저항 (R_{lamp})	302.5Ω
램프의 점등전압 (V_{bd})	400V
DC link 전압 (V_{DD})	400V

표1에서 설정한 요소들을 이용하여 출력 인덕턴스와 커패시턴스의 값을 구한다. 우선, 선택도 Q_L 값은 식(1)과 같이 계산한다.

$$Q_L = \frac{V_{lamp}}{\frac{\sqrt{2}}{\pi} V_{DD}} \dots\dots\dots (1)$$

계산된 Q_L 은 0.69이고, 이것을 이용하여 램프의 특성 임피던스 Z_O 를 식 (2)와 같이 구한다.

$$Z_O = \frac{R_{lamp}}{Q_L} \dots\dots\dots (2)$$

계산결과 Z_O 는 398Ω이 된다. 또한 부하단 인덕턴스와 커패시턴스 값이 가지는 공진주파수 f_o 는 식(3)과

같이 결정된다. 본 논문에서는 공진 주파수 f_0 를 40kHz가 되도록 설정하였다.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S C_T}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

식(3)을 이용하여 식(4)와 같이 C_T 에 관한 식으로 변경하고, 식(2)와 (3)을 이용하여 식(4)를 계산한다.

$$C_T = \frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot Z_0} \quad \dots\dots\dots (4)$$

계산결과 C_T 값은 9nF이다. 마지막으로, 식(5)를 이용하여 L_S 값을 계산한다.

$$L_S = Z_0^2 \times C_T \quad \dots\dots\dots (5)$$

계산 결과 L_S 값은 1.73mH이다. 마지막으로 $C_{L(max)}$ 의 값을 식(6)을 이용하여 계산하고 동작주파수를 결정하면 각각의 C_S 와 C_P 를 구할 수 있다.

$$C_{S(max)} = \frac{V_{DD} \times \frac{2}{\pi}}{|w_0^2 - w_s^2| L_S \cdot V_{bd}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

스위칭 주파수(f_s)를 45kHz로 가정하여 안정기 부하단 특성을 유도성 부하가 되도록 한다. 식(6)의 계산결과 $C_{L(max)}$ 값은 22nF가 된다. 최종적으로 C_S 와 C_T 를 이용하여 C_P 는 식(7)과 같다.

$$C_P = \frac{C_S \cdot C_T}{C_S - C_T} \quad \dots\dots\dots (7)$$

계산 결과 LCC의 값은 $L_S = 1.73mH$, $C_S = 18nF$, $C_P = 15nF$ 가 된다.

IV. 실험 결과

계산된 LCC 값을 이용하여 실제로 기관에 110Watt 4등용 시제품 전자식 안정기를 제작하였고, 실험하였다. 그림4는 제작한 전자식 안정기 DC link 전압 파형이다. 420V 값을 가지며, DC link 전압이 높으면, 램프 점등에 용이한 특성을 갖는다. 사용한 램프로는 FLR110H형광램프이다.

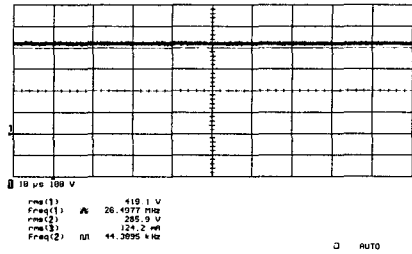


그림 4. DC link 전압 파형

그림5은 입력 전류 파형이다. 그림에서와 같이, 입력 역률은 0.99이상이다.

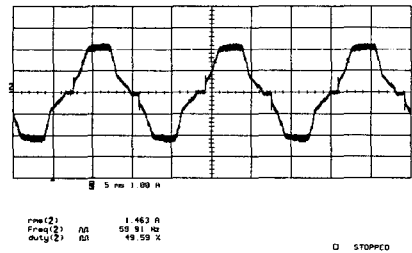


그림 5. 입력 전류 파형

그림6은 스위칭 소자로 사용된, FET의 D-S 간 전압 파형과 드레인 전류 파형이다. 안정기 부하단이 가지는 공진 특성과 안정기 동작 주파수간을 일치시키면, FET에서 발생하는 스위칭 손실의 양을 크게 줄일 수 있다.

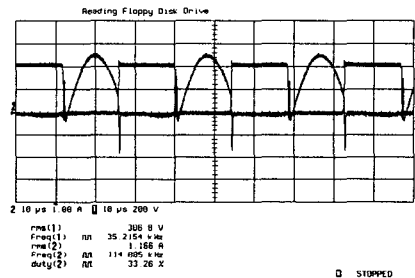


그림 6. D-S 전압과 전류 파형

그림7은 정상 상태일 때, 램프 전압과 전류파형이다. 램프 전압과 전류는 정현파에 가까운 특성을 갖는다.

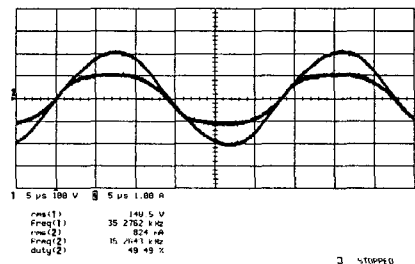


그림 7. 램프 전압, 전류 파형

그림8은 램프 점등 후 정상상태에 이르기까지 나타나는 램프 전압과 램프 전류 특성이다. 램프 예열시간은 약 500ms정도 걸리며, 후에 점등이 이루어지는 것을 볼 수 있다.

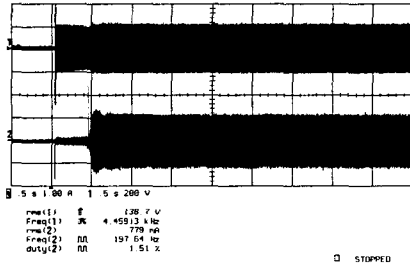


그림 8. 시간에 따른 램프의 과도상태 파형

표 2. 램프의 입·출력 특성

		2등	4등
입력	Watt	209W	429W
	전압	220V	220V
	전류	950mA	1950mA
	역률	0.995	0.995
	전류 THD	11.6%	13.8%
출력	Watt	198W	425W
	전압	140V	140V
	전류	820mA	1650mA
	전류 CF	1.45	1.5

표 2에서는 제안한 4등용 전자식 안정기에서 부하가 full-load(4개 부하)일 때와 half-load(2개 부하)일 때의 입력과 출력의 특성을 나타낸다.

V. 결론

다등용 전자식 안정기는 설치와 유지, 보수 측면에서 기존 안정기에 비해 경제적인 면에서 우수한 특성을 갖는다. 또한 기존에 제시되었던 다등용 안정기가 가지는 단점을 보완하기 위해서 Half Bridge 인버터를 병렬로 구성하여, 각각의 램프가 독립적인 특성을 갖도록 하였다. 이러한 구조는 만약 한 쪽 램프에 사고가 생기더라도 국부적인 램프에만 영향을 주어 사고의 범위가 적어지며 사고 램프 교체시 다시 점등되는 특성을 갖는다. 또한 논문에 소개된 110Watt 형광등은 정상 상태에서 전류가 0.8A가 흘러야 하므로 병렬 방식으로 부하를 연결하여 램프를 증가시킨다면 스위치를 비롯하여 많은 회로 소자들에게 스트레스를 줄 수

능성이 크다. 하지만 소개된 직렬 방식을 사용하면 스트레스를 반으로 줄일 수 있다. 지금의 4등용 안정기의 연구와 개발은 초기 단계이지만 앞으로 많은 연구가 진행되어 고급 다등용 안정기 시장이 열릴 것이라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 강원대학교 BK21 사업단의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Tasi-Fu Wu, "High-Efficiency Low-Stress Electronic Dimming Ballast for Multiple Fluorescent Lamps" 1999, IEEE
- [2] Fabio Toshiaki Wakabayashi, Carlos Alberto Canesin. "Novel High-Power-Factor Isolated Electronic Ballast for Multiple Tubular Fluorescent Lamps" 2001, IEEE pp230-237.
- [3] Roger Gules and Ivo Barbi & Euripedes Martins Simoes, "A 1.2kW Electronic Ballast for Multiple Lamps, with Dimming Capability and High-Power-Factor" IEEE. trans. 1999.
- [4] E. E. Hammer. "High Frequency characteristics of Fluorescent lamps up to 500kHz" J. Ilhan. Eng. Soc, pp. 52-61, 1987.
- [5] E. E. Hammer. and T. K. McGowan, "Characteristics of various F40 Fluorescent Systems at 60Hz and high Frequency" IEEE Trans. vol. 21. no 1, pp.11-16, 1985.
- [6] Gyun Chae, Yong-Sik Youn, and Gyu-Hyeong Cho. High Power Factor Correction Circuit for Low-Cost Self-Excited Electronic Ballasts, Trans. KIEE, vol. 47, No 9, SEP. 1998