

**250W 메탈할라이드 램프용 전자식 안정기의 구조에 따른 디밍 특성 비교**

박종연, 정광현, 임병노, 박영길  
 강원대학교 전기전자전공, 한림대학교 전자과, (주)대영전기

**Dimming characteristics comparison according to the structure of electronic ballasts for 250W Metal Halide lamps**

Chong-Yeun Park, Kwang-hyun Jung, Byung-noh Lim, Young-gil Park  
 Department of Electrical and Electronic Engineering, Kangwon Univ. & Hanlim Univ. Korea, Dea Young Co., Ltd.

**Abstract** - 본 논문에서는 250W 메탈할라이드 램프용 전자식 안정기의 구조 및 디밍 방법에 따른 특성을 비교하였다. 측정 및 분석된 안정기는 PFC, 벡 컨버터, Full-bridge 인버터의 3단 구조를 가진 안정기와 PFC, Half-bridge 인버터의 2단 구조를 가진 안정기이다. 3단 구조를 가진 안정기의 경우 벡 컨버터의 듀티 조절하여 출력 전력을 제어하며, 2단 구조 안정기의 경우는 구동 주파수를 조절하여 전력을 제어한다. 본 논문에서는 각각의 전력제어 방식을 통한 램프 디밍 시의 출력의 특성을 측정 및 분석하였으며, 조도 조절 범위는 100% ~ 35% 까지 구현하였다.

**1. 서 론**

메탈할라이드(MH) 램프는 최근 좋은 연색성 때문에 조명분야에서 관심의 대상이 되고 있고[1], 에너지 절약과 관련하여 불 밝기 조절에 대한 관심 또한 높아지고 있다[2]. 본 논문에서는 250W 메탈할라이드 램프용 전자식 안정기중 PFC(boost), 벡 컨버터, Full-bridge 인버터의 3단 구조의 안정기와 PFC(boost), Half-bridge 인버터의 2단 구조의 안정기를 실현하여 디밍 회로를 구성하였다.

3단구조 안정기의 불 밝기 제어는 전력을 컨트롤 하고 있는 벡 컨버터의 듀티 비를 조절하여 제어 하였으며, 구동 주파수는 120Hz의 저주파수를 사용하였다. 2단 구조의 안정기의 불 밝기 제어는 LCC공진 특성을 이용하였으며, 구동 주파수를 58Khz~105Khz까지 조절하여 제어 하였다.

**2. 본 론**

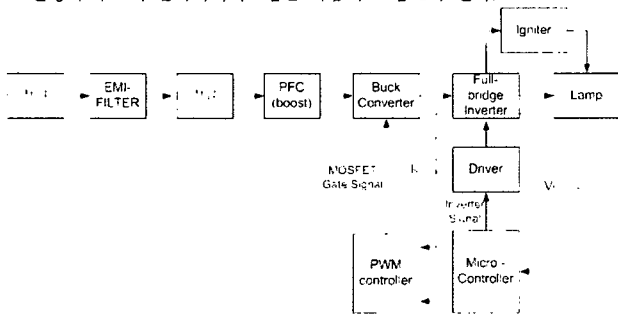
**2.1 안정기의 구조 및 동작원리**

메탈할라이드 램프용 전자식 안정기는 저주파수로 동작하는 형태의 안정기와 고주파수로 동작하는 LCC 공진형태의 안정기로 크게 두 가지 형태로 분류할 수 있다[2][3]. 2단구조 안정기의 경우 3단구조 안정기 보다 간단하고, 저가로 구현 할 수 있지만, 벡 컨버터가 없기 때문에 인버터의 스위칭 소자에 전압 스트레스가 높아져 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다[3].

본 논문에서는 두 가지 형태의 안정기 모두 제작 및 실험하였으며, 3단 구조의 저주파수 안정기를 '안정기 A', 2단 구조의 저주파수 안정기를 '안정기 B'라 하고 차례대로 설명하겠다.

**2.1.1 안정기 A**

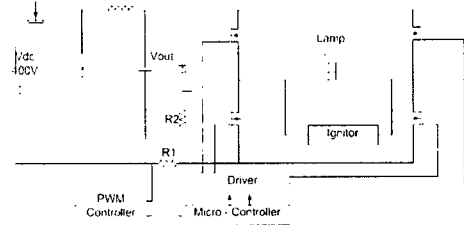
안정기 구조의 블록다이어그램은 다음의 그림 1과 같다.



〈그림 1〉 안정기A의 구조

안정기의 역률을 개선하기 위하여 능동역률 개선회로를 사용하였다. 전파 정류된 전압은 역률 개선용 IC에 전파 정류된 모양과 전류의 모양을 비교하여 스위칭을 하게 되고 입력전류는 입력전압의 모양을 따라가게 되어, 역률이 개선된다. 또한, PFC 단의 형태가 Boost 컨버터의 형태를 가지므로 PFC의 출력단 전압은 400V 까지 상승하게 된다. PFC IC는 Motorola사의 MC33262를 사용하였다.

램프의 관 전압은 140V(rms)이고, AC 전압, 전류의 형태가 필요하다. PFC 단의 출력전압은 400V이므로, 램프의 관 전압에 맞게 하기위하여 강압할 필요가 있다. 그러므로 Buck Converter로써 전압을 140V(rms)로 낮추



〈그림 2〉 벡 컨버터와 Full-bridge 인버터 회로도

며, 정 출력 유지를 위한 전력제어의 역할을 하도록 하고, Full-bridge 인버터로써 램프에 AC전압 및 전류를 공급하도록 구성하였다.

그림2는 PFC단을 제외한 회로이다. 그림2에서 보듯이 Feedback으로써 Buck 컨버터의 DC-Link 전압과 출력전류를 센싱 받으며, 이 정보로 인하여 정 출력을 유지하도록 한다. Buck 컨버터의 DC - Link 전압과 출력 전류는 인버터를 통하여 램프에 바로 인가가 되므로, 램프의 전압 전류를 센싱 받는 것과 같게 된다.

안정기의 전력제어는 PWM Controller의 듀티 비를 조절하여 제어하고 있다. 센싱 받은 DC-Link 전압은 Micro-controller의 입력이 되고, 이 정보를 이용하여 PWM controller로 일정한 DC 기준전압을 형성해 준다. 또한, 이 기준전압은 센싱 받은 전류와 합쳐서 PWM Controller에 기준전압을 형성하게 되고, PWM Controller는 내부의 삼각파와 비교하여 Buck 컨버터의 Gate 신호를 형성한다.

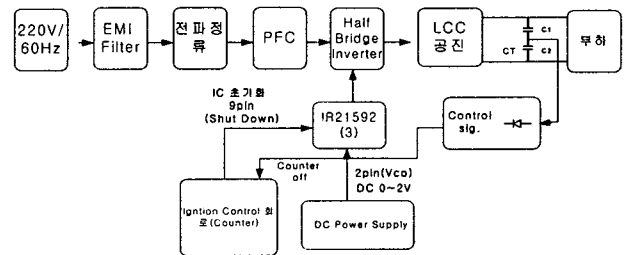
Micro-Controller에서 PWM Controller에 기준전압은 R과 C 그리고 op-amp를 이용한 DC 레귤레이션 회로를 통하여 PWM을 제어함으로써 기준전압을 조절할 수 있다. 이 방법은 PWM 듀티에 따라 선형적으로 DC Level을 변환하는 효과적이고 간단한 방법이다. 이러한 방법을 이용하여 외부 up, down 신호 입력이 들어오면, Micro-Controller 에서 PWM의 듀티를 조절에 의한 기준전압 변경으로 Buck 컨버터의 듀티 비를 조절 할 수 있다.

프로그램 구성은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 출력에 과전압이 형성되었는지를 체크하여 조절하는 부분과 조도조절에 관한 부분이다. 상태 체크 부분의 경우 DC-Link, 전압의 피드백을 2가지 형태로 나누었다. 즉, Feedback 1은 램프의 관전압 140V 보다 많이 클 때, Feedback 2는 적게 클 때로 나누어 두 가지의 Feedback을 통한 과전압 방식을 하고 있다. Feedback 2의 신호가 들어올 경우에는 Buck controller의 듀티를 신호가 들어오지 않을 때 까지 조금씩 감소시키게 되며, Feedback 1의 신호가 들어올 때 30초 마다 한 번씩 체크하여 6분이 경과하였을 시에는 안정기를 off 하도록 구성되어 있다.

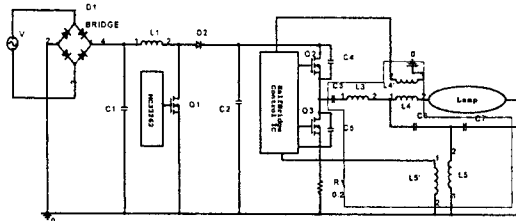
조도조절 부분의 경우 up, down 신호가 들어오는지 체크하여 Buck Controller로의 기준전압을 조절하고 있다. 또한, 상한과 하한의 최고의 레벨에 도달하였을 때에는 더 이상 조도조절이 되지 않도록 하고 있다.

**2.1.2 안정기 B**

안정기 구조의 블록다이어그램은 그림 3과 같다.

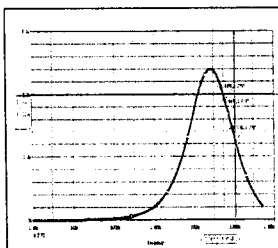


〈그림 3〉 안정기B의 구조

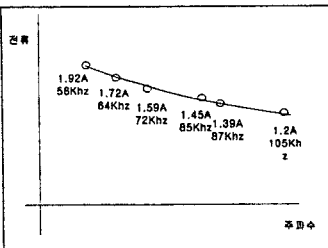


〈그림 4〉 LCC 및 Half-bridge 구조

안정기B의 전체적인 구조는 그림 4의 2단 구조로 되어 있으며, 역률을 개선하기 위한 능동역률 개선회로와 램프의 구동을 위한 Half-bridge 인버터의 구조로 되어있다. 역률을 개선하는 부분은 안정기A와 동일하다. Half-bridge 인버터 구조에서는 IR21593 IC를 사용하여 램프를 구동하였으며, IC의 디밍 Control 단자에 전압을 제어하여 구동 주파수를 가변하였다. 주파수에 따른 램프 양단에 전압, 전류를 제어하였으며, 그림 5와 그림 6은 안정기 B의 LCC공진특성을 보여준다. 안정기 B는 정상동작상태에서는 58Khz로 동작을 하며, 주파수를 105Khz까지 가변하여 램프의 공급되는 전력을 조절하였다.



〈그림 5〉 안정기B의 공진 특성



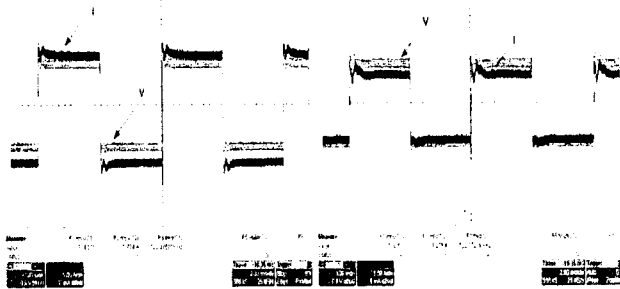
〈그림 6〉 안정기B의 가변 주파수 범위

## 2.2 실험결과 및 검토

250W 메탈할라이드 램프는 Phillips 사의 MH250/C/U를 사용하였으며, 각각의 안정기로 디밍 실험을 하여 측정된 결과는 다음과 같다.

### 2.2.1 안정기 A

디밍 시의 입출력 특성을 파악하기 위하여 오실로스코프 및 전력 분석기를 사용하였다. 그림 7은 정 출력일 경우와 조도 기준 35%일 때의 파형이며, 정 출력일 때 램프의 전압은 135V(rms), 전류는 1.77A(rms)이며, 조도 35% 일 때 램프의 전압은 130V(rms), 전류는 1.07A(rms) 이다.



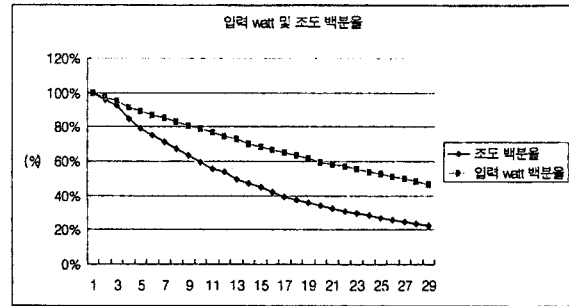
〈그림 7〉 조도 100%, 35%시의 램프의 전압 및 전류 파형

정상조도의 35%시 출력 전압전류의 파형에서 보듯이 조도가 35%이하로 내려가기 시작하면, 출력의 전압전류 파형이 일그러지기 시작한다. 실질적으로 램프에 flickering이 시작되는 때는 조도 20% 때이지만, 출력파형을 보았을 시 35%정도까지 디밍하는 것이 적당하다. 측정된 입출력 전압 전류 및 전력의 데이터를 정리하면 표1과 같다.

〈표 1〉 안정기 A의 측정 결과

조도	입 력(rms)			출 력(rms)		
	전력(W)	전압(V)	전류(A)	전력(W)	전압(V)	전류(A)
100%	253	220	1.16	239	135	1.77
75%	220	220	1.0	211	135.5	1.55
50%	184	220	0.84	171	130.5	1.31
35%	151	220	0.69	139.8	130	1.07

디밍 제어 단계별로 입출력 전력의 변화를 보았을 때의 그래프는 그림8과 같다.



〈그림 8〉 디밍 단계에 따른 입력 전력 및 조도

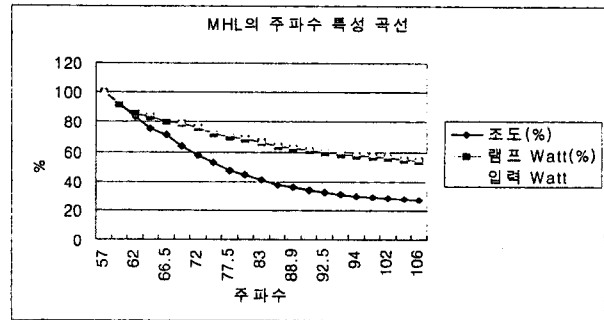
### 2.2.2 안정기 B

디밍 시의 입출력 특성은 <표 2>과 같으며, 조도에 따른 입출력의 전력을 알 수가 있다.

〈표 2〉 안정기 B의 측정 결과

조도	입 력(rms)			출 력(rms)		
	전력(W)	전압(V)	전류(A)	전력(W)	전압(V)	전류(A)
100%	250	220	1.14	235.7	135.5	1.74
75%	222	220	1.01	216	135	1.6
50%	188	220	0.85	182.7	131	1.43
35%	156	220	0.71	148.2	130	1.14

그림 9는 58Khz~105Khz까지 주파수를 가변하면서 조도의 변화 및 입출력 전력의 변화를 나타내었다. 그림 9에서 입출력의 전력은 같은 비율로 감소하는 것을 알 수 있으며, 조도의 변화는 입출력 감소 비율보다 많이 변화하는 것을 알 수 있다. 또한, 조도를 30%이하로 낮추었을 때에는 램프가 꺼지게 된다. 측정 결과 메탈할라이드 램프는 35%정도까지 디밍하는 것이 적당하다.



〈그림 9〉 주파수 가변에 따른 입·출력 및 조도의 백분율

## 3. 결 론

250W 메탈할라이드 램프의 디밍 특성을 두 가지 방식의 안정기를 사용하여 측정 및 분석 하였다. 디밍 범위는 조도기준 100%~35%까지 측정하였다. 안정기 A를 사용하였을 경우 조도가 35%일 시 입력 watt 가 59%이고, 안정기 B를 사용하였을 경우 조도가 35%일 시 입력 watt 가 62%로 안정기의 구동방식에 따라 광 효율(입력 watt/조도)에 약간의 차이가 생기는 것을 확인하였다. 그러나 디밍을 하였을 시 입출력 전력에 대한 효율 면에서도 안정기 A는 239W ~ 140W 인 반면, 안정기 B는 237W ~ 148W 이므로, 안정기 A의 구조를 갖는 전자식 안정기가 디밍에 적합하다.

### 감사의 글

본 연구는 2006년도 기초전력연구원의 학술연구비 지원에 의하여 수행되었으며 기초전력연구원에 감사드립니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] G. Kanai, T. Inagaki, Y. Takeji and H. shibata "Technological trends and prospects of HID lamps and low pressure sodium lamps", Journal of the Illuminating Engineering Institute of Japan, vol. 74, NO. 5, pp. 279~285, 1990.
- [2] 박종연, 박명진, 정동열, 김한수 "250W MHL용 Buck Type 전자식 안정기 및 Dimming 시스템 개발", 전력전자 학회 논문지, 제7권 1호 pp.30~40, 2002. 2
- [3] Jong-Yeon Park and Don-Youl Jung, "Electronic Ballast with Constant Power Output Controller for 250W MHD Lamp", 2001 IEEE International Symposium on Industrial Electronics Proceedings, vol. 1 pp.46~51, June 12-16, 2001