

MHL용 전자식 안정기와 자기식 안정기의 조도 제어 특성 비교

이봉진*, 김기남*, 박종연*
 강원대학교 전기전자 공학과*

Characteristics Comparison of the Dimmable Electromagnetic and the Electronic Ballast for a Metal-Halide Lamp

Bong-Jin Lee*, Ki-Nam Kim*, Chong-Yeon Park*
 Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Kangwon National University*

Abstract - 본 논문에서는 MHL(Metal-Halide Lamp)용 자기식과 전자식 안정기에 의한 조도 제어 특성을 분석하였다. 실험에 사용된 자기식 안정기는 가변 인덕턴스를 이용한 조도 제어 기법을 적용하였으며 전자식 안정기는 스위칭 주파수를 가변하는 조도 제어 기법을 적용하였다. 실험을 통하여 얻은 데이터를 바탕으로 조도 제어시 특성을 비교 및 분석하였다.

1. 서 론

MHL는 고효율과 좋은 연색성, 광효율 상승 등의 장점으로 인해 조명 분야에서 관심의 대상이 되고 있다. 주로 가로등 및 옥외 조명 등에 사용되었으나, 최근에는 교통 조명, 스포츠 조명, 상업 조명등 다양한 곳으로 사용 범위가 확대되고 있다. MHL를 점등시키기 위해서는 방전관의 절연 파괴를 위한 고전압 발생과 점등시 부정 저항 특성에 의한 과전류 제한을 위해 안정기가 필요하다[1].

MHL를 위한 안정기에는 크게 전자식 안정기와 자기식 안정기로 구분된다. 자기식 안정기는 인덕터와 커패시터를 사용한 수동 소자 회로로써 저단가이며 신뢰성이 뛰어난 장점이 있다. 그러나 저효율과 안정기의 부피가 커짐은 물론 중량이 무거워 설치에 제약 조건이 많은 단점이 있다. 반면 전자식 안정기는 소형 및 경량화가 가능하고 광효율을 20~30% 향상시킬 수 있는 장점이 있지만, 반도체 소자의 사용으로 신뢰성이 떨어지고 단가가 상승하는 단점이 있다.

최근 에너지 절약과 관련하여 효율에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 대규모 조명 설비가 시설된 장소에 대해서 자연 조도 등의 주변 조건에 따라 램프의 광 출력을 제어함으로써 전력 소비를 절감하기 위한 조도 제어 방법에 대한 관심과 연구가 활발히 진행되고 있다[2]. 자기식 안정기의 경우 조도 제어 방법은 크게 두 가지로 구분된다. 첫 번째 방법은 슬라이드스를 AC 전원에 연결하여 제어 스위치를 가변하게 되면 2차측 전압이 낮아지게 되어 램프로 공급되는 전력이 감소하는 방법이다. 두 번째 방법은 기계식 릴레이 또는 SSR을 사용하여 램프와 직렬 연결된 인덕터의 값을 가변함으로써 램프로 흐르는 전류를 제어하는 방법이다[3]. 전자식 안정기의 조도 제어 방법에는 크게 2가지 방법이 사용된다. 첫 번째 방법은 하프 브리지 인버터의 스위칭 주파수 가변이다. 스위칭 주파수를 가변하게 되면 LCC 공진 커브에서 동작주파수를 이동으로 램프로 공급되는 전류의 양이 가변된다. 두 번째 방법은 DC-Link의 전압을 가변하는 방법이다. 인버터에 공급되는 전압을 변동시키면 결과적으로 인버터의 출력 전압이 변동되어 램프로 공급되는 전압이 변동하게 된다[4].

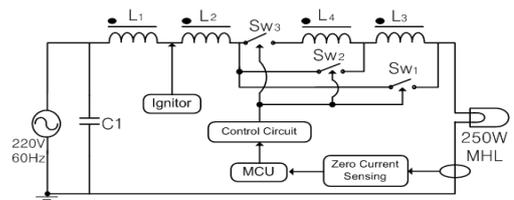
본 논문에서는 동일한 램프로 대하여 자기식 안정기는 인덕터의 값을 가변하는 방법을 적용하였고 전자식 안정기는 스위칭 주파수를 가변하는 방법을 적용하였다. 실험을 통하여 250Watt MHL용 자기식과 전자식 안정기에 의한 조도 제어 특성을 분석하여 성능을 비교하였다.

2. 본 론

자기식 안정기는 고정된 주파수에서 인덕턴스의 변화로 램프로 공급되는 전류를 제한하여 전력을 조절하는 방식이다. 전자식 안정기는 고정된 인덕턴스에서 구동 주파수 가변을 통해 램프로 공급되는 전류를 제한하여 전력을 조절하는 방식을 채택하였다.

2.1 자기식 안정기

조도 제어형 자기식 안정기의 블록도는 그림 1과 같다.

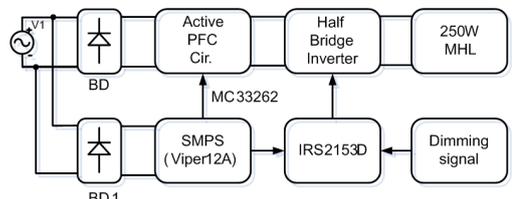


〈그림 1〉 조도 제어형 자기식 안정기의 블록도

그림 1은 일반적인 자기식 안정기에 가변 인덕터, 스위치 구동부 그리고 MCU(Micro-Controller Unit)를 추가하여 제작한 조도 제어형 자기식 안정기이다. 조도 제어의 원리는 직렬 연결된 인덕터를 MCU를 이용하여 기계식 릴레이를 구동시켜 인덕턴스를 가변하는 방식이다. L1과 L2를 통해 램프로 100%의 전력이 공급되며 L1, L2 그리고 L3를 통해 80%의 전력이 램프로 공급된다. 위와 같이 가변된 인덕턴스에 의해 램프로 공급되는 전류를 제한하여 출력 전력을 조절하였다.

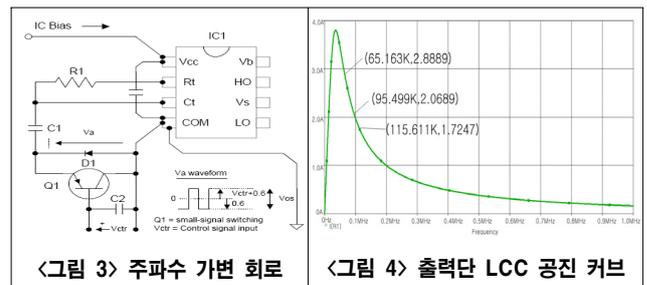
2.2 전자식 안정기

조도 제어형 전자식 안정기의 블록도는 그림 2와 같다.



〈그림 2〉 조도 제어형 전자식 안정기의 블록도

그림 2는 스위칭 주파수를 가변하여 램프로 공급되는 전력을 제어하는 방식의 조도 제어형 전자식 안정기이다. 조도 제어의 원리는 하프 브리지 인버터의 스위칭 주파수 가변을 통해 출력단의 LCC 공진 커브에서 동작주파수를 이동하는 것이다. Drive IC는 IR社의 IRS2153D를 사용하였다. 그림 3은 IRS2153D의 주변 회로를 수정하여 발진 주파수를 가변할 수 있도록 수정한 회로이다[5].



〈그림 3〉 주파수 가변 회로

〈그림 4〉 출력단 LCC 공진 커브

그림 3에서 C₂ 양단에 MCU에 의해 Vctr을 인가하여 주파수를 가변시켰다. 그림 4에 Pspice를 이용하여 전자식 안정기의 출력

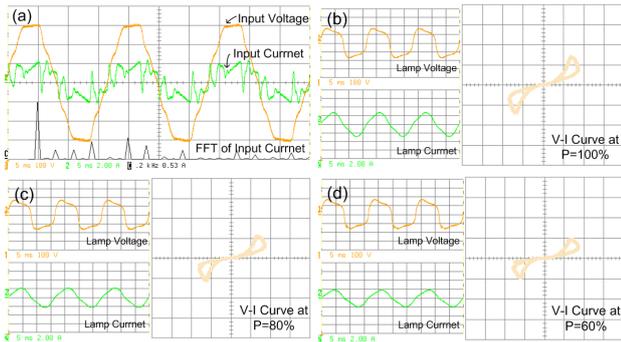
단 LCC 공진 커브를 나타내었다. 스위칭 주파수가 65kHz일 때 100%, 95.5kHz일 때 80% 그리고 115.6kHz일 때 60%의 전력이 램프로 공급된다.

2.3 실험 결과 및 검토

실험에 사용된 250W MHL는 오스람에서 제조된 MT250W 사용하였으며, 측정에 사용된 오실로스코프는 Lecroy사의 LC574A이다. 또한 전력 분석계(Xitron 2551)를 사용하여 역률 및 THD 측정하였다.

2.3.1 자기식 안정기

그림 5(a)는 입력 전압과 전류 그리고 전류의 FFT를 측정한 파형이며 그림 5(b)~(d)는 입력 전력이 100%, 80%일 때 램프의 관전압과 관전류 그리고 V-I 커브를 측정한 파형이다.

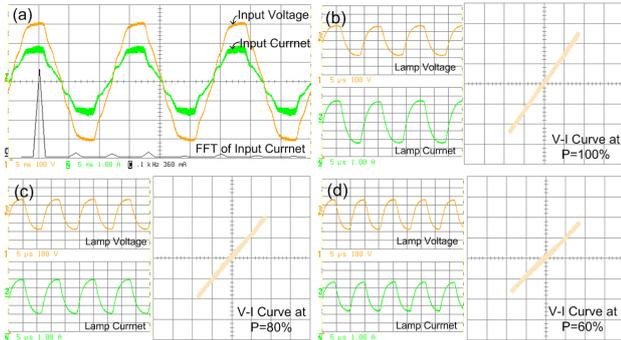


<그림 5> (a) 입력 전압/전류, 전류의 FFT(0.2kHz/0.53A) (b) P=100%, (c) P=80%, (d) P=60% 일 때 관전압/전류, V-I 커브

그림 5(a)의 파형에서 역률 보상용 커패시터에 의해 입력 전류의 왜곡이 크게 발생하여 입력 전류 THD가 높음을 알 수 있다. 그림 5(b)~(d)를 통해 입력 전력의 변화에 따른 출력단의 특성을 알 수 있다. 관전류는 순수한 정현파이지만 관전압이 구형파의 형태이므로 많은 고조파가 포함되어 있어 효율이 낮아지게 된다. 입력 전력의 60% 이하로 전력을 제어했을 때에는 램프가 깜빡이는 플리커 현상 발생 후 소등되었다. 따라서 자기식 안정기로 조도 제어시 범위는 입력 전력의 60% 정도가 적당하다.

2.3.2 전자식 안정기

그림 6(a)~(d)는 자기식 안정기와 동일한 조건에서 측정된 파형이다.



<그림 6> (a) 입력 전압/전류, 전류의 FFT(0.1kHz/0.36A) (b) P=100%, (c) P=80%, (d) P=60% 일 때 관전압/전류, V-I 커브

그림 6(a)에서 자기식 안정기에 비해 전압과 전류의 왜곡이 거의 발생하지 않았으며 입력 전류의 THD를 통해서도 알 수 있다. 이로 인해 입력 전류의 THD가 낮으며 역률도 증가하게 된다. 그림 6(b)~(d)를 통해 조도 제어시 전자식 안정기의 출력단 특성을 알 수 있다. 스위칭 주파수가 증가함에 따라 V-I 커브의 기

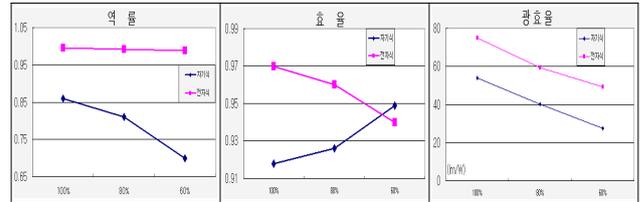
울기가 감소한다. 이는 램프로 공급되는 전류의 감소를 의미하며 조도 제어가 이루어지는 것을 알 수 있다. 또한 관전압과 관전류의 파형의 왜곡없이 순수 저항성 부하로 보이기 때문에 효율이 상승하게 된다.

2.3.3 특성 비교

표 1은 자기식 안정기와 전자식 안정기의 조도 제어시 조도, 역률, 효율, 광효율 그리고 THD에 대해서 측정된 결과이다.

<표 1> 자기식 안정기와 전자식 안정기 측정 결과

		100%		80%		60%	
		자기식	전자식	자기식	전자식	자기식	전자식
입력	전압 (V_i)	221.1	220.1	220.5	220.4	221.0	220.5
	전류 (I_i)	1.307	1.16	1.101	0.89	0.995	0.74
	전력 (P_i)	254.4	254.1	195.2	195.2	161.12	161.5
출력	전압 (V_o)	131.3	132.9	127.7	130.2	125.3	126.2
	전류 (I_o)	1.854	1.852	1.506	1.451	1.275	1.203
	전력 (P_o)	233.6	246.1	180.8	188.9	153.0	151.8
조도(cd)		12600	18400	7270	11200	4210	7450
역률(PF)		0.86	0.995	0.81	0.992	0.7	0.988
효율(η)		0.918	0.97	0.926	0.96	0.949	0.94
광효율(lm/W)		53.94	74.77	40.21	59.28	27.51	49.07
THD(V)		5.12%	4.54%	5.2%	4.67%	5.3%	4.59%
THD(I)		52.9%	8.5%	72.5%	9.08%	90.1%	10.1%



전자식 안정기는 자기식 안정기에 비해 스위칭 주파수가 높기 때문에 조도가 높게 측정되었으며 능동 PFC 회로의 사용으로 역률도 1에 가깝다. 또한, 입력/출력단에서 발생하는 고조파의 양이 적기 때문에 효율도 우수하다. 반면, 자기식 안정기는 60%로 조도 제어시 전자식 안정기보다 효율이 높게 측정되었다. 전자식 안정기의 경우 60% 조도 제어시 입력 전류의 THD가 10% 이하로 발생하였지만 자기식 안정기의 경우 최대 90% 발생하였다.

3. 결론

본 논문에서는 MHL용 자기식과 전자식 안정기에 의한 조도 제어 특성을 비교 및 분석 하였다. 표 1의 전자식 안정기와 자기식 안정기의 비교 데이터에서도 알 수 있듯이 효율, 광효율, 역률 그리고 입력 전류의 THD 등 거의 모든 부분에서 전자식 안정기의 성능이 우수하였다. 그러나 자기식 안정기의 단가 측면에서 전자식 안정기에 비해 약 2배 이상 저렴하며 신뢰성이 높다. 따라서 신뢰성을 중요시되는 경기장이나 공연장 등에서는 자기식 안정기로 조도 제어를 하고 고효율 및 낮은 THD를 요구하는 생산 설비 공장 등에서는 전자식 안정기로 조도 제어를 하는 것이 적합하다고 사료된다.

[참고 문헌]

- [1] 박종연, 이봉진, "주파수 변조 기법을 이용하여 음향 공명 현상을 제거한 1[kW] 메탈 할라이드 램프용 전자식 안정기 개발", 한국조명·전기설비학회, Vol.22, No.2, pp.10~18, 2008
- [2] Wei Yan, Hui, S.Y, "An analysis into the dimming control and characteristic of discharge lamps", Power Elec., IEEE Transactions on, Vol.20, Issue 6, pp.1423-1440, Nov.2006
- [3] R.G.Gibson, "Dimming of Metal Halide Lamps", Journal of the IES, Annual Conf., 1993
- [4] 박종연, 박영길, 정동렬, 김한수 "250W MHL용 Buck Type 전자식 안정기 및 Dimming 시스템 개발", 전력전자학회 논문지, 제 7권 제 1호 pp. 30~40, 2002, 2
- [5] John Parry, "Variable Frequency Drive using IR215x Self-Oscillating IC's", International Rectifier, Design Tip 98-1