

메탈헬라이드 램프의 이그니션 특성 분석

방선배, 김종민, 한운기, 임병노*
전기안전연구원, 강원대학교*

Ignition Characteristics of Metalhalide Lamp

Sun-Bae Bang, Chong-Min Kim, Woon-Ki Han, Byoung-Noh Lim*
Electrical Safety Research Institute, Kangwon National Univ.*

Abstract - 본 논문은 메탈헬라이드 램프들의 이그니션 특성 비교 분석을 위하여 이그니션 구간에서의 전압, 전류 및 순시임피던스(time varying resistance), 순시전력(time varying power)을 측정하고 분석하였고, 측정 및 분석을 위하여 램프의 종류(B형, BT형)와 제조회사가 다른 램프 6종을 선택하여 사용하였다. 분석결과, 제조회사별, 램프 상태 등에 따라 이그니션 특성이 매우 상이하게 나타났으며, 대부분의 램프 이그니션 전류가 40[A]를 상회하고 있고, 특히 몇몇 램프의 이그니션 전류는 50[A] 이상으로 나타났다. 따라서 메탈헬라이드 램프들의 이그니션 전류는 정상상태보다 큰 이그니션 전류 및 순시전력이 발생되고 있음을 알 수 있었다.

따라서 본 연구 결과는 전자식 안정기 설계 시, 특정 램프 뿐만 아니라 여러 램프의 이그니션 전류를 만족하는 설계가 필요하며, 메탈헬라이드 램프 시공 시, 램프의 이그니션 구간에서 발생하는 1~2[W] 고전압 및 50[A] 이상의 대전류에 따른 적절한 안전사고 대책 및 관동회로의 절연, 전선 굵기 선정이 필요한 것으로 나타났다.

1. 서 론

경제성장에 따라 야간활동 인구증가 및 체육활동에 대한 관심 증대에 따라 생활 편의를 위한 조명시설은 점점 증가하고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 좋은 색상과 우수한 광효율을 갖고 있어 야간활동을 위해 가장 많이 사용되고 있는 고압방전램프 중 메탈헬라이드 램프의 이그니션 전압, 전류 특성에 대하여 분석하였다.

고압방전램프의 점등은 이그니션 단계(ignition phase), 상태이전 단계(Take-over phase), 정상상태전입 단계(Run-up phase), 점등 단계(Burn phase)로 나눌 수 있다. 이그니션 상태는 글로우(glow)방전과 아크(arc)방전이 공존하는 상태로서 방전 튜브의 압력, 봉입가스, 램프 온도 등에 따라 고전압 및 상이한 전류 특성이 나타나게 된다.[1][2] 이로 인하여 이그니션 전압, 전류는 비선형성을 갖게 되어 실험치 계산이 의미가 없기 때문에 본 논문에서는 이그니션 상태의 전압, 전류를 sampling하여 순시저항과 순시전력을 Matlab으로 계산하여 이그니션 상태의 전압, 전류 특성을 분석하였다

현재 메탈헬라이드 램프용 안정기는 자기식 안정기를 주로 사용하고 있으며, 전자식안정기는 거의 사용되지 않고 있는 실정이고 불안정한 상태이다. 따라서 본 논문에서 제시한 이그니션 전압, 전류에 대한 특성 분석은 전자식 안정기 개발에 있어서 매우 중요한 부분이며, 1~2[W] 고전압 및 40[A] 이상의 대전류 발생에 따른 안전사고 대책, 관동회로의 절연, 전선 굵기 선정과 관련된 기본 자료로써 매우 중요할 것으로 판단한다.[3]

2. 본 론

실험 및 측정에 사용된 메탈헬라이드 램프는 6종으로

써 표 1과 같고, 자기식 안정기는 Choke Coil형(CCP형)을 사용하였다. 사용된 램프 및 안정기는 일반 시중에서 많이 판매되고 있는 제품을 선정하였으며, 특정 제조회사와 관계없이 임의로 선정하였다.

표 1 실험용 램프 샘플의 사항

No	형 식	제조회사
A	MH 400W B형	SL사
B	MH 400W BT형	CT사
C	MH 400W B형	GS사
D	MH 400W BT형	OS사
E	MH 400W B형	PL사
F	MH 400W B형	DS사

측정은 오실로스코프 Lecroy 6033과 Differential probe ADP305, current probe AP105를 사용하였으며, 안정기에 램프를 연결하고 전원이 투입되는 순간을 Trigger하여 이그니션 전압, 전류를 측정하였다. 램프의 상태 변화에 따른 특성 변화를 방지하기 위하여 점등 후에는 램프가 정상상태가 될 수 있도록 20분 이상의 휴지 시간을 갖도록 하였다.

2.1 실험용 안정기의 구조 및 동작 특성

메탈헬라이드램프는 부정저항 특성을 갖고 있으며, 이러한 전기적 특성으로 인하여 반드시 안정기가 요구된다. 메탈헬라이드램프는 초기 점등을 위하여 최소 1[W] 이상의 높은 이그니션 전압과 점등 유지를 위하여 필요한 큰 이그니션 전류(Run-up)가 필요하여 별도의 점등 회로를 갖게 된다.[4][5]

본 연구에 사용한 실험용 안정기는 저주파수로 동작하는 자기식 안정기이며, 구조는 그림 1과 같다.

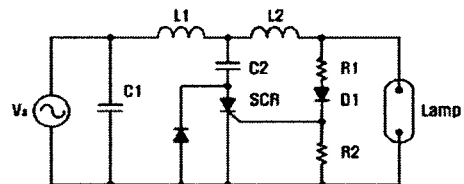


그림 1 실험용 안정기의 구조

정상상태에서는 L1과 L2 및 역률 개선용 커패시터 C1만이 관여하여 램프에 전력을 공급한다. 이그니션 상태에서는 램프가 open 상태이며, R1과 R2의 전압분배에 의해 SCR이 턴-온하게 되고 L1과 C1에 전류 루프가 형성된다. SCR이 턴-온 되는 순간 L1과 C1은 Damping 현상이 발생되고, 이러한 Damping으로 인해 발생하는

고전압을 이용하여 점등하게 된다. L1과 L2는 단권변압기의 구조를 갖고 있으며, L1의 양단 전압의 턴-수비에 의하여 L2에 고전압을 형성시키게 된다. L1의 양단 전압은 식 (1)과 같다.

$$V_{L1} = \frac{s^2}{s^2 + \frac{R}{L_1}s + \frac{1}{L_1 C_1}} \cdot \frac{V_s}{s} \quad (1)$$

램프 양단에 형성되는 전압은 트랜스포머 L1, L2 턴-수비에 의해 결정되며, 식 (2)과 같다.

$$V_{Lamp} = (V_d + V_R) - nV_{L2} \quad (2)$$

2.2 이그니션 전압, 전류 특성 분석

메탈헬라이드램프의 이그니션 전압, 전류는 램프 및 안정기의 수명, 고전압 발생으로 인한 안전 측면, 관동회로의 전선굵기 선정 등의 측면에서 매우 중요하다.

그림 2는 램프 6종에 대한 이그니션 전압, 전류를 측정된 파형이며, 각각의 램프마다 전압, 전류 특성이 매우 상이함을 알 수 있다.

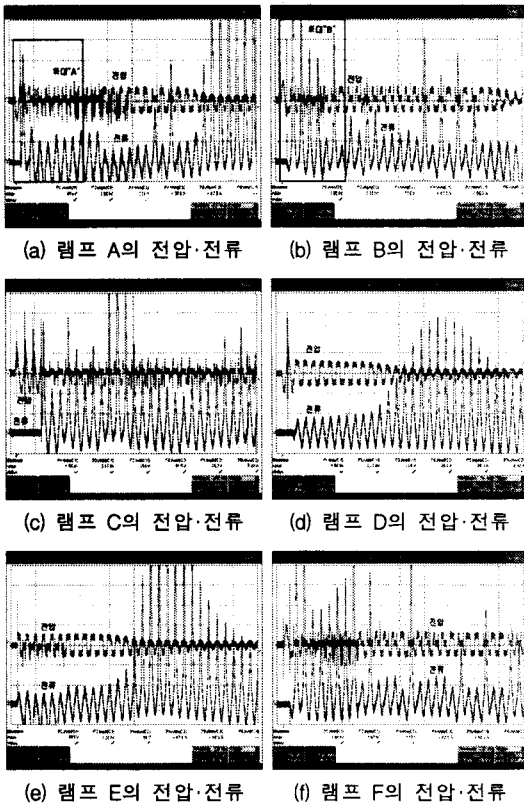


그림 2 램프 종류에 따른 이그니션 전압·전류 파형 (350V/div, 5A/div)

그림 2에서와 같이 측정된 램프는 1회 또는 2회 이내의 이그니션 전압 발생으로 램프는 점등되었으나, 이그니션 전류는 수 회 또는 수십 회가 발생되고 있음을 알 수 있다.

그림 3과 그림 4는 그림 2의 램프 A와 램프 B의 이그

니션 전압, 전류 파형을 확대한 것이다.

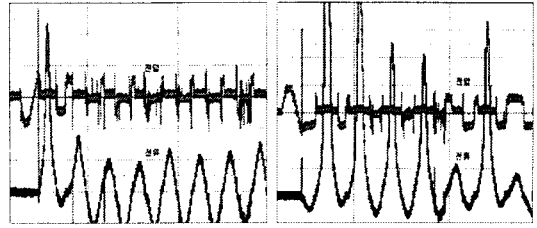


그림 3 "A"의 확대 (350V/div, 5A/div)

그림 4 "B"의 확대 (350V/div, 5A/div)

램프 A의 이그니션 전압은 1.98[kVpk-pk]로 나타나고 있으며, 이그니션 전압 발생에 따라 35[A] 이상의 이그니션 전류가 램프로 공급되고 있다. 또한 램프 B의 이그니션 전압은 1.44[kVpk-pk]로 나타나고 있으며, 이그니션 전압 발생에 따라 35[A] 이상의 이그니션 전류가 램프로 공급되고 있음을 알 수 있다.

램프 상태에 따라 큰 전류(run-up)가 불규칙적으로 공급되고, 큰 전류로 인하여 이그니션 전압이 강하여져 큰 전류 발생 시에는 전압이 형성되지 않고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 2에서와 같이 이그니션 전류의 일정 부분은 오실로스코프의 측정 범위를 벗어나고 있어 측정이 불가능한 상태라서 측정된 전류보다 더욱 더 큰 전류가 공급되고 있음을 알 수 있다.

표 2는 그림 2의 램프 6종에 대하여 측정된 이그니션 전압, 전류의 전기적 특성을 정리하여 나타내었다.

표 2 이그니션 전압·전류 특성

램프	이그니션 전압			이그니션 전류	
	Vmax [W]	Vpkpk [W]	Vrms [V]	Imax [A]	Ipkpk [A]
A	0.94	1.98	111	38.1	47.5
B	1.05	1.44	119	43.1	56.3
C	1.08	2.17	104	41.5	49.3
D	1.07	2.17	115	29.1	35.1
E	0.77	1.24	94	43.1	56.3
F	1.05	1.67	117	43.1	48.2

이그니션 전압 중 Vmax는 0.77-1.08[W]로 측정되었으며, Vpkpk는 1.24-2.17[W], Vrms는 94-119[V]로 측정되었다. 이그니션 전류 중 Imax는 29.1-43.1[A]로 측정되었으며, Ipkpk는 35.1-56.3[A]로 측정되었다.

2.3 순시저항, 순시전력 특성 분석

메탈헬라이드 램프의 이그니션 상태에서는 글로우(glow)방전과 아크(arc)방전으로 인하여 그림 2와 같이 전압, 전류가 비선형성을 갖게 된다. 따라서 이그니션 상태의 전 구간에서는 전압, 전류의 실효치 계산이 불필요하며 의미가 없다.

본 논문에서는 이그니션 전압, 전류 특성을 순시적인 관점으로 계산하기 위하여 그림 2에서 측정된 이그니션 전압, 전류를 sampling하였고, Matlab 프로그램에 의하여 $R(t) = V(t)/I(t)$ 의 순시저항과 $P(t) = V(t)I(t)$ 의 순시전력을 계산하였다. 계산된 순시저항과 순시전력으로 각각의 시간에 대한 이그니션 전압, 전류 특성을 정확히 판단할 수 있다.

그림 5는 측정된 그림 2의 이그니션 전압, 전류 파형을 Matlab 프로그램을 이용하여 순시저항으로 표현한 것이다.

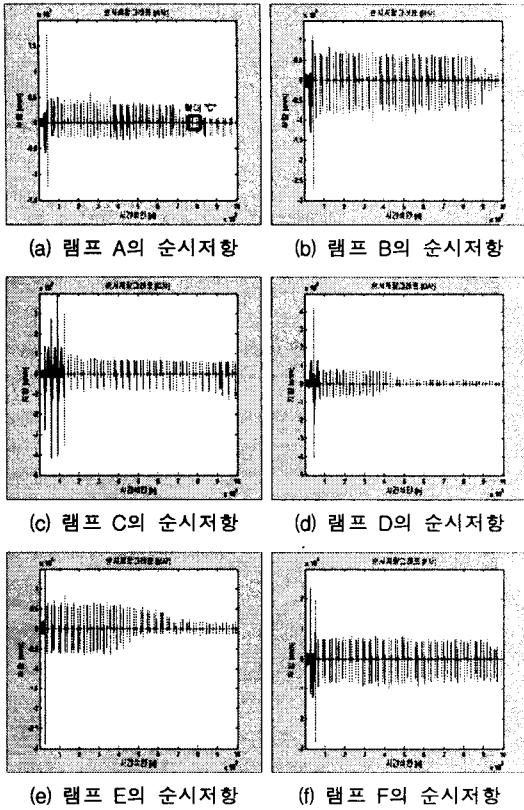


그림 5 램프 종류에 따른 이그니션 순시저항

그림 5와 같이 순시저항은 램프 종류별 많은 차이를 보이고 있다. 최대 저항 값은 500~5,000[Ω] 까지 나타나고 있으며, 최소저항은 0[Ω]에 매우 가까이 나타나고 있음을 알 수 있다.

그림 6은 순시저항의 최소치를 확인하기 위하여 램프 A사의 "C", "D" 부분을 확대한 그림이다.

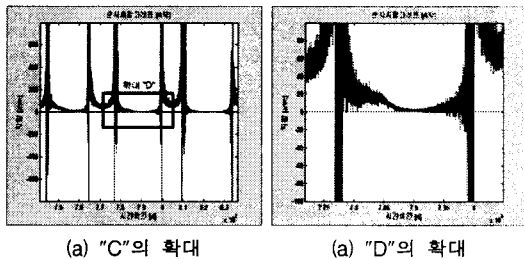


그림 6 이그니션 순시저항의 확대 파형

일반적으로 안정기 설계 시, 램프 저항을 20[Ω] 정도로 계산하고 있으나, 그림 6에서와 같이 이그니션 상태에서의 최소 저항은 1~3[Ω] 정도로 나타나고 있으며 매우 불규칙적으로 변하고 있음을 확인할 수 있다. 이때 램프 공급 전류도 매우 크게 되고 불규칙적이 된다. 이러한 전류는 글로우(glow)방전과 아크(arc)방전 상태에서 방전상태를 유지하기 위한 전류이며, 램프 상태에 따라 매우 상이하게 나타난다.

그림 7은 측정된 그림 2의 이그니션 전압, 전류 파형을 Matlab 프로그램을 이용하여 순시전력으로 표현한 것이다.

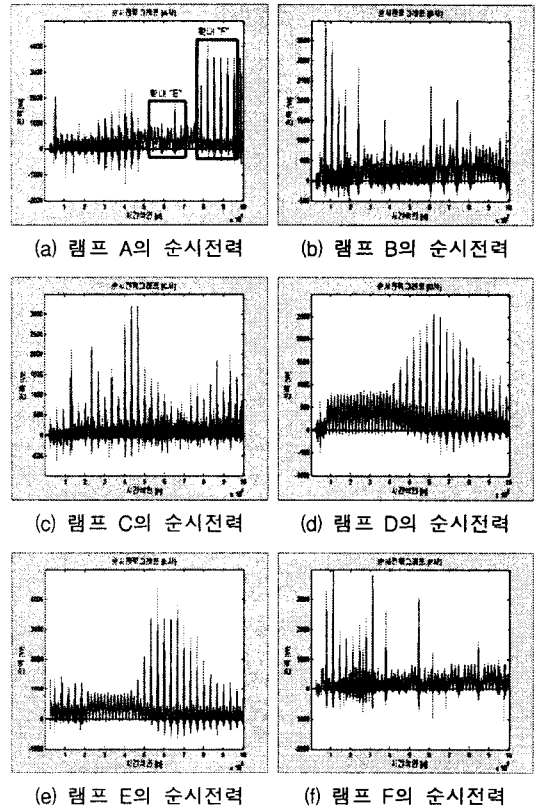


그림 7 램프 종류에 따른 이그니션 순시전력

그림 7과 같이 이그니션 상태에서의 순시전력은 400[W]에서부터 4,000[W] 이상까지 나타나고 있음을 알 수 있고, 그림 2에서와 같이 이그니션 전류가 오실로스코프의 측정 범위를 벗어나고 있어 순시전력의 최대값은 더욱더 큰 값을 나타낼 것으로 판단된다.

그림 8은 순시전력의 최대치, 전력의 형태를 판단하기 위하여 램프 A사의 "E", "D" 부분을 확대한 그림이다.

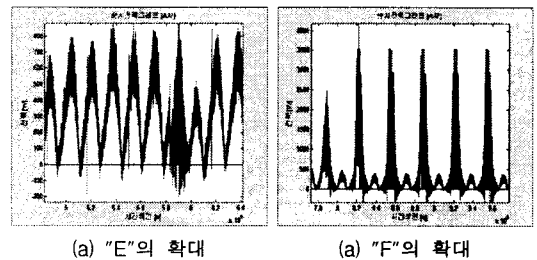


그림 8 이그니션 순시전력의 확대 파형

그림 8과 같이 이그니션 상태에서의 램프 순시전력은 정상적인 전력 공급이 나타나는 부분이 있으나, 램프의 낮은 저항으로 대전류가 흐르는 구간에서는 4,000[W] 이상의 순시전력이 매우 불규칙적으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 순시전력은 전류 및 저항의 관계로 계산할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 고압방전램프 중 메탈헬라이드 램프의 이그니션 전압, 전류를 측정 분석하였으며, Matlab 프로그램을 이용하여 이그니션 상태의 순시저항(time varying resistance), 순시전력(time varying power)을 계산하여 이그니션 상태의 전압, 전류, 저항, 전력 특성을 분석하였다.

분석결과, 메탈헬라이드램프는 램프 제조회사별, 램프 상태에 따라 이그니션 특성이 매우 상이함을 알 수 있었으며, 램프 공급전류는 글로우(glow)방전, 아크(arc)방전으로 불규칙적인 40[A] 이상의 큰 전류(run-up)가 발생되고, 큰 전류로 인하여 이그니션 전압이 강하여 전압이 형성되지 않고 있음을 알 수 있었다. 이그니션 전압 중 V_{max} 는 0.77-1.08[W], V_{pkpk} 는 1.24-2.17[W], V_{rms} 는 94-119[V], 이그니션 전류 중 I_{max} 는 29.1-43.1[A], I_{pkpk} 는 35.1-56.3[A] 발생되고 있음을 알 수 있었다.

일반적으로 램프 저항을 20[Ω] 정도로 계산하고 있으나, 순시저항은 램프 종류별 많은 차이를 보이고 있으며, 최대 저항 값은 500-5,000[Ω], 최소 저항값은 1-3[Ω] 정도로 나타나고 있고 매우 불규칙적으로 변하고 있음을 확인할 수 있다.

이그니션 상태에서의 램프 순시전력은 정상적인 전력 공급이 나타나는 부분이 있으나, 램프의 낮은 저항 구간에서는 대전류가 공급되며 4,000[W] 이상의 순시전력이 램프로 공급되고 있음을 알 수 있다.

따라서 본 연구는 전자식 안정기 설계 시, 많은 설계자에게 도움이 될 것으로 판단되며, 고압방전램프 시공 시, 1-2[W] 고전압 및 40A 이상의 대전류에 따른 안전사고 대책 및 관동회로의 절연, 전선 굵기 선정에 많은 도움이 될 것으로 판단한다.

본 연구는 한국전기공사협회의
지원에 의하여 수행되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] Chr. Meyer, H. Nienhuis, "Discharge Lamps", Philips Technical Library, pp.215-248, 1988.
- [2] 백수현, 송진호, 이형수, 김대경, "가로등 안전관리대책 학술연구 용역", 서울특별시, 대한전기학회, pp.179-235, 2002. 9
- [3] 박종연, 정광현, "케이블 길이에 따른 HID 램프용 안정기의 특성분석", 한국조명·전기설비학회, Vol.20, No.6, pp.9-17, 2006. 7
- [4] Wei Yan, S.Y.R.Hui, "A Universal Pspice Model for HID Lamps", IEEE, 권호, 페이지, 출판년도
- [5] 장목순, 조계현, 조호찬, 박종연, "HID Lamp용 전자식 안정기의 시뮬레이터 개발" 한국조명·전기설비학회, Vol.16, No.2, pp.1-8, 2002. 3