

유도등의 안정성 해석에 관한 연구

A Study of Stability Analysis for Exit Light

정종진* · 사공성호**

Jung, Jong Jin · Sakong, Seong Ho

Abstract

In this study, Standards of Lighting Appliance and Standard of Model Approval and Inspection Technology for EXIT LIGHT are compared so as to analyze stability of a exit light which is fire product. Test items, which are not included in Standard of Model approval and Inspection Technology for EXIT LIGHT, are deduced from aforementioned comparison and analysis. Also the derived test items are experimented with a exit light. For a power factor correction, a power factor correction circuit is designed and power factor, crest factor, asymmetry ratio, luminance variation are analyzed. In order to show the validity of designed circuit, current waveform and voltage waveform are measured.

Key words : Exit Light, Power factor correction, Crest factor, Lamp current, Luminance, Stability analysis

요 지

본 연구에서는 소방제품인 유도등의 안정성 분석을 위하여 일반조명기기의 기준과 유도등의 형식승인 및 검정기술기준을 비교하였다. 유도등의 형식승인 및 검정기술기준에는 없는 시험항목을 도출하였다. 또한 도출된 시험항목으로 유도등을 대상으로 실험을 수행하였다. 역률을 보상하기 위하여 역률보상회로를 설계하였고 역률, 파고율, 비대칭율, 휘도의 변화를 분석하였다. 설계된 회로의 타당성을 검증하기 위하여 전압과 전류의 파형을 측정하였다.

핵심용어 : 유도등, 역률보상, 파고율, 램프전류, 휘도, 안정성 해석

1. 서 론

21세기에 들어서면서 과학문명의 발달로 초고층 건축물과 다양한 형태의 대형공간 건축물들이 건립되고 있다. 또한 이들 건축물에는 IT 기술이 접목되면서 유비쿼터스 기능을 갖는 다양한 시설물이 설치되고 있다. IT기술은 인간의 안전분야에도 접목되어 건물 전체를 통제할 수 있는 U-건물들이 속속 등장하고 있다.

이러한 새로운 기술은 화재나 재난 시 인간을 안전하게 보호하는 기능에 초점이 맞추어져 있다.

그러나 궁극적으로 대피는 인간의 행동에서 이루어지며 다른 무엇보다 중요하다. 이런 인간의 대피를 안내해 주는 1차적 기능을 가진 소방제품이 바로 유도등이라 하겠다.

유도등도 근래에 들어 다양한 과학기술과 접목이 되면서 여러 가지 기능을 가진 제품으로 발전하고 있다. 주 기능은 형광등이나 CCFL 등과 같은 광원을 이용하여 빛을 발산하여 대피 안내를 하는 것이며 광원을 이용한다는 측면에서는 조명기기의 기능을 상당 부분 가지고 있다. 또한 최근에 다

양한 광원이 개발되어 유도등에 사용되고 있으며 이 광원을 구동하기 위한 각종 구동회로도 다양하게 개발되고 있다.

2004년부터 평상시에는 유도등이 소등된 상태로 있다가 화재 시에 점등되도록 하는 기준이 상시점등으로 개정되면서 유도등의 수명 등 안정성에 대한 많은 우려와 관심이 모아지고 있다(소방방재청, 2006). 이런 우려는 소방산업시장의 규모가 작음에다 치열한 가격경쟁으로 그 단가가 낮아지고 있는데서 기인한다.

따라서 본 연구에서는 유도등의 구조와 원리 등을 해석하고 이를 바탕으로 유도등의 수명과 관련된 광원의 전기적 특성을 고찰하고자 한다. 전기적 특성을 파악하기 위하여 유도등의 형식승인 및 검정기술기준(이하“검정기술기준”이라한다)에서 다루지 않는 시험항목을 일반적인 조명기기의 기준과 비교·분석하여 도출하였다. 이들 시험항목에 대하여 유도등 광원의 전기적 특성을 분석하였고 또한 역률에 대해서는 역률개전 전·후의 특성을 분석하여 휘도 등에 미치는 영향을 고찰하였다.

*정회원 · 한국소방검정공사 소방기술연구소 팀장(E-mail : samjung@hanmail.net)

** 한국소방검정공사 소방기술연구소 소장

2. 유도등의 개요

2.1 유도등의 정의

유도등은 「소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률」 제36조제5항 및 동법시행령 제37조의 규정에 의한 검정기술 기준의 제2조에 다음과 같이 정의한다(소방방재청, 2005).

「유도등이라 함은 화재시에 긴급대피를 안내하기 위하여 사용되는 등으로서 정상상태에서는 상용전원에 의하여 켜지고, 상용전원이 정전되는 경우에는 비상전원으로 자동전환되어 켜지는 등을 말한다.」

2.2 유도등의 구조

유도등은 크게 3개의 부분으로 나눌 수 있다. 외함의 표시면, 광원, 구동회로 등으로 구분할 수 있다.

2.2.1 표시면

피난구나 피난방향을 안내하기 위한 문자 또는 부호 등이 표시된 면을 가리키며 국제표준화기구(ISO)의 기준에 의한 그림문자와 식별이 용이하도록 비상문, 비상탈출구, EXIT, FIRE EXIT 또는 화살표 등과 함께 표시할 수 있다.

유도등 표시면의 크기에 따라 유도등의 크기를 대형, 중형, 소형으로 구분되며 색상은 피난구유도등인 경우 녹색바탕에 백색문자로, 통로유도등인 경우는 백색바탕에 녹색문자를 사용하여야 한다.

2.2.2 광원

유도등의 광원은 검정기술기준에는 별도로 정해진 것이 없으며 다만 유도등의 평균휘도에 관한 규정이 크기별로 정해져 있다. 과거 다양한 광원이 출현하기 전에는 대부분이 형광램프를 유도등의 광원으로 사용하였으나 2000년 이후 노트북 등의 LCD back-light용으로 사용되던 냉음극형광램프(CCFL)가 새로운 광원으로 대두되면서 유도등에 사용되어 현재 형광램프를 CCFL로 완전히 대체되어 사용되고 있다. 또한 고출력-LED와 고휘도 LED가 간판의 내온사인과 신호등, 조명기기 등에 사용되면서 LED를 광원으로 하는 유도등이 속속 개발되어 시판되고 있다(장우진 등, 2006; 김래현 등, 2006). 이렇듯 유도등의 광원은 새로운 광원이 출현할 수 록 다양해 질 것으로 여겨진다.

표 1. 표시면의 크기에 따른 유도등의 분류

종 별	1대1 표시면 (mm)	기타 표시면		
		짧은변 (mm)	최소면적 (m ²)	
피난구 유도등	대형	250이상	200이상	0.10
	중형	200이상	140이상	0.07
	소형	100이상	110이상	0.036
통로 유도등	대형	400이상	200이상	0.16
	중형	200이상	110이상	0.036
	소형	130이상	85이상	0.022

2.2.3 구동회로

구동회로라 함은 유도등에 사용되는 광원을 제어하기 위한 회로를 말하며 광원의 종류에 따라 구동회로의 구성은 차이가 난다. 현재까지 사용되어진 구동회로는 형광램프 구동회로와 CCFL 구동회로, LED구동회로 등이 있다. 형광램프와 CCFL은 서로 다른 광원이나 전극에서의 방전에 의한 점등이라는 점에서 유사한 점이 많고 구동회로의 구성도 유사한 점이 있다. 반면에 LED는 형광램프나 CCFL과는 전혀 다른 반도체 소자로 구성되어 있으므로 구동회로도 앞선 두 개의 구동회로와 차이가 난다.

구동회로는 입력단의 AC전압을 DC로 변환하는 정류기부와 정류된 DC전압을 다른 크기의 DC전압으로 변환하는 DC/DC컨버터와 광원의 종류에 따라 고압의 AC전압으로 다시 변환하는 DC/AC부로 구성된다.

3. 실험

3.1 실험항목

검정기술기준(KOFEIS 0401)에 없는 광원의 전기적 특성에 관한 기준을 도출하기 위하여 국내의 전기용품안전인증기준 중에서 램프구동장치 기준인 KS C IEC 61347-1, KS C IEC 61347-2-3, KS C IEC 61347-2-10, KS C IEC 60929와 KS 표시인증기준에서 형광램프와 안정기 기준인 KS C 7601, KS C 8100, KS C 8102, KS C 61000-3-2, 고효율에너지기자재인증기준 중에서 26 mm 32W 형광램프, 형광램프 안정기 등 3개의 기준을 대상으로 검토하여 3개의 시험항목을 도출하였다.

위에서 도출된 3개의 시험항목은 역률, 파고율과 비대칭율이다. 또한 기존 유도등의 회로에 역률보상회로를 추가로 설계·제작하여 유도등의 회로에 역률보상회로를 추가했을 때와 하지 않았을 때의 전기적 특성을 살펴보고 또한 이로 인한 유도등의 휘도 변화를 관찰하였다.

3.1.1 역률

$$\frac{\text{입력전력}(P)}{\text{입력전압}(V) \times \text{입력전류}(A)} \times 100\% \quad (1)$$

역률은 식 (1)로서 표현되며 유효전력과 피상전력의 비를 의미한다. KS 8100과 26 mm 32W 형광램프(지식경제부, 2008)에는 역률을 0.9이상으로 정하고 있다.

3.1.2 파고율

파고율은 흔히 crest factor로 언급되며, 인버터의 중요인자 중 하나이다. 정의는 다음과 같다.

$$CF = \frac{i_{peak}}{i_s} \quad (2)$$

출력전류의 최대값을 실효값으로 나눈 값이 $\sqrt{2}$ 일 때가 이상적인 사인파에 가장 가깝다고 볼 수 있다. 파고율이 높은

파형의 경우, 이상적인 사인파의 1.5배가 넘어선 면적은 빛에너지로 변환되지 않고, 열로써 손실될 뿐이다. KS규격 등에는 파고율의 제한치를 1.7이하로 규정하고 있다(한국표준협회, 2004a; 한국표준협회, 2004b).

3.1.3 비대칭율

왜곡율과 더불어 인버터 출력파형의 중요한 인자가 바로 비대칭율이다. 이는 사인파의 (+)부분과 (-)부분이 어느 정도 대칭적으로 균형이 잡혀있는가를 가늠하는 척도이다. 정의는 다음과 같다.

$$I.F = \frac{i_{peak(+)} - i_{peak(-)}}{i_s} \times 100 \quad (3)$$

비대칭율이 심할 경우, 수은이나, 아르곤 가스등이 어느 한 쪽 전극으로 치우쳐 고갈되어버리기 쉽다. 이것은 램프 수명을 단축시키는 결과를 초래한다.

3.2 실험시료

실험에 사용된 시료는 검정기술기준에서 정하는 바에 따라 파난구 유도등, 중형을 사용하였으며, 또한 중형 유도등에 역률보상회로를 추가하여 실험을 수행하였다.

3.3 역률보상회로

역률보상회로는 STMicroelectronics사의 L6561 칩을 사용하여 역률보상회로를 구성하였다. STMicroelectronics의 L6561은 86VAC~265VAC 입력을 수용하는 CRM PFC IC다. 이 IC는 400V를 출력하고 입력전압 범위에서 각각 $92.8 \leq \eta \leq 97.3$ 및 $0.89 \leq PF \leq 0.999$ 의 효율과 역률로 동작한다. 수동 소자 3개와 다이오드를 추가하면 L6561의 왜곡을 기본 $3.7\% \leq THD \leq 13.7\%$ 에서 $2.9\% \leq THD \leq 8.1\%$ 로 내릴 수 있다.

그림 1은 전체시스템 블럭도이다. 시스템의 구성은 AC입력으로부터 DC전압을 얻기 위한 브릿지정류회로와 DC/DC 컨버터회로를 포함한 전압제어부와 전압제어와 램프구동을 위한 고압발생회로부 등으로 구성된다. 이때 역률보상회로는 평활전압과 전류, 변압기 2차전압 등의 정보로부터 스위치의 게이트 신호를 발생하여 제어를 수행하게 된다.

그림 2는 실험에 사용된 회로이다. 두 개의 회로 중에서 위에 있는 것이 역률보상회로가 들어가 있지 않는 것이고 밑에 있는 회로가 역률보상회로를 추가 한 것이다. 기존 유도등 회로를 변경하여 동일한 크기의 기판에 보상회로를 추가할 수 있도록 설계와 제작을 하였다.

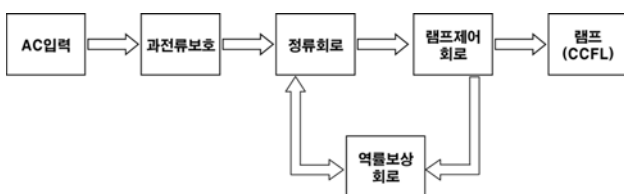


그림 1. 시스템의 블럭도

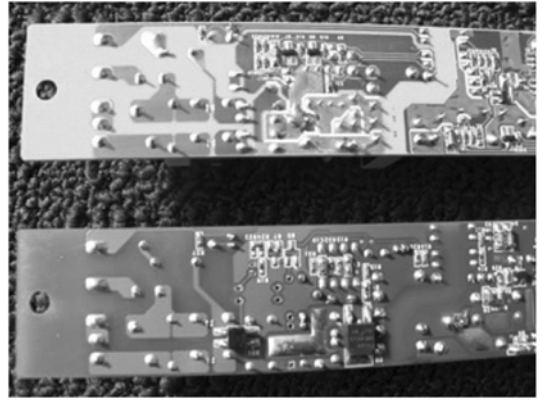


그림 2. 역률 보상 전후 회로

3.4 실험방법

전력 분석계 PM3000을 사용하여 역률을 측정하였으며 또한 600 MHz, 4CH의 오실로스코프와 Tektronix사의 TCPA 300 전류 프로브 등을 사용하여 파고율과 비대칭성을 측정하였다. 전체 시스템의 구성은 그림 3과 같다. 또한 실험시료에 대하여 30분 이상 상온에서 예열하여 실험을 수행하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 역률보상 전 실험결과 및 분석

표 1은 역률보상 전의 3개 실험항목에 대한 결과를 나타낸 것이다. 역률은 대략 0.46의 값을 나타내었다. 이는 입력단에 역률을 보상하기 위한 특별한 회로가 없기 때문이며 KS기준에 비해 상당히 낮은 값이다.

파고율은 표 1을 살펴보면 시료 모두 1.7이하의 양호한 값을 나타내고 있다. 이는 회로에 적절한 필터들을 사용하여

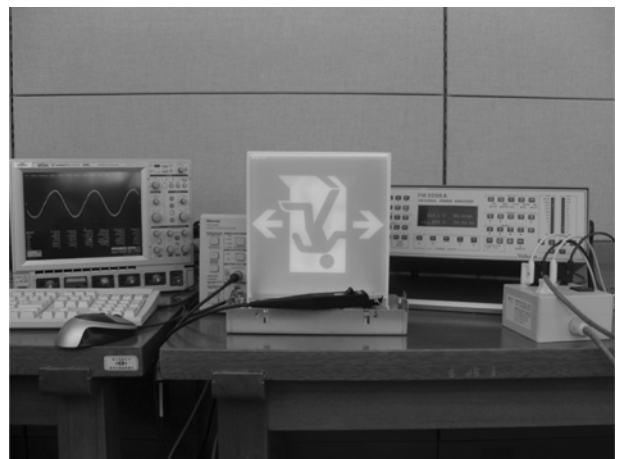


그림 3. 시스템 구성

표 1. 역률보상 전 실험결과

항목	시료 1	시료 2
역률	0.47	0.46
파고율	1.54	1.6
비대칭율	3.5	4.6

인버터 등에서 발생할 수 있는 순간 최대값을 적절히 제한하고 있기 때문이다. 파고율이 KS에서 정하는 규격의 범위에 들어오는 것은 그만큼 빛에너지로의 변환이 좋다는 것을 의미한다.

비대칭율은 표 1에서 보는 것처럼 3.5~4.6의 값을 나타내고 있는데 디스플레이 기기에 사용되고 있는 비대칭율의 제한이 10%임을 감안할 때 양호한 값을 나타내었다.

4.2 역률보상 후 실험결과 및 분석

표 2는 보상 전·후의 결과를 나타낸 것이다. 보상전의 역률이 0.47에서 보상 후 0.9이상으로 역률이 보상되었다. 따라서 역률보상회로가 정확히 동작함을 알 수 있으며 유도등이 수W급인 것을 감안하면 저전력부하에서도 잘 동작하고 있음을 알 수 있다.

또한 파고율은 보상 전·후 모두 1.7이하의 양호한 값을 나타내었고, 디스플레이 기기에 사용되고 있는 비대칭율이 10%임을 감안할 때 보상 전·후의 비대칭율도 양호한 결과를 나타내었다. 이는 램프를 구동하는 회로에서 적절한 전류 제어를 하고 있기 때문이다.

4.2.1 램프전류 파형

그림 4는 보상전의 입력전압, 전류, 전력 파형을 나타낸 것이다. 전원전압을 나타내는 입력전압은 AC 220V로서 그림에서 보는 것과 같이 정현파 모양을 하고 있으며, 입력전류는 AC/DC정류단에서의 다이오드를 통해 정류된 전류가 커패시터에 충·방전을 하면서 나타나는 파형으로서 이는 입력단에서 역률제어가 이루어지지 않아 왜곡된 파형이 나타난다. 입력전력은 이 입력전압과 전류를 순시적으로 곱한 것으로 역시

표 2. 역률보상 전·후 실험결과

항목	보상 전	보상 후
역률	0.47	0.94
파고율	1.54	1.54
비대칭율	3.5	3.5

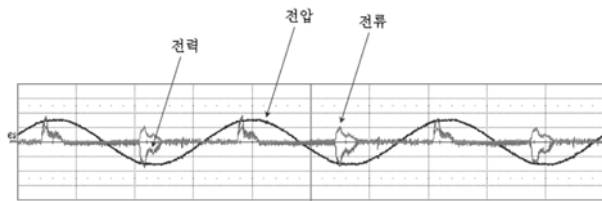


그림 4. 보상 전 입력전압, 전류, 전력파형

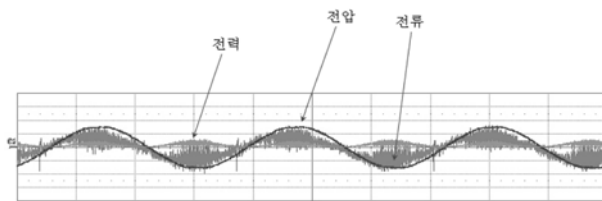


그림 5. 보상 후 입력전압, 전류, 전력파형

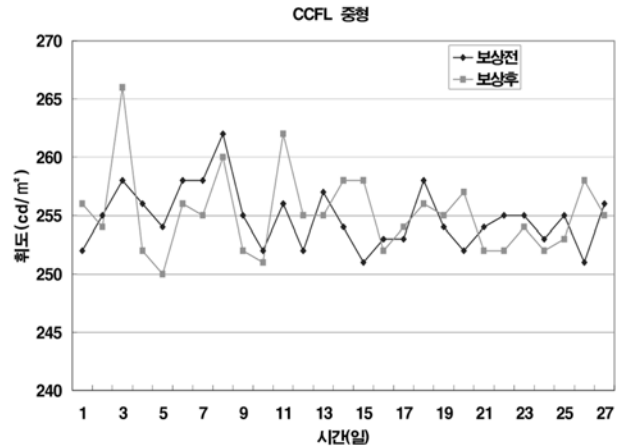


그림 6. 보상 전·후 휘도

비정현파임을 알 수 있다.

그림 5는 보상후의 파형을 나타낸 것이다. 정현파의 입력전압에 대해서 전류는 역률제어회로에서 역률보상을 하기 위하여 스위칭을 하게 되고 이로 인해 펄스형태의 정현파가 나타나고 위상도 입력전압과 거의 같음을 알 수 있다. 따라서 역률제어가 적절히 되고 있음을 알 수 있고 입력전력 또한 이 두 성분의 곱으로 나타남을 볼 수 있다.

4.2.2 휘도 측정

그림 6은 보상 전·후의 휘도를 측정한 것이다. 측정은 보상 전·후의 중형 유도등을 계속 켜놓은 상태에서 1일 1회씩, 27일간 측정하였다. 중형의 경우 검정기술기준에 휘도의 최소값이 250 cd/m²이상으로 되어 있다. 실험 결과, 보상 전·후 두 유도등 모두 250~260 cd/m²정도의 값을 나타내었다. 그러므로 유도등의 역률이 조명기기 인증기준에 비해 낮지만 이로 인해 밝기가 떨어지는 등의 영향은 나타나지 않음을 확인 할 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 유도등의 수명에 영향을 미칠 수 있는 실험 항목을 KS 등의 국내 조명기기에서 도출하여 국내 유도등을 대상으로 실험을 수행하여 그 특성을 분석하였다. 도출된 실험항목은 역률, 파고율, 비대칭율이다. 실험결과, 역률은 KS 기준(0.9이상) 등에 비해 상당히 0.46정도의 낮은 값을 나타내었고 파고율과 비대칭율은 모두 KS기준 등에서 제시하는 범위의 값으로 측정되었다.

역률개선의 효과를 분석하기 위하여 중형 유도등에 역률보상회로를 설계·제작 추가하고 보상회로의 유무에 따른 영향을 분석하였다. 그 결과, 역률은 0.9이상으로 보상되었으며 파고율 및 비대칭율도 양호하게 나타났다. 또한 보상 전·후의 유도등에 대해서 휘도를 측정한 결과, 유도등의 형식승인 및 검정기술기준에서 정한 최소값인 250cd/m²이상으로 나타났다. 이는 유도등 제품이 타 조명기기 제품에 비해 역률이 낮지만 이로 인해 광원의 밝기 등이 조기에 나빠지는 등의 영향은 없음을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

김래현, 이주성, 정봉만, 장우진, 한수빈, 홍창희, 황명근 (2006)
고출력 LED 및 고체광원 조명기술. 도서출판 아진. pp.
129-163.
소방방재청 (2005) 고시. 제2005-96호.
소방방재청 (2006) 고시. 제2006-31호.
장우진 등 (2006) 고효율 조명기술. 도서출판 아진. pp. 179-184.

지식경제부 (2008) 고시. 제2008-11호.
한국표준협회 (2004a) KS C 8100(형광 램프용 전자식안정기).
한국표준협회 (2004b) KS C 8102(형광 램프용 자기식안정기).

◎ 논문접수일 : 08년 05월 14일
◎ 심사의뢰일 : 08년 05월 15일
◎ 논문완료일 : 08년 06월 30일