

## CCFL유도등의 전기적 특성 분석

## Analysis of Electrical Characteristics of CCFL Exit Light

정종진\*

Jong-Jin Jung\*

Senior Researcher, Korea Fire Institute, Yongin, Republic of Korea

\*Corresponding author: Jong-Jin Jung, samjjung@daum.net

## ABSTRACT

**Purpose:** In this study, since the operation principle of the CCFL Exit light is the same as that of general lighting equipment, the characteristics of the CCFL Exit light were analyzed by deriving test items that can affect the characteristics of the light source from the KS standard, which is the standard for lamp ballast performance certification of general lighting equipment. **Method:** The samples used in the experiment were performed on products of two manufacturers for each size, such as large, medium, and small, and the test items were power factor, crest factor, and current harmonic distortion. **Result:** As a result of the experiment, the power factor showed a value between 0.4 and 0.6 in all samples, which was smaller than the 0.9 value set by KS. The crest factor ranged from 3.6 to 3.7 for large, 4.4 to 4.7 for medium, and 3.5 to 3.7 for small. It showed a value more than two times higher than the KS standard of 1.7. Current total harmonic distortion ranged from 81% to 110%, and considering that the KS standard was less than 20%, it could be confirmed that all samples had a value significantly exceeding the KS standard. **Conclusion:** The crest factor and current total harmonic distortion may affect the temperature rise of the light source and the burnout of the device. When developing an exit light, if this item is developed within the scope of the KS standard, the quality improvement and maintenance of the exit light will be greatly improved.

**Keywords:** CCFL, Exit Light, Power Factor, Crest Factor, Current Total Harmonic Distortion

## 요약

**연구목적:** 본 연구에서는 CCFL유도등의 동작원리가 일반 조명기와 동일하여 일반 조명기의 램프 안정기 성능인증 기준인 KS기준에서 광원의 특성에 영향을 줄 수 있는 시험항목을 도출하여 CCFL유도등의 특성을 분석하였다. 또한 CCFL광원의 전기적 특성과 온도 특성의 연관성을 분석하여 광원 수명에 미치는 영향을 고찰하였다. **연구방법:** 실험에 사용된 시료는 대형, 중형, 소형 등 각 크기별 2개 제조사의 제품을 대상으로 수행하였으며, 시험 항목은 역률, 파고율, 전류 고조파함유율이다. **연구결과:** 역률은 모든 시료가 0.4~0.6사이의 값을 나타내어 KS기준에서 정한 0.9이상 보다 작은 값을 보였다. 파고율은 대형의 경우 3.6~3.7 정도의 값을 나타냈으며, 중형은 4.4~4.7, 소형은 3.5~3.7사이의 값을 나타내었다. KS기준인 1.7이하보다는 2배 이상의 높은 값을 나타냈다. 전류 고조파함유율은 81%~110%의 값을 나타냈으며, KS기준이 20% 이하임을 감안할 때 모든 시료가 KS기준을 상당히 넘어서는 값을 가짐을 확인할 수 있었다. **결론:** 파고율과 전류 고조파함유율은 광원의 온도상승과 기기의 소손 등에 영향을 미칠 가능성이 있는 성분이므로 이런 전기적 특성을 KS기준의 범위 안에서 유도등을 개발한다면 유도등의 품질개선과 유지관리에 큰 도움이 되리라 생각된다.

**핵심용어:** 냉음극형광램프, 유도등, 역률, 파고율, 전류 고조파함유율

Received | 19 February, 2021

Revised | 15 March, 2021

Accepted | 19 March, 2021

OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

## 서론

화재는 우리 생활공간에서 가장 흔하게 발생하는 재난으로 초기진압이 이루어지지 않는다면 큰 재산피해와 인명피해를 동반하게 된다. 소방청의 통계자료에 따르면 사망자수가 5인 이상 발생한 대형화재는 2018년에 13건으로 최근 10년 중에서는 가장 많이 발생하였다(National Fire Agency, 2018). 대형화재로의 확산 원인중 하나가 근래에 건축물의 초고층화, 대형마트, 지하공간의 대형쇼핑몰 등 복합건축물이 생겨나면서 재실자의 고밀도화일 것이다. 이러한 공간에서의 피난경로는 복잡하며 화재 발생 시 대규모 인명피해와 재산 피해를 줄 수 있어 보다 세심한 피난설비와 안전관리가 필요하다.

초고층건축물, 대형복합건축물 등 다중이용시설 공간에서 화재 시 재실자의 피난을 안내하는 설비 중 하나가 유도등이다. 최근에는 피난설비에 IT 등 다양한 기술이 접목되어 지향성스피커와 조명제어를 이용한 유도설비(Jeon et al., 2016), 스마트 디바이스를 활용한 피난방향 탐지(Hyun et al., 2017), 무선센서 네트워크를 이용한 유도등(Kim, 2016), Wi-Fi와 Zigbee 규격의 무선통신 기술이 통합된 Wi-Fi복합장치로 모바일 기반의 화재대피시스템 개발 등의 연구가 진행되었으나(Lee, 2013) 건물 내의 재실자를 빠르고 안전하게 대피시키는 피난시스템은 아직 개발이 이르지 못하고 있다. 이는 건축물 내의 다양한 대피경로와 화점(화재지점)을 회피한 피난 안내 기술 등 해결할 연구과제가 많기 때문이다.

또한 유도등은 광원이 빛을 발산하여 표시면의 픽토그램을 밝혀 피난안내의 역할을 하며 24시간 상시점등 하도록 되어 있다. 화재로 인해 건물 내 정전이 된다하더라도 2차전지로 점등되어 재실자의 대피를 돕는 기능을 가지고 있는 것이 유도등이다. 여기에 다양한 기능의 첨단 IT기술을 접목한 피난유도시스템이 개발되어 소방대상물에 설치되어 재난 시 효율적으로 피난 유도의 역할을 하더라도 유도등의 광원과 구동회로가 안정적으로 동작하지 않으면 의미 없는 시스템이 될 것이다. 이만큼 유도등의 광원과 구동회로는 매우 중요한 핵심부품이다.

따라서 본 연구에서는 2000년 이후에 형광등을 대체하여 유도등의 광원으로 사용된 냉음극형광램프(CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp)유도등을 대상으로 KS기준 시험항목으로 전기적 특성을 분석하고 그 특성이 CCFL광원의 수명에 미치는 영향을 고찰하고자 한다.

## 유도등 구조

유도등은 “유도등 형식승인 및 제품검사의 기술기준”에 의하면 「화재 시에 긴급대피를 안내하기 위하여 사용되는 등으로서 정상상태에서는 사용전원에 의하여 켜지고, 상용전원이 정전되는 경우에는 비상전원으로 자동전환되어 켜지는 등」이라고 정의하고 있다(National Fire Agency, 2018). 따라서 유도등의 구조는 빛을 발산하는 광원과 그 구동회로, 피난의 의미를 갖는 문자 등을 인쇄한 표시면으로 구분된다.

## 표시면

유도등의 표시면은 피난을 의미하는 그림문자(이하 픽토그램) 등이 표시된 면을 말하며 비상문, EXIT 또는 화살표 등과 함께 표시할 수 있다. 사용되는 색상은 유도등의 종류에 따라 구분되는데 피난구유도등은 녹색바탕에 흰색의 그림문자로 나타내며, 통로유도등은 흰색바탕에 녹색그림문자를 사용한다. 또한 유도등 표시면의 크기에 따라 대형, 중형, 소형으로 구분되며 소방대상물에 적합한 크기의 유도등이 설치된다.

## 광원

유도등의 광원은 구동회로와 함께 핵심부품으로써 조명기기에서 주로 사용되던 광원이 유도등에도 사용되었다. 현재까지 소방대상물에 설치된 유도등 광원은 형광등, 냉음극형광램프(CCFL), LED 등 3가지이다. 2000년 이전까지는 형광등이 유도등 광원으로 사용되었으며 2000년대부터는 노트북의 백라이트용으로 사용되었던 냉음극형광램프가 형광등을 대체하였다.

냉음극형광램프는 가는 관 형태의 형광램프로서 가는 관 형태의 장점을 이용하여 유도등의 두께가 매우 얇은 모양으로 변형되었으며 도광판을 사용하여 빛의 확산을 표시면 전체로 균일하게 분포시켜 유도등의 시각적 가시성을 매우 향상시키는 역할을 하였다.

## 구동회로

유도등이 광원을 사용하여 표시면을 밝히는 기능을 하므로 일반 사무실의 조명기기와 유사하며 일반 형광등을 구동하기 위하여 사용하는 안정기가 유도등에도 사용되고 있으며 그 회로를 구동회로라 한다. 일반 형광등과 냉음극형광램프는 점등 원리가 유사하여 구동회로 또한 유사하며 LED는 반도체소자이므로 구동회로가 큰 차이가 난다.

냉음극형광램프의 구동회로는 Fig. 1과 같다. 형광램프의 입력전압의 범위가 AC300V~800V이므로 AC220V의 입력전압을 AC/DC로 변환하는 정류기와 정류된 DC전압을 다른 크기의 DC전압으로 변환하는 DC/DC컨버터, 고압의 AC전압으로 다시 변환하는 DC/AC인버터부로 구성된다. 이와 같은 구성은 일반 조명기기에서 사용되는 안정기와 같은 구조이며 이는 사용하는 광원이 다르지 않기 때문이다.

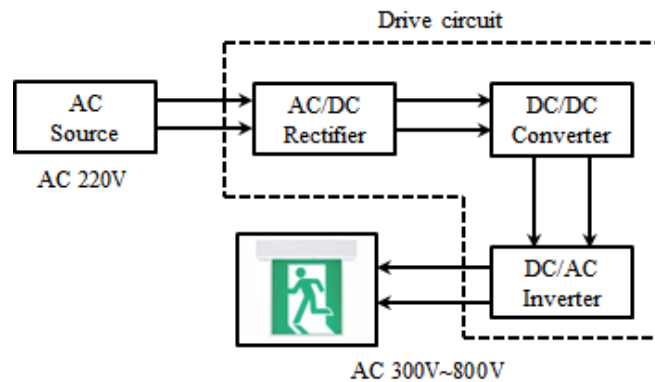


Fig. 1. Schematic diagram of drive circuit

일반 조명기기에 사용되는 안정기는 KS표시인증제도(국가에서 제품의 우수품질 보급 등의 목적으로 소비자를 보호하고 상품의 수준이 한국산업규격에 해당함을 인정하는 제품인증제도)에서 정한 램프 기준(KS C 7601(KATS, 2004), KS C 8100(KATS, 2002), KS C 8102(KATS, 2004)의 성능시험을 거쳐야 램프의 안정기로 사용이 가능하다.

따라서 본 연구에서는 소방대상물에 설치되는 유도등의 구동회로를 제조사별, 크기별로 구분하여 KS기준의 시험항목으로 성능시험을 실시하고 그 결과를 분석하였다.

### CCFL광원의 특성

냉음극형광램프는 램프 양쪽의 전극에 고전압을 인가하면 전극으로부터 전계에 의한 전자 방출이 일어나는데 형광등의 필라멘트를 가열하는 방식과는 차이가 있고 그 외는 형광등과 같은 구조와 원리를 가진다. 형광등에 비해 냉음극형광램프의 주요 특징은 1) 고효율, 고휘도이며 2) 작고 경량이며 3) 긴 수명의 저소비전력을 가진다는 것이다. 또한 냉음극형광램프의 이러한 특성은 온도변화에 따라 그 특성도 변하게 되며 광원의 휘도와 수명에 관여하게 된다(Han,2003;Lee, 2004). Fig. 2는 주위온도와 램프의 휘도 관계를 나타내는 그래프이다. 일정온도까지는 휘도가 비례하여 상승하나 그 이상에서는 휘도는 감소하게 되어 수명이 떨어지게 된다.

따라서 본 연구에서는 KS기준의 시험항목에서 CCFL광원의 온도상승과 관련 있는 전기적 특성 시험항목을 도출하고 그 기준에 적합한지 등을 제조사별, 크기별로 분석하였다.

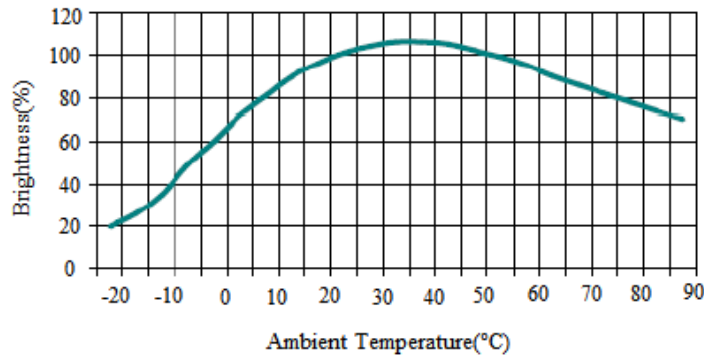


Fig. 2. Ambient Temperature-Lumens characteristic curve

### 실험 및 실험결과

#### 실험항목

유도등의 광원인 냉음극형광램프가 일반 조명기기에 사용되는 냉음극형광램프와 같고 그 구동원리도 동일하여 일반 조명기기의 램프 안정기 성능인증 기준인 KS C 7601, KS C 8100, 8102, KS C 61000-3-2에서 광원의 온도 특성에 영향을 미칠 수 있는 시험항목을 도출하여 실험을 수행하였다.

#### 역률(Power factor)

역률은 에너지 효율을 나타내는 항목으로 광원의 온도에 직접적인 영향을 주는 전기적 특성은 아니지만 모든 조명기기를 포함한 전기용품의 기본시험항목이다. 역률은 식(1)과 같이 표현된다.

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

KS기준에는 역률을 0.9이상으로 규정하고 있으며 고역률일수록 에너지 절약 효과가 높은 의미를 가지고 있다.

### 파고율(Crest factor)

파고율의 정의는 식(2)와 같다. 인버터(구동회로) 성능의 주요한 인자로서 출력전류의 최대값을 실효값으로 나눈 값으로 구해진다. 이 값이  $\sqrt{2}$  일 때 즉 1.414일 때가 가장 이상적인 사인파(sine wave)에 근접했다고 볼 수 있다. 파고율이 높은 파형 즉, 이상적인 사인파의 1.5배가 넘는 면적의 에너지는 빛에너지로 변환되지 않고, 열에너지로 변환되어 손실되고 광원의 온도는 높아지게 된다.

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

KS기준에는 파고율의 제한치를 1.7이하로 규정하고 있다.

### 전류 고조파함유율(이하 전류THD ; Current Total harmonic distortion)

전류THD는 전자회로의 L(코일), C(콘덴서)등 비선형 부하에 의해 전류에 왜곡현상이 발생한다. 이 전류파형을 스펙트럼 분석하여 보면 사용전원의 기본파(60Hz)에 대한 정배수인 주파수 성분의 합성으로 나타나며 기본파 전류의 실효치와 고조파 성분 전류 실효치의 비를 전류THD라 하며 수식(3)과 같다.

$$I_{THD} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \times 100\% \quad (3)$$

여기서,  $I_1$ : 기본전류  $I_2, I_3, \dots, I_n$ : 각 차수별 고조파전류이다.

KS기준에서는 전류THD를 20%이하로 규정하고 있으며 또한 특정고조파 차수인 제3고조파는 86%를 초과해서는 안되며, 제5고조파는 61%를 초과하면 안되게 규정하고 있다.

전류THD의 제한은 고조파가 많이 함유된 파형의 경우 기기의 손상과 소손, 전력불평형, 기기의 과열 등 기기에 많은 영향을 미치기 때문이다.

### 실험구성 및 시료

Fig. 3은 실험의 구성도를 나타낸 것이다. CCFL광원 구동회로의 전기적 특성을 측정하기 위하여 파워미터, 4채널 오실로스코프 등을 사용하였다.

실험에 사용된 시료는 2개 제조사 제품을 대상으로 유도등 검정기술기준(KOFEIS 0401)의 표시면의 크기에 따른 분류인 대형, 중형, 소형으로 구분하여 각 3개, 총 18개를 사용하였다.

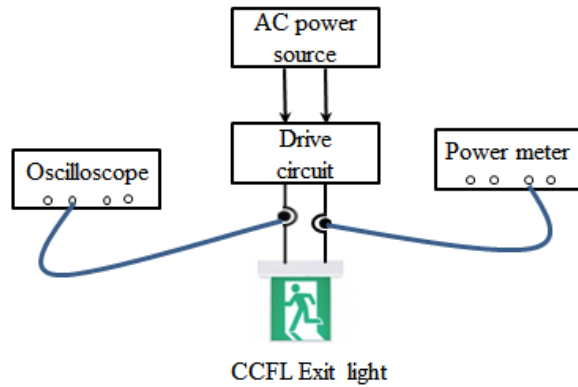


Fig. 3. Block diagram of the system

### 실험결과

#### 역률

역률은 산업제품의 에너지 효율을 높이고자 KS기준에서 일정한 값(0.9)이상을 요구하고 있는 제품 성능기준으로서 본 연구에서도 CCFL유도등의 역률을 측정하였다. Fig. 4는 2개사 제품을 각 크기별로 3개씩 실험한 결과이다. B사의 소형 CCFL 유도등이 가장 낮은 역률(0.47)을 나타냈으며, 나머지 대형과 중형 제품은 0.5~0.6사이의 역률을 나타내었다. 이는 CCFL유도등이 수W급의 저전력 제품으로 에너지 효율에 큰 영향을 미치지 않으므로 고역률 설계를 고려하지 않았기 때문일 것이다.

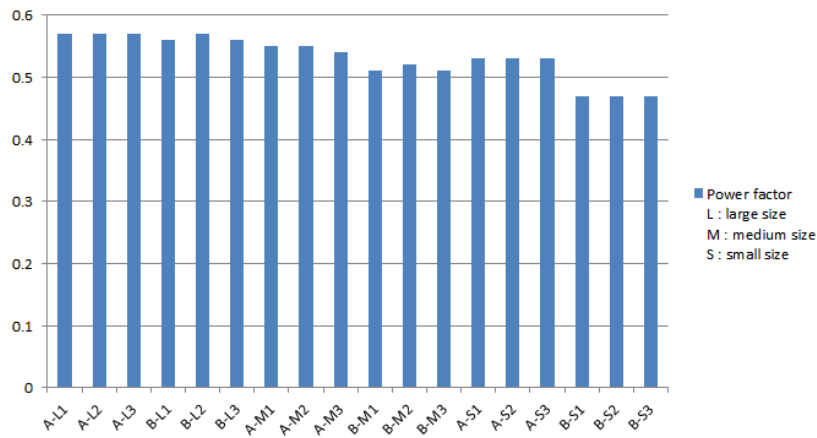


Fig. 4. Power factor of CCFL Exit light

#### 파고율

파고율은 광원의 온도와 연관성을 가지는 중요한 인자로서 그 값이 정현파의 1.414보다 큰 부분의 에너지는 빛에너지로 변환되지 않고 열에너지로 소비된다. KS기준에서는 이 값은 1.7이하로 규정하고 있으며 이 기준에 대비하여 CCFL유도등의 값을 측정하였다. Fig. 5는 2개사, 18개 시료에 대한 파고율의 값을 나타낸 것이다. 대형의 경우 2개 제조사 모두 약

3.6~3.7 정도의 값을 나타냈으며, 중형은 4.4~4.7, 소형은 3.5~3.7사이의 값을 나타내었다. B사의 파고율이 A사 보다는 낮은 값을 나타냈으며, KS기준의 1.7보다는 2개사 모두 최소 2배 이상의 높은 값을 나타내었다. 이는 광원에 흐르는 최대전류값이 실효값보다 매우 높은 구간이 발생한다는 것을 의미하며 이 구간에서 열에너지로 변환되어 광원에는 온도상승의 효과를 보이게 될 것이다. 유도등은 24시간 상시점등 되어 있으므로 광원에서 열 발생이 클 수 있으며 CCFL주변 온도가 높아지면 온도-휘도 특성곡선에서 보듯이 수명이 단축될 가능성이 높아진다. 또한 다른 환경조건이 동일하다면 B사의 유도등이 A사 보다는 온도-휘도 특성과 광원수명이 유리할 것으로 판단된다.

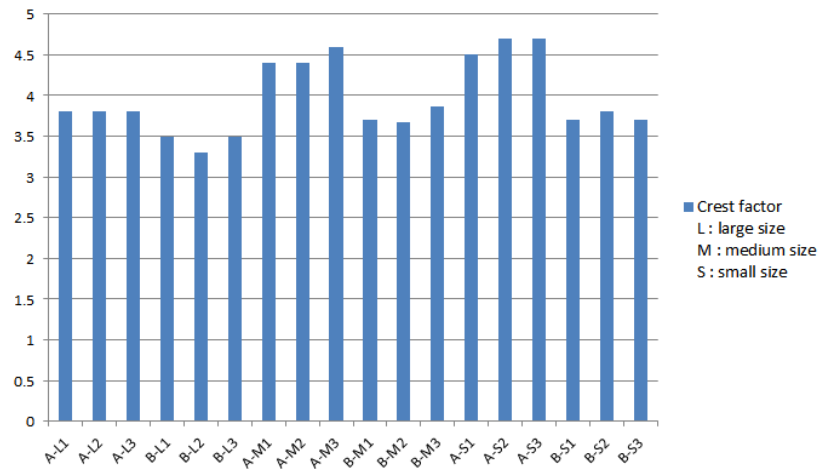


Fig. 5. Crest factor of CCFL Exit light

**전류 고조파함유율**

Fig. 6은 전류THD를 나타낸 것이다. A사의 대형과 중형은 105%~110%정도의 값을 가지며 B사는 대형과 중형이 90%~95%범위의 값을 나타내었다. A사의 소형은 100%정도의 값을 나타내고 B사는 81%~82%정도의 값을 나타내었다. KS기준이 20% 이하임을 감안할 때 2개사 모두 KS기준을 상당히 넘어서는 값을 가짐을 알 수 있다. 이는 전류THD가 기본 파에 대한 각 고조파 성분의 합과의 상대적 비율을 의미하므로 CCFL유도등의 전류에는 고조파 성분이 상당히 많이 가지고 있음을 알 수 있다. 전류THD가 높을 경우 기기의 소손과 과열 등에 영향이 미치므로 구동회로와 광원에 상당한 스트레스를 주고 있음을 알 수 있다.

또한 KS기준에는 전류의 제3고조파 성분과 제5고조파 성분의 제한규정을 두고 있어 실험시료를 대상으로 이 두 성분을 측정하였다. Fig. 7은 광원 전류의 제3고조파 성분을 나타낸 것이다. KS기준은 제3고조파전류성분이 86%이하로 되어 있으며 실험결과, A사의 경우 62%~68%범위의 값을 나타내었고, B사는 52%~58%의 값을 나타내었다. 2개 제조사 모두 KS기준을 만족하였다. Fig. 8은 제5고조파 성분을 나타낸 것이다. A사는 43%~46%범위의 값을 나타내었고, B사는 34%~41%범위의 값을 가진다. KS기준이 61%이하이므로 2개 제조사 모두 이 조건을 만족하고 있었다. 또한 B사 CCFL유도등의 제5고조파 전류성분 값이 A사보다 낮은 값을 가짐을 알 수 있다. 제3고조파전류성분과 제5고조파전류성분의 값이 KS기준을 만족함에도 전류THD의 값이 KS기준보다 상당히 높은 것은 제5고조파 이상의 차수에서 많은 전류가 흐르고 있음을 의미한다.



CCFL유도등은 저소비전력이므로 고조파에 의한 영향은 미미할 것이나 조명기기의 KS기준을 만족하도록 구동회로를 설계하는 것이 유도등 광원의 수명을 보장하는데 더 유리할 것으로 판단된다.

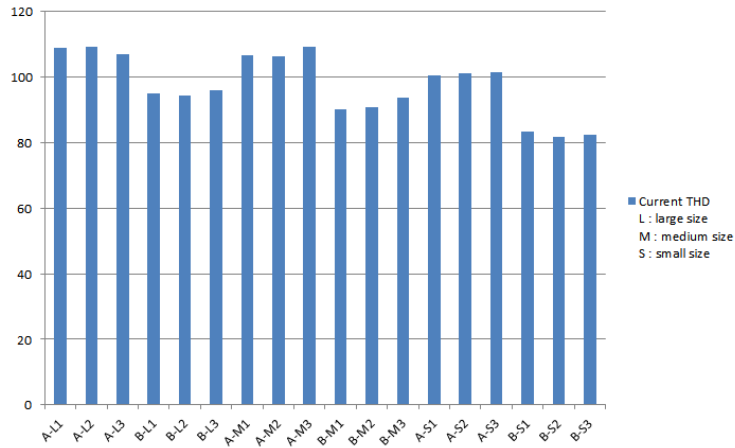


Fig. 6. Current Total Harmonic distortion of CCFL Exit light

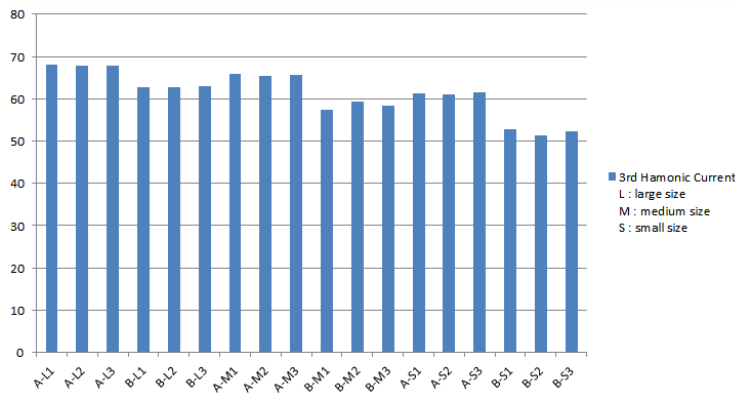


Fig. 7. 3<sup>rd</sup> harmonic current component of CCFL Exit light

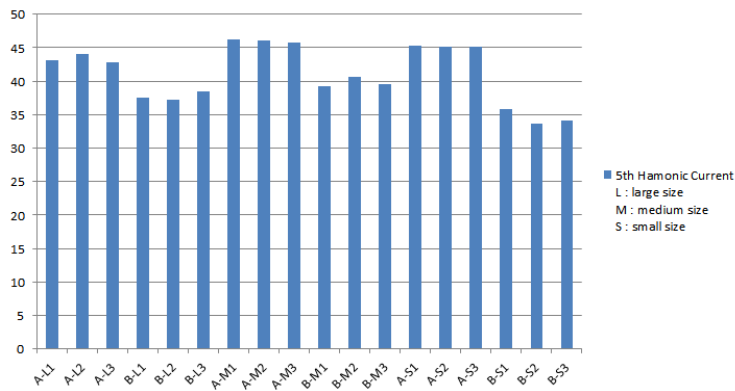


Fig. 8. 5th harmonic current component of CCFL Exit light



### 파형

DC/AC인버터에서 CCFL유도등의 광원에 AC전류를 흘려 CCFL를 구동시킨다. Fig. 9는 CCFL유도등의 대형에 흐르는 전류파형을 측정된 것이다. 전류의 최대치는 100mA 정도로 흐르고 최대치 부근에서 파형의 왜곡현상을 볼 수 있다. 이러한 왜곡 성분들이 파고율과 전류THD 값을 KS기준 이상으로 나오게 하는 것임을 알 수 있다. 이러한 성분들이 램프의 과열과 소손 등에 관여함으로써 온도-휘도 특성곡선에 의해 광원의 수명을 단축시키는 원인이 될 수 있다. KS의 조명기기 기준을 만족하도록 설계하는 것이 유도등의 광원과 구동회로를 보다 더 안정적으로 동작시킬 수 있으며 수명도 보장될 가능성이 높다 할 것이다.

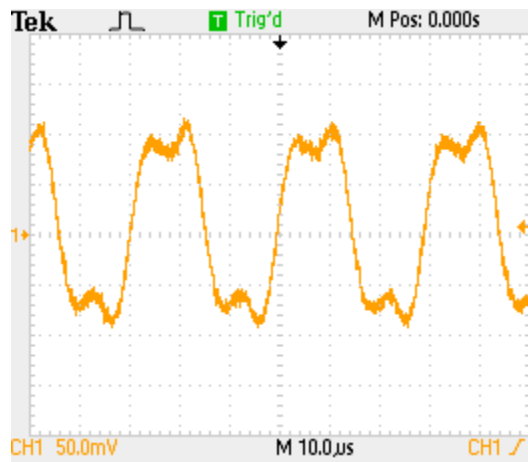


Fig. 9. Current waveform of CCFL Exit light for Large size

### 결론

본 연구에서는 CCFL유도등 광원과 구동회로의 전기적 특성을 일반 조명기기의 램프 안정기 성능인증 기준인 KS C 7601, KS C 8100, KS C 8102, KS C 61000-3-2 등 KS기준 시험항목으로 분석하였으며 그 특성이 CCFL광원의 수명에 미치는 영향을 고찰하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, CCFL광원의 주위온도-휘도간의 특성곡선을 해석하고, KS기준에서 광원의 온도와 연관된 시험항목 3가지(역률, 파고율, 전류 고조파함유율)를 도출하여 2개 제조사의 대형, 중형, 소형 CCFL유도등을 대상으로 실험을 수행하였다. 각 항목별 실험결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 역률 : 2개사 제품을 각 크기별로 3개씩 실험한 결과, 모든 시료가 0.4~0.6사이의 역률을 나타내어 KS기준에서 정한 0.9이상 보다 작은 값을 보였다.
- (2) 파고율 : 대형의 경우 2개 제조사 모두 약 3.6~3.7 정도의 값을 나타냈으며, 중형은 4.4~4.7, 소형은 3.5~3.7사이의 값을 나타내었다. KS기준인 1.7이하보다는 2개사 모두 최소 2배 이상의 높은 값을 나타내었다. 광원에 흐르는 최대전류 값이 실효값보다 매우 높은 구간이 발생한다는 것을 의미하며 이 성분은 열에너지로 변환되어 광원의 온도상승을 유발할 수 있는 원인이 될 수 있다. 유도등은 24시간 상시점등 되어 있으므로 그 영향은 더 클 수도 있으며 온도-휘도 특성곡선에서 보듯이 수명이 단축될 가능성이 있다.

- (3) 전류 고조파함유율 : A사의 대형과 중형은 105%~110%정도의 값을 가지며, B사는 대형과 중형이 90%~95%범위의 값을 나타내었다. A사의 소형은 100%정도의 값을 나타내고 B사는 81%~82%정도의 값을 나타내었다. KS기준이 20% 이하임을 감안할 때 2개사 모두 KS기준을 상당히 넘어서는 값을 가짐을 알 수 있다. 이는 전류THD가 기본파에 대한 각 고조파 성분의 합과의 상대적 비율을 의미하므로 CCFL유도등의 전류에는 고조파 성분이 많이 포함되어져 있어 있다는 것을 의미한다. CCFL유도등은 저소비전력이므로 고조파에 의한 영향은 크지 않겠지만, KS기준을 만족하도록 구동회로를 설계하는 것이 유도등 광원의 수명을 보장하는데 더 유리할 것으로 판단된다.

## References

- [1] Han, J.-H. (2003). Design of the inverter for driving CCFL using the PAN-PZT piezoelectric transformer. Master's Thesis, Gachon University, pp. 4-6.
- [2] Hyun, B.-C., Yun, Y.-G., Park, Y.-H, Kim, Y.-G. (2017). "Study on the direction based on audible and non-audible signals using smart devices." Journal of Korea Society of Disaster Information, Vol. 13, No. 1, pp. 51-58.
- [3] Jeon, G.-H., Kang, S.-W. (2016). "A study on development of evacuation guidance system using direction speaker and control lightning." Journal of Korea Society of Disaster Information, Vol. 12, No. 3, pp. 228-234.
- [4] Kim, H.-O. (2016). "The development and reliability validation of serveless smart exit sign system using a wireless sensor network." Master's Thesis, Yonsei University.
- [5] Korea Agency for Technology and Standard (KATS) (2002). AC supplies electronic ballasts for fluorescent lamps(KS C 8100).
- [6] Korea Agency for Technology and Standard (KATS) (2004). Fluorescent Lamps or General Lighting Service(KS C 7601).
- [7] Korea Agency for Technology and Standard (KATS) (2004). Magnetic ballasts for fluorescent lamps(KS C 8102).
- [8] Lee, D.G. (2004). Characteristics Analysis and Design of High Frequency Inverter Circuit for CCFL Drive. Master's Thesis, Dongguk University, pp. 4-6.
- [9] Lee, T. (2013). Development of a Mobile-based Fire Evacuation System using a Wireless Network. Master's Thesis, Yonsei University.
- [10] National Fire Agency (2018). Statistical Yearbook.
- [11] Nation Fire Agency (2018). Standards of model approval and inspection technology for EXIT LIGHT(KOFEIS 0401).