SMD타입 LED유도등의 수명 특성 분석

Lifespan Characteristics of SMD-Type LED Exit Lights

정종진*

Jung, Jongjin*

Abstract

In this study, the electrical characteristics of SMD-type LED light sources, which have been used for most exit lights since 2007, were analyzed. The relationship between the electrical characteristics of the LED light source and the life of the light source was analyzed. An LED exit light that used a top-view LED and a power LED was used for this experiment. The sizes of the exit lights were medium and small. In addition, the electrical characteristics of the LED light source were analyzed by measuring the input current, light source current, and power values related to the life of the LED. As a result, when the exit lights were of the same size, the top-view LED exit light required less power and lower current than the power LED exit light, and the current and power waveforms were also good. It was also confirmed that the power LED exit light was out of the range of rated power for some samples. Therefore, when developing an LED exit light, checking the voltage, current, power, and heat dissipation of the light source together will improve product quality and future management.

Key words : LED Exit Light, Power LED, Top View LED, Power, Heat Emission

요 지

본 연구에서는 2007년 이후 대부분의 유도등 광원으로 사용되고 있는 SMD유형 LED광원의 전기적 특성을 분석하고 LED광원이 가지는 전기적 특성과 광원수명간의 상관관계를 해석하였다. 실험의 시료는 Top View LED와 Power LED를 광원으로 사용하고 있는 LED유도등을 대상으로 하였으며 유도등 크기는 중형과 소형 유도등을 사용하였다. 또한 LED의 수명과 연관 있는 입력전류, 광원전류, 전력값을 측정하여 LED광원의 전기적 특성을 분석하였다. 실험결과, 동일 크기의 유도등일 경우 Top View LED타입 유도등이 Power LED타입 유도등보다 저전력, 저전류를 나타내었고 전류, 전력파형 또한 양호하였으며 Power LED타입의 유도등은 일부 시료에서 정격전력의 범위를 벗어남을 확인할 수 있었다. 따라서 LED유도등을 개발할 때는 광원의 전압, 전류, 전력 및 열방출 등을 함께 고려하는 것이 제품의 품질개선 및 향후 관리에 도움이 될 것으로 생각된다.

핵심용어 : LED유도등, Power LED, Top View LED, 전력, 열방출

1. 서 론

최근 새로운 건축공법의 발달과 도시인구의 고밀도화로 주거공간, 사무공간 등의 부족현상이 발생하면서 이를 해결하기 위한 고층건물이 생겨나고 있다. 또한 시간에 쫓겨 자유와 여유를 누릴 수 없는 현대인의 생활문화의 변화로 의식주를 빠르고 편리하게 해결하기 위한 주상복합시설물 등이 많이 생겨나고 있다. 또한 주상복합건축물의 상업시설

부분은 지상공간뿐만 아니라 지하공간에서도 많이 형성되고 있어 이러한 건축물에서 화재가 발생할 때 대규모 피해를 줄 가능성이 매우 높아 보다 높은 안전시설의 설치와 관리의식이 필요할 것이다.

그러나 IT기술이 발달함에도 불구하고 화재 시 재실자를 안전하게 피난시키는 시스템은 아직 개발되지 못하고 있다. 이는 피난경로의 복잡함, 화재지점을 회피한 피난유도, 연기 확산 경로 예측 등 선행되어야 할 연구가 많기 때문이다.

*교신저자, 정회원, 한국소방산업기술원 연구소 책임연구원(Tel: +82-31-289-2954, Fax: +82-31-287-1064, E-mail: samjiung@hanmail.net)
Corresponding Author, Member, Ph.D., Principal Researcher, Fire Technology Lab, Korea Fire Institute

이런 현실에서 피난유도설비 중 유도등은 피난구의 위치를 알려주고, 외부 탈출 또는 피난층으로의 피난 경로를 안내해주는 매우 중요한 소방설비이다. 그러나 지난 2002년 대구지하철 사고에서 탈출한 생존자들의 진술에 의하면 큰 도움을 받지 못하였다고 한다(Jeon et al., 2003; Hong and Jeon, 2005). 이것은 화재연기로 인한 시야방해도 있지만 유도등이 방화관리자에 의해서 제대로 관리되지 못하여 고장난 유도등의 교체 소홀 등으로 소등되어 있었을 수도 있다.

2004년부터 평상시에 유도등이 소등된 상태로 유지되다가 화재 시에 점등되도록 하는 규정이 항상 24시간 상시점등으로 변경되었다(NFSC 303, 2004). 유도등은 피난 안내 역할을 하는 설비이지만 그 구조는 일반 조명기기와 매우 유사한 면을 가지고 있다. 겉으로 보이는 표시면의 그림문자(이하 픽토그램)를 제외하면 내부에는 유도등의 광원과 이 광원을 구동하기 위한 구동회로로 되어있다. 따라서 유도등의 수명을 좌우하는 핵심 부품은 광원이라 할 수 있다. 일반 사무실의 조명등도 일정기간이 지나면 스스로 어두워지거나 고장 나서 교체를 하고 있지만 화재 시 거주자의 피난안내를 하는 유도등의 광원에 대한 관리의 매우 소홀하다.

최근 유도등의 광원으로 많이 사용되는 LED는 기존의 CCFL(냉음극형광램프)의 긴 띠 모양의 램프와는 다르게 대부분 칩(Chip) 형태의 점(DOT)광원 형태로 빛을 발광하고 있다. 현재 유도등에 사용되는 LED유형은 SMD (Surface Mount Device)타입이 사용되고 있다. 이 광원이 유도등의 핵심부품이며 유도등의 수명에 많은 영향을 미친다. 또한 이 광원은 여타 조명등과 같은 전기적 특성을 갖고 동작하며 그 수명특성도 조명기기의 광원과 유사하다.

따라서 본 연구에서는 LED광원의 전압, 전류, 전력 등의 전기적 특성을 분석하고 그 특성이 SMD타입 LED유도등 광원의 수명에 미치는 영향 등을 고찰하고자 한다.

2. 유도등 구조

유도등은 재난 시 피난 출입구의 표시나 방향을 안내하는 역할을 하는 소방제품이지만 그 구조는 조명기기와 유사하다. 유도등의 구조는 광원과 광원을 밝히는 구동회로, 피난 픽토그램이 인쇄된 표시면으로 구분할 수 있다(National Fire Agency, 2019).

2.1 광원

현재 건축물 등 소방대상물에 설치된 유도등의 광원은 3가지 유형이 사용되고 있다. 첫 번째는 1980년대부터 설치된 형광등 유도등이다. 현재에도 오래된 건축물에서 흔히 볼 수 있으며 주기적인 교체가 이루어지지 않았다면 어두운 상태로 그대로 있을 것이다. 모든 형광등이 그렇듯이 형광등 흑화현상에 의해 전극부근이 검게 변하게 되면서 소등되는 현상을 갖고 있다. 두 번째는 냉음극관형광램프(CCFL: Cold

Table 1. Characteristic of SMD Type LED

Top View LED	Current	60 ~ 150 mA
	Watt	0.2 ~ 0.5 W
	Light direction	Front side
Side View LED	Current	60 ~ 150 mA
	Watt	0.2 ~ 0.5 W
	Light direction	Side direction
Power LED	Current	350 mA or more
	Watt	1 W or more

Cathode Fluorescent Lamp)이다. CCFL은 가는 관 모양의 형광등으로, 빛을 발하는 원리는 일반 형광등과 비슷하며 2000년대 초에 노트북용의 LCD디스플레이 백라이트(back light)용의 광원으로 급속히 발전하면서 유도등의 광원으로 사용되었다. 이 광원을 도광판에 부착하여 빛을 균일하게 확산시켜 표시면을 밝혔다. 세 번째는 2010년부터 LED가 각종 전자제품에 급속히 사용되면 유도등에도 LED광원이 사용되어 현재 대부분의 제품은 LED가 사용되고 있다. 유도등에 사용되는 LED광원은 SMD타입의 LED가 사용되고 있으며 SMD타입은 Table 1과 같이 3가지로 분류된다. 이 중에서 Top View LED와 Power LED가 유도등에 주로 사용되고 있다. Top View LED는 저출력의 LED로서 빛을 발산하는 방향이 정면이다. Power LED는 대개 1 W급 이상의 고출력으로서 1개의 LED로서 많은 양의 빛을 발산할 수 있는 타입이다.

2.2 구동회로

유도등의 구동회로는 광원을 동작시키기 위해 사용하는 회로를 말하며, 사용되는 광원의 종류에 따라 구동회로의 구성은 달라진다. CCFL은 전극에서의 방전에 의해 점등이 이루어지며 구동회로는 형광등의 안정기와 같은 역할을 하며 AC전압으로 구동된다. 반면에 LED는 반도체 소자로 구성되어 DC전압으로 구동되어 CCFL구동회로와는 많은 차이가 난다.

LED구동회로의 구성은 Fig. 1과 같다. 입력단의 AC전압

Fig. 1. Schematic Diagram of Drive Circuit

을 DC로 변환하는 정류기부와 정류된 DC전압을 다른 크기의 DC전압으로 변환하는 DC/DC컨버터로 구성된다. 이 구동회로에서 LED광원을 안정된 상태로 동작하도록 전압과 전류 등을 제어하게 된다.

3. LED광원의 전기적 특성

LED는 빛을 발산하는 다이오드의 일종으로 반도체 소자이다. 따라서 기존의 반도체 소자인 다이오드나 트랜지스터, IC 등의 특성과 매우 흡사하다. 즉 정격 사용 시 수명은 반영구적이며 크기가 작고 진동, 충격 등에 강한 반면 열에 약한 특징을 가진다. LED광원의 주요 특징은 1) 작은 점광원으로써 매우 견고하고, 수명이 길며 친환경적이다. 2) 광학적으로 선명한 단색광을 발광하고 조명기구에 적용 시 빛 손실이 매우 작고 시인성이 향상된다. 3) 전기적으로 특정전압 이상에 점등하고 점등 후에는 작은 전압의 변화에 민감하게 전류와 광도가 변화한다. 4) 온도상승 시 허용전류와 광 출력이 감소하고 허용치 이상의 전류가 흐를 경우 수명이 대폭 감소한다(Kim et al., 2006).

주요 특징 중에서 LED의 전기적 특성의 하나인 전류는 LED의 광 출력과 밀접한 연관이 있다. Fig. 2는 LED전류와 광 출력의 관계를 나타내는 그래프이다(Jang et al., 2007). 일정전류까지는 광 출력이 비례하여 증가하지만 일정전류 이상이 되면 전류에 비례하여 광 출력이 증가하지 않는다. 이때 증가하지 않은 광출력은 LED의 열로 방출된다. LED의 특성상 이 열로 인해 광 출력은 더 떨어지게 되고 수명은 감소하게 된다.

따라서 본 연구에서는 SMD타입의 LED유도등의 수명과 직접적 연관이 있는 전압, 전류, 전력 및 그 파형 등 전기적 특성을 분석하고 고찰하였다.

4. 실험 및 실험결과

4.1 시스템 구성

전기적 특성을 측정하기 위한 구성도는 Fig. 3과 같다.

Fig. 2. LED Current-Lumens Characteristic Curve

Fig. 3. Block Diagram of the System

전압과 전류의 파형과 그 값을 실시간으로 확인하기 위하여 오실로스코프를 사용하였으며, LED광원의 전력을 측정하기 위하여 파워미터를 사용하였다.

실험에서 측정한 항목은 광원의 수명과 관련 있는 전기적 특성인 LED전류, LED전력이며 또한 입력단 AC전류도 함께 측정하였다. Fig. 1에서 나타낸 것과 같이 AC전원에서 AC/DC정류기로 유입되는 전류가 입력전류이며 광원전류는 구동회로인 DC/DC컨버터에서 LED로 유입되는 전류이다. 램프전력은 DC/DC컨버터에서 LED로 유입되는 전류와 전압으로 구해진 값을 말한다.

실험 시료는 국내 피난구유도등 단면 제품을 중형, 소형 등 크기별로 구분하여 실험을 수행하였으며 앞 절에서 설명한 것과 같이 SMD타입별 유도등의 특성을 해석하기 위하여 Top View LED와 Power LED를 사용하는 유도등을 구분하여 실험하였다.

4.2 실험결과

4.2.1 입력전류

앞 절에서 언급한 바와 같이 실험에 사용된 시료는 SMD타입 LED로서 두 분류로 나누어 실험을 수행하였다. 하나는 Power LED이고 다른 하나는 TOP View LED이다. 입력전류는 유도등으로는 유입되는 전체 전류를 말하며 AC입력전압이 일정하다면 이 전류로서 유도등의 소비전력을 쉽게 확인할 수 있다. A, B, C, D는 제조사 구분이며 M(중형), S(소형)는 유도등의 크기를 나타낸다. Power LED의 실험결과를 살펴보면, Fig. 4와 같이 중형의 경우 80 mA~90 mA의 전류를 나타내었고, 소형은 시료 A-S1, A-S2는 20 mA 이하 정도이고 시료 B-S1, B-S2는 45 mA 정도이다. 제조사에 따라 LED의 구동회로 등이 상이하여 입력전류의 값이 크게 차이가 난다. Top View LED는 Fig. 5와 같이 중형이 35 mA~55 mA 정도이고, 소형이 12 mA~30 mA 정도이다. 중형과 소형은 다른 제조사 시료 2개씩을 실험한 것이다. 같은 크기의 유도등에서 Power LED와 Top View LED의 소비전류를 보면 Top View LED 타입의 전류가 작게 흐르는 것을 알 수 있다.

Fig. 4. Input Current of EXIT Light for Power LED Type

Fig. 5. Input Current of EXIT Light for Top View LED Type

4.2.2 LED광원 전류

LED광원 전류는 유도등을 밝히기 위해 광원에만 흐르는 전류를 의미하며 이는 입력전류와는 다르다. 이 전류를 측정함으로써 입력전류와의 관계를 이용하여 유도등 구동회로의 손실 등을 계산하여 효율적인 설계하는데 도움을 줄 수 있다. Fig. 6은 Power LED의 크기별 광원전류를 나타낸 것이다. 중형의 경우는 580 mA~600 mA 정도이고 소형은 280 mA~430 mA 정도이다. 소형의 경우, 광원전류도 구동회로의 설계방법에 따라 100 mA 정도의 상당한 차이를 보인다. 이는 같은 크기의 유도등에서 보면, 24시간 상시 점등되어 있는 상태라면 B사의 광원에서 열 발생이 클 수 있으며 LED의 특성상 주변 온도가 높아지면 수명은 단축될 가능성이 있으므로 광원의 방열(heat sink)을 고려하여 설계해야 될 것이다. Fig. 7은 Top View LED의 크기별 광원전류이다. 중형은 380 mA~500 mA, 소형은 120~150 mA 정도의 전류가 흘렀다.

4.2.3 LED전력

LED전력은 유도등을 밝히기 위해 광원에만 흐르는 전류와 전압의 곱으로서 구할 수 있으며, 이는 유도등에 사용되는 광원의 소비전력을 의미하며 Fig. 2의 그래프에서 나타나는 LED광원의 적정 사용 등 수명 특성을 판단할 수 있다. Fig. 8은 Power LED의 크기별 전력을 나타낸 것이다. 실험에 사용된 Power LED의 정격 출력은 소형이 1 W, 중형이 2 W이다. 시료 A-S1, A-S2는 0.8 W 정도로서 정격전력 1 W의 범위에서

안정적으로 동작하고 있음을 알 수 있으며, 시료 B-S1, B-S2는 정격전력 1 W를 상회한 1.2~1.5 W 정도를 나타내고 있다. 또한 중형 C-M2의 전력은 정격 2 W를 초과하여 동작하고 있다. 이는 앞선 Fig. 4의 광원전류와 광 출력 특성 곡선에서 보듯이 정격 이상의 전류에서는 광 출력이 오히려 감소하고 LED주변으로 열이 발생하게 되어 LED광원 수명을 단축시키는 역효과를 보이게 된다. Fig. 9는 Top View LED의 크기별 전력을 나타낸 것이다. 중형의 출력전력은 1.2 W~1.4 W이고 소형은 0.5 W 이하이다. Power LED타입과 Top View LED타입을 비교해 보면 Top View LED타입의 소비전력이 Power LED타입보다 0.5배 정도로 작다는 것을 알 수 있다. 이는 Fig. 7의 LED전류에서 확인된 바와 같은 동일한 결과이다.

4.2.4 파형

DC/DC컨버터의 구동회로에서 LED광원을 제어하거나 인가하는 전압과 전류이므로 이때의 파형은 구동회로의 동작특성에 따라 부하단(광원)의 전기적 특성은 차이가 있을 수 있다. Fig. 10은 Power LED타입, 중형 유도등의 LED광원에서 측정한 전압, 전류, 전력파형이다. LED광원에 걸리는 전압은 DC전압이나 여기에 흐르는 전류는 맥동(ripple)이 550 mA 이상의 DC전류가 흐름을 볼 수 있다. 이때의 전력은 전압과 전류의 곱으로 나타나므로 부하(광원)에 걸리는 전력도 큰 맥동을 가지는 형태가 되며 그 최대값은 정격 2 W의 40% 이상을 초과하여 광원에 공급되는 것을 확인할 수 있다. 이는 전류의 과잉공급에 따른 정격초과로서 전류-광

Fig. 6. LED Current of EXIT Light for Power LED Type

Fig. 7. LED Current of EXIT Light for Top View LED Type

Fig. 8. LED Power of EXIT Light for Power LED Type

Fig. 9. LED Power of EXIT Light for Top View LED Type

Fig. 10. Waveforms of EXIT Light for Power LED Type (Medium Scale)

Fig. 11. Waveforms of EXIT Light for Top View LED Type (Medium Scale)

출력 특성곡선에서 보는 것처럼 정격초과분은 열로서 방출되어 LED에 온도를 높이며 수명을 단축시키는 결과를 초래할 수 있다. 열 방출은 방열판 등을 부착하여 줄일 수 있으나 과잉전류와 전력은 LED의 광출력을 감소시킨다.

Fig. 11은 Top View LED타입의 중형 유도등의 전압, 전류, 전력파형이다. LED광원의 정격출력 2 W의 범위인

최대 1.5 W의 값으로 안정적으로 동작하고 있음을 알 수 있으며 전압과 전류 또한 맥동이 아주 작은 양호한 파형 형태로 광원에 공급되고 있다. LED광원에 정격범위내의 양호한 파형의 전압과 전류가 공급된다면 LED광원의 수명 특성은 안정적이게 될 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 화재 등의 재난 시에 재실자의 피난을 안내하며 피난구의 위치를 알려주고, 외부로의 탈출 또는 피난층으로의 피난 경로를 안내하는 LED유도등 광원의 전기적 특성을 분석하였으며 이들 특성이 LED광원의 수명에 미치는 영향 등을 고찰하였다. 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, LED광원이 가지는 전기적 특성(전압, 전류, 전력)과 수명과의 관계를 해석하고, 소방대상물에 설치되고 있는 SMD타입의 Power LED타입과 Top View LED타입의 정격 전압과 전류, 전력 등의 전기적 특성을 분석하였다. 실험결과, Power LED타입은 광원전류가 580 mA~600 mA(중형) 정도이고 소형은 280 mA~430 mA 정도로 나타나 Top View LED타입의 전류 380 mA~500 mA(중형), 소형 120~150 mA보다 높게 나타났다. 전력 파형분석 결과, Top View LED타입은 전압, 전류, 전력 파형이 안정적이었으며 정격 출력 2 W의 범위 내에서 동작하고 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 Power LED타입은 LED광원에 맥동(ripple)이 550 mA(중형)이상의 DC전류가 흐르고 LED광원에 나타나는 전력 또한 큰 맥동을 가지는 형태이고 그 최대값은 정격범위의 20~40% 이상을 초과하여 광원에 공급되는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 2004년 이후 유도등이 상시점등으로 변경되어 24시간 동작하는 현 상황에서 유도등의 광원은 더욱 중요한 핵심소자임이 틀림없을 것이다. 따라서 LED유도등을 개발할 때는 LED전류-광 출력 특성곡선을 참고하여 광원의 전류와 전력을 정격범위 내에서 설계하고 또한 열방출 대책을 함께 고려하는 것이 제품의 품질개선 및 사후 관리에 도움이 될 것으로 생각된다.

References

- Hong, W.H., and Jeon, K.Y. (2005). A study on safe egress countermeasure in underground space through the analyzing survivors' exit patterns of Daegu city subway arson. *The Architectural Institute of Korea*, Vol. 21, No. 1, pp. 235-242.
- Jang, W.J., Han, J.S., Hong, S.K., Hong, S.U., and Jung, B.M. (2007). *High efficiency lighting technology*, Korea: Ah Jin publishing, pp. 167-169.
- Jeon, K.Y., Park, H.W., and Hong, W.H. (2003). The study about the behavior patterns of survivors and the application of them for designing the escape route at the subway fire in Daegu, *Proceedings of 2003 Autumn Annual Conference*, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 367-373.
- Kim, L.H., Lee, J.S., Jung, B.M., Jang, W.J., Han, S.B., Hong, C.H., et al. (2006). *High power LED and solid state lighting technology*, Korea: Ah Jin publishing, pp. 129-130.
- National Fire Agency. (2019). Technical standards of product inspection and approval of a type of Exit light. Code No. 2019-15.
- NFSC 303. (2004). Fire safety standards for exit lights and exit signs. Code No. 2004-25, National Fire Agency.

Received	January 8, 2021
Revised	January 11, 2021
Accepted	January 29, 2021