

시스템 LED 조명의 전기적·열적 안전성 확보 방안에 대한 연구

김영우¹, 김충혁² , 최운식³ 

¹ 한국화학융합시험연구원

² 광운대학교 인제니움학부

³ 세한대학교 기술교육과

A Study on the Electrical and Thermal Safety of System LED Lighting

Yeong Woo Kim¹, Chung Hyeok Kim², and Woon Shik Choi³

¹ Korea Testing&Researching Institute (KTR), Gwacheon 13810, Korea

² Department of Ingenium, Kwangwoon University, Seoul 01890, Korea

³ Department of Technical Education, Sehan University, Yeongam 58447, Korea

(Received June 12, 2020; Revised August 11, 2020; Accepted August 11, 2020)

Abstract: This study tested the electrical, structural, and thermal safety of LED lighting products, available on the market. Five recessed LED systems, 20 W each, and five fixed LED systems, 25 W each, were selected. Dielectric strength tests, live part electric shock protection tests, and thermal tests were conducted on the LEDs. These were key tests for user safety, according to the specification of the safety criteria for electric products, KC 60598-1, South Korea. In addition, the wiring temperature of UL1007, 60227 IEC 08, and UTP cables, was measured. The results of the study gave an in-depth examination of the safety of LED lighting systems for users.

Keywords: System LED lighting, Safety standards, UTP cables

1. 서론

1.1 연구의 배경

국내에서 LED 조명기기를 조립하고 생산하여 대어 또는 판매하거나 사용할 때 LED 조명기기로 인한 화재나 감전 등의 위험으로부터 사용자의 신체, 재산, 생명을 보호하기 위한 목적으로 전기용품 및 생활용품 안전관리법 제5조의 규정으로 KC 전기용품 안전인증을 하게 되어 있다 [1,2]. 형광등, 백열등에서 LED 조명으

로 발전하여 빛을 제공하는 기능 외에 주변 경관, 광효율을 비롯하여 최대 장점인 긴 수명과 저전력 및 고효율로 에너지 절감효과 면에서 기존 조명보다 좋은 특성을 나타내고 있다 [3-5].

최근에는 LED 조명에서 조금 더 발전하여 그림 1에서 보이는 것처럼 새로운 시스템 LED 조명으로 발전하고 있다. IT 기술과 LED 조명과의 융합을 통해서 에너지 절감이 획기적으로 가능해지고 친환경, 인간 중심(HCL) 그리고 사용자의 요구환경에 부합한 콘텐츠가 내장되어 있다. 이렇게 IT 기술이 융합된 시스템 LED 조명이 최근 대형 건설사와 빌딩 등으로 보급이 확산하고 있다. 그러나 시스템 LED 조명의 내구성 및 충전부 감전보호 안전성에 대한 검증 기준이 없는 상황이다. 그로 인해 사용자의 안전 문제가 대두되고 있다.

위와 같이 새로운 조명제품이 개발, 보급되는 환경에서는 기존의 안전관리체계와는 다른 별도의 안전성

✉ Chung Hyeok Kim; hyeokkim@kw.ac.kr
 Woon Shik Choi; cws@sehan.ac.kr

Copyright ©2020 KIEEME. All rights reserved.
 This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

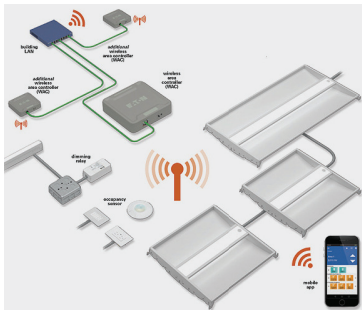


Fig. 1. System LED lighting conceptual diagram.

확보가 시급한 실정으로 사용자의 안전성 확보를 위한 안전관리표준안이 만들어져야 한다.

본 논문에서는 국내에서 사용되는 시스템 LED 조명을 위한 안전성 확보 방안에 관해서 연구하였다. 시중에서 판매되고 있는 시스템 LED 조명제품 가운데 매입형 20 W 5개와 고정형 25 W 5개를 포함해 총 10종의 시료에 대해 KC 60598-1의 인증기준에 따라 시험하였다 [2,6].

1.2 시스템 LED 조명 기술

시스템 LED 조명은 IT 기술과 LED 조명과의 결합을 통해 조명을 자동 또는 수동으로 밝기를 제어함으로써, 에너지 절감이 가능하고 인간 중심, 친환경적이며 사용자 요구환경에 부합되는 콘텐츠가 내장된 기술 융합형의 시스템화된 차세대 조명이다 [1,6]. 시스템 LED 조명은 네트워크 연결이 가능한 전자 부품을 내장하여 LED 제어시스템을 구성할 수 있다. 표준 유선 통신과 무선 통신 혹은 두 가지 모두를 사용하여 네트워크 및 사람과 연결이 된다 [7].

최근의 LED 조명제어시스템은 DALI (digital addressable lighting interface) 등 효율적인 기술이 계속 개발되고 있는 추세이며, DALI 통신으로 LED 디밍을 1~100%까지 조절이 가능해졌고 이에 따라 DALI와 같은 기술이 적용된 시스템 LED 조명에서는 디밍 기능을 적극적으로 활용해 사람의 행동과 공간 활용에 따라 단순한 on/off의 기능 외에 조명시나리오를 통해 디밍 제어, 개별 제어 등 지능적으로 제어할 수 있다.

1.3 LED 조명의 위해 사례 및 표준

시스템 LED 조명은 디밍 및 조도를 설계값보다 낮게 제어할 수 있는 기능을 내포하고 있어 플리커 발생

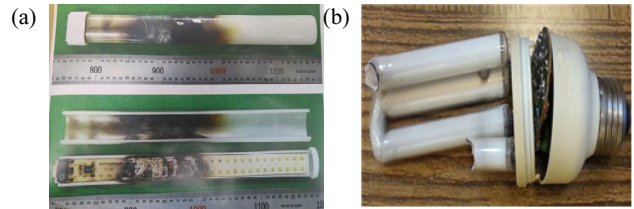


Fig. 2. LED lighting safety accident. (a) LED lamp fire and (b) explosion due to misuse.

Table 1. Safety hazardous current state of recalls.

Category	2015 (First half)	2015 (Second half)	2016	2017
Safety investigation	196	104	121	136
Case of lack of safety	51 (26%)	31 (30%)	18 (15%)	19 (14%)
Total	119 (23%)			

Table 2. Safety hazardous current state of contents.

Category	2015 (First half)	2015 (Second half)	2016	2017	Total
Electric strength	24	9	6	4	43
Electric shock	20	20	9	11	60
Creepage distance and clearances	11	24	0	2	37
No label	0	0	0	1	1
No ground	11	0	2	4	17
Changing parts	30	25	13	9	77
Thermal test	2	1	0	0	3
Total	98	79	30	31	238

으로 광 과민성 뇌전증에 의한 발작 증세가 나타나기도 한다 [8]. 시스템 LED 조명의 핵심품목인 LED 등기구는 전기용품 안전성 조사 시 위해품목으로 지정되어 매년 사후관리를 시행하고 있다. 그림 2와 같이 제품의 오사용에 의한 안전 문제가 빈번하여 언론 매체에서 지속적인 보도가 되고 있는 실정이다.

국가기술표준원에서 2015~2017년까지 전기용품 안전성 조사를 한 결과를 표 1에 나타내었다. 최근 3년간 LED 조명 위해 리콜 사례는 전체 119건이며 점차 개선되는 추세를 보인다 [9].

국가기술표준원에서 2015~2017년 리콜 현황에 대한 조사로 LED 조명 위해 내용 현황은 표 2와 같다. 위해사항이 총 238건으로 안전성이 매우 미흡한 것으로 나타났다.

제품을 인증받았던 당시와 다르게 사용자의 손이 전기가 통하는 충전부에 닿을 수 있는 구조로 설계 또는 변경되어 있었다. 또한, 외부케이스와 LED 모듈 간 절연 거리가 기준치 미달로 확인되어 감전의 위험이 있었다. 발광부 및 덮개의 표면 온도가 기준치를 초과하여 화상의 위험이 있었고 제품 대부분은 원가 절감 등의 이유로 주요 부품(LED 모듈, 컨버터, 내부 회로, 전원 전선)을 변경하거나 빠뜨린 채 제조하여 제품 사용 시 화재 위험이 있는 것으로 나타났다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 표 3에 나타난 것처럼 매입형 20 W 와 고정형 25 W 시스템 LED 조명으로 KC 인증을 받아 시중에 판매 중인 제품 2개 품목, 10개 제품에 대해 안전성 검사를 시행하였다. 측정 방법으로는 사용자 안전에 가장 취약한 절연 내력 시험, 충전부 감전보호 시험, 열 시험을 통하여 전기적, 구조적, 열적 안전성에 대하여 시험을 진행하였다.

표 4는 대표적인 측정 시료들의 세부 사항을 나타낸 것이다. 측정한 시료 10개 제품 모두 전원 입력 방식은 CAT. 6 UTP Cable이며 전선의 굵기는 AWG 24(0.2 mm)로 적용되어 있다.

Table 3. Measurement sample list.

Item	Kinds	Rating	Safety investigation
System LED luminaire	Fixed type	25 W	5 EA
	Recessed type	20 W	5 EA

Table 4. Measurement sample specification.

Sample	Rated input	Rated power	Kinds	Power input method
Recessed 20 W	220 V	DC 48 V	Recessed type	Category cable 24 AWG
	20 W			
Fixed 25 W	220 V	DC 40 V (maximum dimming)	Fixed type	Category cable 24 AWG
	25 W			
	60 Hz	DC 40 V (minimum dimming)		

2.1 절연내력 시험

절연 내력 시험은 두 개의 도체나 금속 부위에 전압을 인가하여 전압을 어느 정도 견딜 수 있는지에 대한 내구성 시험이다 [10]. 표 5의 절연 내력 시험규격에 맞추어 실시하였다. 시료는 1종, 2종, 3종 등기구로 나누어 실험하였고, 1종 등기구는 1,440 V의 전압을 인가하였고, 2종 등기구는 2,880 V, 3종 등기구는 DC 500 V의 전압을 인가하여 시험하였다 [6].

Table 5. section 10 withstand voltage test specification of KC 60598-1.

Insulation of parts	Test voltage V		
	Class I luminaires	Class II luminaires	Class III luminaires
SELV:			
Between current-carrying parts of different polarity	a	a	a
Between current-carrying parts and the mounting surface*	a	a	a
Between current-carrying parts and metal parts of the luminaire	a	a	a
Other than SELV:			
Between live parts of different polarity	b	b	-
Between live parts and the mounting surface*	b	b and c, or d	-
Between live parts and metal parts of the luminaire	b	b and c, or d	-
Between live parts which can become of different polarity through action of a switch	b	b and c, or d	-
Basic insulation for voltages of SELV (a)	500		
Basic insulation for voltages other than SELV (b)	2U+1,000		
Supplementary insulation (c)	2U+1,000		
Double or reinforced insulation (d)	4U+2,000		

* The mounting surface is covered with metal foil for the purpose of this test.

U=working voltage

표 6, 표 7에서 보는 것처럼 절연내력에 대한 안전성 시험 결과 매입형 20 W 시료는 규격에 맞추어 1분 동안 전압 인가 시 모두 견뎌내었다. 그림 3은 전압 인가를 견디지 못한 고정형 25 W 시료의 부적합 판정의 그림을 나타내었다. 1종, 2종 등기구의 경우 구동장치 출력에 제한이 없어 절연 내력에 취약한 제품이 많은 편이나, 3종 등기구는 1종, 2종 등기구와는 다른 구조로 구동장치 출력 전압에 의한 감전사고를 방지하

Table 6. Recessed type luminaire withstanding voltage test.

Sample	Sample No.	Test - electric strength	Note
Company A recessed 20 W	1	Suitability	Class I
Company B recessed 20 W	2	Suitability	Class II
Company C recessed 20 W	3	Suitability	Class III
Company D recessed 20 W	4	Suitability	Class III
Company E recessed 20 W	5	Suitability	Class III

Table 7. Fixed type luminaire withstanding voltage test.

Sample	Sample No.	Test - electric strength	Note
Company A fixed 25 W	1	Unsuitable	Class I
Company B fixed 25 W	2	Suitability	Class II
Company C fixed 25 W	3	Suitability	Class III
Company D fixed 25 W	4	Suitability	Class III
Company E fixed 25 W	5	Suitability	Class III



Fig. 3. Withstand voltage test unsuitable sample.

기 위해 입력 전압을 SELV 전압으로 제한하여 절연내력시험 결과 해당 기준에 적합 판정을 받았다.

2.2 충전부 감전보호 시험

표 8에 나와 있는 KC 60598-1의 8절 충전부 감전보호 시험규격에 맞추어 시행하였다. 필요 시 등기구를 열었을 때 전기가 통하는 부분이 사람의 신체와 접근이 어렵게 만들어야 한다. 충전부 커버는 어느 정도의 단단한 강도를 가져야 한다. 또한, 필요 시 커버를 개방할 때 공구 없이 열 수 없는 구조여야 하며 충전부는 테스트 핑거가 접촉할 수 없어야 한다 [6].

그림 4에서 보이는 것과 같이 충전부의 커버가 공구 없이 열 수 있는 구조로 된 제품은 10개의 시료 중 1개의 시료에서 부적합 판정이 나왔다.

그림 5는 충전부 덮개를 열었을 때의 내부 전면도이

Table 8. Protection test against an electrical shock test specification.

Category	Detail	Note
Protection against electric shock	Luminaires shall be so constructed that their live parts are not accessible when the luminaire has been installed and wired as in normal use, and when it is opened as necessary for replacing lamps or (replaceable) starters, even if the operation cannot be achieved by hand.	Class 3 luminaires may expose the current carriers of SELV circuits under the following conditions: In the case of ordinary luminaires, the voltage at load should not exceed 25 V (RMS value) or 60 V non-pulsating DC, and if it exceeds 25 V (RMS value) or 60 V DC, the contact current shall not exceed the following. AC: 0.7 mA (peak) DC: 2.0 mA

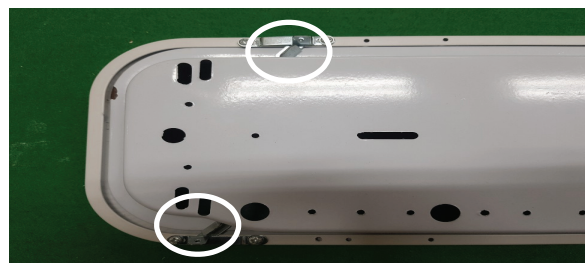


Fig. 4. Safety inspection fail charger cover.

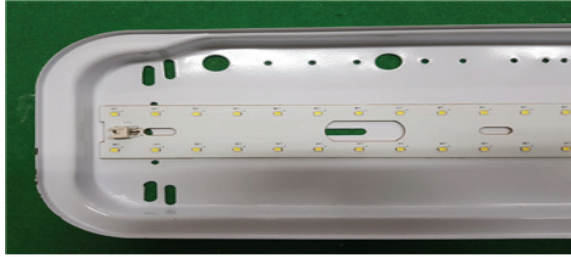


Fig. 5. Live parts possible for the contact of a test finger.

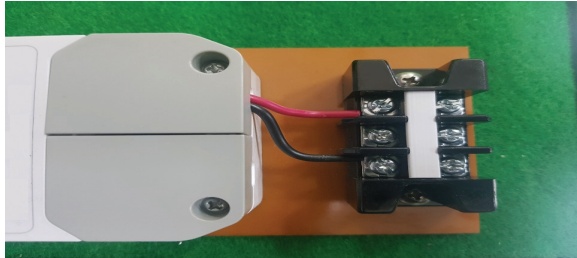


Fig. 6. Safety inspection fail power terminal.

Table 9. Recessed and fixed type protection test against an electrical shock.

Sample	Sample No.	Protection against electric shock	Note
Company A recessed 20 W	1	Suitability	
Company B recessed 20 W	2	Unsuitable	Live part cover remove without tools
Company C recessed 20 W	3	Suitability	
Company D recessed 20 W	4	Suitability	live part test finger contact
Company E recessed 20 W	5	Suitability	
Company A fixed 25 W	1	Suitability	
Company B fixed 25 W	2	Unsuitable	Power terminal test finger contact
Company C fixed 25 W	3	Suitability	
Company D fixed 25 W	4	Suitability	
Company E fixed 25 W	5	Suitability	

다. 충전부에 테스트 핑거로 쉽게 접촉이 가능한 구조로 되어 있어 충전부 감전보호 시험에 부적합한 시료이다.

그림 6과 같이 전원 단자에 덮개가 없어 테스트 핑

거로 접촉할 수 있는 구조로 되어 있는 위와 같은 시료 역시 부적합으로 나타났다.

2.3 열시험

정상 동작을 나타내는 상황에서 등기구의 어떤 부분이나 등기구 내의 전원 배선 또는 부착 표면은 안전을 저하시킬 수 있는 온도에 도달해서는 안 된다. 등기구가 동작 온도에 있을 때 손에 의해 닿거나 취급 또는 조절하기 위해 쥐는 부분은 그 목적에 맞게 너무 뜨거워서는 안 되며, 조명을 받는 물체를 과도하게 가열해서는 안 된다.

열 시험은 표 10에 나와 있는 KC 60598-1의 12절 내구성 시험과 열 시험 규격에 따라 구동장치 외함과 광 확산 커버, 내부배선, 부착부로 구간을 나누어 측정하였으며 분석 환경은 주변 환경에 영향을 미치지 않은 조건인 그림 7과 같이 KC 60598-1 부속서 D의 무풍실 환경에 장착한 후 측정하였다 [6].

Table 10. Thermal test temperature specification.

Part	Maximum temperature °C
If t_c is marked	t_c
If t_c is not marked	50
Mounting surface:	
Normally flammable surface	90
Non-combustible surface	not measured
Thermoplastics:	
Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	95
Polymethyl methacrylate (acrylic)	90
Polyvinyl chloride (PVC)	100
Polyamide (nylon)	120
Thermosetting plastics:	
Mineral-filled phenol-formaldehyde (PF)	165
Cellulose-filled phenol-formaldehyde (PF)	140
Melamine	100
Glassfibre-reinforced polyester (GRP)	130



Fig. 7. Measurement environment.

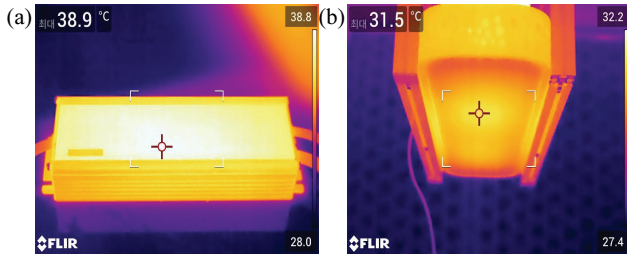


Fig. 8. Temperature of the converter and the cover under maximum dimming. (a) Temperature of the converter and (b) temperature of the cover.

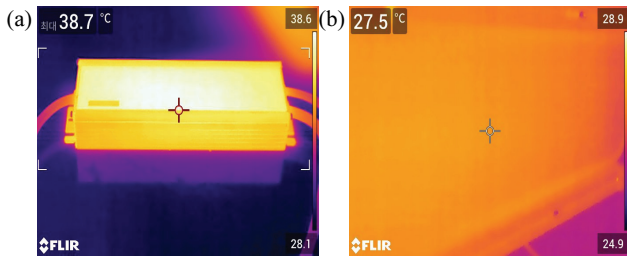


Fig. 9. Temperature of the converter and the cover under minimum dimming. (a) Temperature of the converter and (b) temperature of the cover.

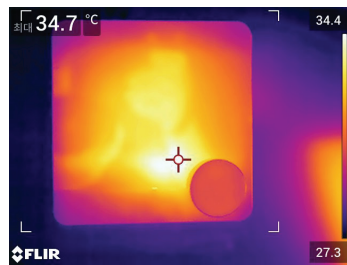


Fig. 10. Fixed type 25 W dimmer temperature.

위 그림 8~10은 고정형 25 W급 시스템 LED 조명을 열화상 카메라를 이용하여 시스템 LED 조명 등기구 구동 시 온도를 최대 디밍과 최소 디밍으로 나누어 측정한 것이다. 디밍 최대 시 구동장치 외함의 온도 38.9°C, 광 확산 커버의 온도는 31.5°C로 측정되었고 디밍 최소 시 각각 38.7°C, 27.5°C로 측정되었다. 그리고 밝기를 조절하는 디머는 34.7°C로 측정되었다.

표 11에서 보는 것처럼 열화상 카메라를 이용하여 시스템 LED 조명 등기구의 각 부의 온도를 측정하여 열적 안정성에 대해 확인하였다. 시험 결과 열 시험 온도 규정에 따라 매입형 20 W와 고정형 25 W 시료 모두 안전함을 확인하였다.

Table 11. Recessed and fixed type luminaire thermal test.

Sample	Sample No.	Thermal test
Company A recessed 20 W	1	Suitability
Company B recessed 20 W	2	
Company C recessed 20 W	3	
Company D recessed 20 W	4	
Company E recessed 20 W	5	
Company A fixed 25 W	1	Suitability
Company B fixed 25 W	2	
Company C fixed 25 W	3	
Company D fixed 25 W	4	
Company E fixed 25 W	5	

2.4 배선 온도 비교시험

배선 온도 시험은 시스템 LED 조명에서 전선의 절연 파괴에 따른 감전사고 및 등기구 부하 출력에 견디지 못하는 전선을 사용하였을 때 안전을 담보할 수 있는 안전기준 확보를 목적으로 하고 있다.

인명과 재산에 영향을 미치는 위험에 관련된 재료 등을 테스트하는 시험소인 미국의 UL (underwriter's laboratory) 기관의 인증을 받은 UL1007 전선과 KC 60598-1의 배선 기준인 60227 IEC 전선, 시스템 LED

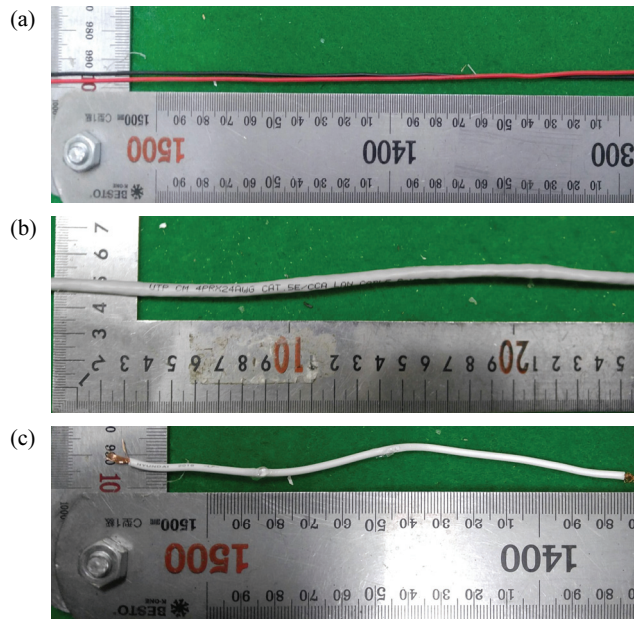
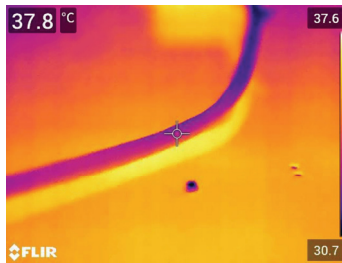
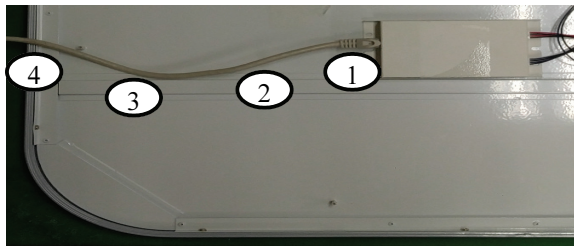


Fig. 11. (a) UL1007, (b) UTP cable, and (c) 60227 IEC.

Table 12. Wiring temperature specification.

Part	Maximum temperature °C
Insulation of wiring (internal and external)	
Glassfibre silicone-varnish impregnated	200
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	250
Silicone rubber (not stressed)	200
Silicone rubber (compressive stressed only)	170
Ordinary polyvinyl chloride (PVC)	90
Heat-resisting polyvinyl chloride (PVC)	105
Ethylene vinyl acetate (EVA)	140

**Fig. 12.** 55 W luminaire UTP cable temperature.**Fig. 13.** Wiring temperature point.

조명에서 통신 및 전력을 담당하는 UTP cable의 온도를 비교하였다. 95 W, 71 W, 55 W 등기구로 각 전선의 구간을 나누어 측정하였고 분석 환경은 주변 환경에 영향을 미치지 않은 조건인 부속서 D의 무풍실 환경에 장착한 후 측정하였다.

시험은 95 W, 71 W, 55 W급 등기구에서 각 전선만 바꾸어 동일한 시료로 진행하였으며 시험을 진행한 각 배선의 온도 지점은 그림 13에서 보이는 것처럼 각 전선의 길이에 맞춰 4등분 하여 양 끝 지점과 중간에 2개 지점으로 나누어 측정하였다.

이상의 조건에서 시험한 결과, 표 13에서 보이는 것처럼 UTP cable에서는 심선 두께가 얇아 기존 전선보

Table 13. Luminaire wiring temperature test.

Category	UL1007	60227 IEC 08	UTP cable
95 W luminaire temperature by wiring type			
Point 1	42.9	37.1	52.6
Point 2	44.8	36.6	56.4
Point 3	39.6	35.0	47.7
Point 4	40.4	36.1	47.7
Average	41.9	36.2	51.1
71 W luminaire temperature by wiring type			
Point 1	37.4	37.7	44.9
Point 2	39.7	35.4	47.1
Point 3	36.0	32.4	41.7
Point 4	67.6	33.6	41.8
Average	37.7	34.8	43.9
55 W luminaire temperature by wiring type			
Point 1	35.5	34.5	38.9
Point 2	35.9	32.5	40.2
Point 3	34.4	30.4	37.1
Point 4	35.0	31.0	37.8
Average	35.2	32.1	38.5

다 온도가 10°C가량 증가하는 것으로 나타났고 미국 UL에서 인증받은 UL1007과 KC 60598-1의 배선 기준인 60227 IEC, UTP cable 모두 기존 KC 60598-1의 적합성 판정 기준인 배선의 온도규정 90°C 이하 규정에 적합한 것으로 나타났다.

3. 결과 및 고찰

본 논문에서는 LED 조명의 안전성 시험인 절연내력 시험, 충전부 감전보호 시험, 열 시험, 배선온도 비교 시험의 결과 절연내력 시험에서는 KC 60598-1 규격의 절연 내력 안전성 시험에서 안전초저전압(SELV)으로 제한되는 3종 등기구의 안전기준인 DC 500 V의 전압을 가하는 6개의 시료 모두 1분 동안 견뎌내어 안전성 기준에 적합하였다.

안전기준이 1,440 V인 1종 등기구 1개의 시료에서 부적합 판정, 안전기준이 2,880 V인 2종 등기구는 적합 판정으로 1종 등기구는 사용자 안전에 미흡한 것을 시험 결과로부터 확인하였다.

Table 14. Safety requirements for system LED lighting.

Safety requirements for system LED lighting	
Creepage distances and clearances	The creepage distances and clearances of KC 60598-1 apply
Terminals	The terminals of KC 60598-1 apply
Internal and external wiring	The internal and external wiring of KC 60598-1 is apply
Protection against electric shock	The protection against electric shock of KC 60598-1 is apply
Endurance test and thermal test	The endurance test and thermal test of KC 60598-1 is apply
Insulation resistance and electric strength	The insulation resistance and electric strength of KC 60598-1 is apply
System luminaire drive	The driving device of the system LED lighting must be a standalone SELV converter
Working voltage of system luminaire	The waveform is limited to DC and the maximum voltage is limited to 60 V

열 시험에서는 주변 환경에 영향을 미치지 않는 무풍실 환경에서 열화상카메라를 이용하여 시스템 LED 조명 등기구의 각 부의 온도를 측정된 결과 25개의 시료 모두 적합한 것으로 나타났다.

배선 온도 비교시험에서는 열 시험과 마찬가지로 무풍실 환경에서 UL1007 전선과 60227 IEC 전선, UTP cable의 온도를 비교하였고 3개 전선 모두 적합성 판정 기준인 온도규정 90°C 이하 규정에 적합한 것으로 나타났다. 그러나 일반 LED 등기구의 배선 기준이 0.5 mm 이상인 조건을 고려하였을 때, 시스템 LED 조명의 AWG 24 (0.2 mm) 배선은 DC 출력으로 사용하는 시스템에서만 사용하는 것이 안전할 것으로 판단되었다.

본 연구를 통하여 시스템 LED 조명의 안전기준이 미비한 상황에서 제조 비용 절감으로 인한 부품 변경, 감전보호 및 절연 저항이 미흡한 것으로 나타났으며, 시스템 LED 조명에 대한 안전기준이 없어 제품의 품질이 떨어지고 사용자의 안전에 위협이 발생할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

고층 건물 및 사무실, 신축 아파트를 중심으로 사용되고 있는 시스템 LED 조명에 대한 화재 및 감전 위험성이 충분히 인지되지 않아 시스템 LED 조명의 안전성 확보를 위한 안전 요구사항이 필수적인 상황이다. 연구 결과를 바탕으로 시스템 LED 조명의 국내 전기용품 안전성 확보 방안을 표 14에 제시하였다.

4. 결론

본 연구를 통하여 안전기준이 마련되어 있지 않은 시스템 LED 조명에 대한 안전성 시험을 시행하였다. 국내에서 인증을 받은 제품 가운데 10개의 시료를 국내 전기용품 안전기준 KC 60598-1을 토대로 사용자 안전의 위협 요소를 규명하기 위하여 절연 내력 시험과 충전부 감전보호 시험, 열 시험, 배선 온도 비교시험을 시행하고 분석하였다.

시험 결과 시스템 LED 조명에 대하여 절연 저항 및 감전에 대한 보호가 취약한 것으로 파악되었으며, KC 인증을 받고 시판 중인 시스템 LED 조명의 컨버터 및 내부 구조의 경우 과도한 가격 경쟁으로 인해 제조사가 제품의 단가를 낮추기 위해 콘덴서와 같은 주요 부품의 제거, 내부 구조를 변경한 제품이 다수 있는 것으로 파악되었다. 이러한 이유로 감전, 화재 등의 안전성 문제가 발생할 수 있는 소지가 다분한 실정이다. 이와 같은 안전에 대한 문제로 시스템 LED 조명의 안전관리방안이 필요하다고 판단된다.

본 논문에서 표 14에 제시한 안전성 확보 방안을 검토하여 인증기준을 마련하고 국내에서 사용 중인 시스템 LED 조명에 대하여 지속적으로 안전성 점검과 사후관리가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구 결과는 시스템 LED 조명과 관련된 핵심 안전성 항목에 대한 연구 결과이지만 향후 시스템 전체의 안전기준에도 적용할 수 있을 것으로 판단되며, 국내 시스템 LED 조명 관련 표준을 제정할 때 참고자료가 되어 조명기기의 안전한 사용을 위한 구체적인 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 앞으로 지속적인 시스템 차원에서의 연구를 통해 안전기준이 정비되어 국내 시스템 LED 조명제품의 제조 및 보급 시 사용자의 안전 확보로 이어지기를 기대한다.

ORCID

Chung Hyeok Kim
Woon Shik Choi

<https://orcid.org/0000-0003-2694-0431>
<https://orcid.org/0000-0002-0759-1320>

감사의 글

이 논문은 2019년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

REFERENCES

- [1] KATS, *Safety Certification System*, <http://www.safetykorea.kr/policy/targetsSafetyCert2> (2018).
- [2] ETL, Domestic Certification, *Technical Regulations for Electrical and Telecommunication Products and Components*, <http://www.etl.re.kr/internal/k.html> (2015).
- [3] Bucheon City Official Blog, *What is the truth of low power, high efficiency lighting and LED lighting?* <https://bucheon.tistory.com/1295> (2012).
- [4] S. J. Kim, D. G. Kim, I. K. Kim, and G. S. Kil, *Proc. the Kieeme Annual Summer Conference* (KIEEME, Gangneung, Korea, 2012) p. 276.
- [5] D. G. Kim, C. H. Jin, J. Y. Lee, H. E. Jo, and G. S. Kil, *Proc. the Kieeme Annual Summer Conference* (KIEEME, Gangneung, Korea, 2012) p. 277.
- [6] KATS, KC 60598-1 Technical Regulations for Electrical and Telecommunication Products and Components (2015).
- [7] PHILIPS, Education, Connected Lighting, *How Connected Lighting Works*, <http://www.usa.lighting.philips.com/education.connected-lighting> (2018).
- [8] M. Heo, J. J. Go, and C. H. Kim, *J. Korean Inst. Electr. Electron. Mater. Eng.*, **29**, 729 (2016). [DOI: <https://doi.org/10.4313/JKEM.2016.29.11.729>]
- [9] KATS, Product Market Management Division, 2017 Safety Investigation Plan (2017).
- [10] KAST, Engineering Co., Ltd., *Electrical Safety Tester*, http://www.kasteng.com/~ftp_kasteng/eng_board/pro_view.phpSTR_CATE_SEQ=36&STR_CATE_LEVEL=2&TName=EngBoard_Product_product&TSeq=1 (2009).