

## A Study on the Insulation Characteristics of LED Lamps for Load and Street Lighting

김향곤<sup>†</sup> · 길형준\* · 김동욱\*\* · 김동우\*\*  
 (Hyang-Kon Kim · Hyoung-Jun Gil · Dong-Ook Kim · Dong-Woo Kim)

**Abstract** - In this paper, we studied insulation characteristics of LED lamps for load and street lighting. LED lamps can be divided into internal type and external type according to converter type. In this study, we analyzed technology standard, K(Electrical Appliances Safety Standards) and KS(Korean Industrial Standards) about insulation resistance for LED lamps for load and street lighting, and measured insulation resistances for each measured point. Mostly, insulation resistances were measured high more than regulation value but some measured points were measured badly. We expect that the results of these experiments would be helpful for electrical safety of LED lighting installation, manufacture, construction and maintenance.

**Key Words** : LED Lamps, Insulation Resistance, External Converter, Internal Converter, Electric Safety

### 1. 서론

최근 세계 각국에서 지구 환경오염의 감소와 친환경에너지의 이용을 위한 다각적인 노력이 이루어지고 있다. 우리나라에서도 정부기관에서는 저탄소 녹색성장이라는 기조아래 신재생에너지의 개발과 보급에 힘쓰고 있으며 국가 경쟁력 확보와 에너지의 효율적인 활용을 위한 미래성장동력산업분야를 발굴하여 육성하고 있다. 이중 LED는 미래성장동력의 하나로 기술개발과 함께 지속적인 보급이 이루어지고 있다. LED 조명의 경우 기존의 백열전구, 형광등, 나트륨등, 할로겐등을 대체하는 조명기구로 각광을 받고 있다. 기존의 조명기구보다 낮은 소비전력을 사용할 수 있다는 장점과 장수명의 특징을 가지고 있지만 LED 조명등기구가 기존의 등기구가 가지고 있는 장점을 현재로서는 모두 만족할 수는 없을 것으로 생각된다. 그러나 관계기관과 기업체, 연구소, 학계 등에서 다양한 기술개발과 실용화를 위한 연구를 수행하고 있어 머지않아 현재 안고 있는 기술적인 문제들은 해결될 것으로 생각된다.

LED 조명은 발광다이오드를 이용하여 조명하는 방식으로 전기에너지가 빛 에너지로 바뀌는 과정에서 열이 발생하게 된다. 이때 발생한 열에 의해 전기화재 등 재해가 발생할 수 있으며, 옥외의 외부 환경에 노출되어 시설되는 가로

등과 보안등기구의 경우 습기, 먼지, 자외선 등 환경적 영향을 많이 받게 된다. 빗물이나 습기, 온도차 등에 의한 수분의 영향으로 LED 조명등기구의 절연성능이 저하되어 누전에 의한 감전사고나 절연파괴로 인하여 화재가 발생할 수 있다. 최근 가로등, 보안등, 경관조명 등 LED 조명설비의 설치가 증가하고 있으며 LED 조명과 관련된 전기용품안전기준(K)이나 한국산업규격(KS) 등이 제·개정되고 있으며 [1-7], 전기안전에 대한 성능 검증과 안전 확보를 위한 지속적인 연구와 기술개발이 요구된다[8-10].

본 연구에서는 이러한 LED 가로등 및 보안등기구의 절연 열화에 의한 감전사고와 화재사고의 예방을 위하여 현재, 시중에 판매, 시설되고 있는 LED 가로등 및 보안등기구의 절연성능에 대하여 측정, 분석하였다. 연구 결과는 현장에 설치되는 LED 조명등기구의 전기안전 확인 및 검증을 위한 자료로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 2. 이론적 배경

LED 가로등 및 보안등은 옥외에 시설되는 전기설비로 주위의 환경적 영향을 많이 받게 된다. 특히 자체의 발열이나 습기, 먼지 등에 의해 성능이 저하하게 된다. LED 가로등 및 보안등기구는 등기구 내부로의 습기유입 또는 온도차에 의한 습기발생 등으로 극간이나 단자와 외함 사이의 절연이 열화하여 누설전류가 흘러 화재나 감전사고가 발생할 수 있다, 이러한 전기 재해를 사전에 예방하기 위하여 전기설비의 절연상태를 확인하고 일정 값 이상을 유지하도록 규정하고 있다. LED 가로등 및 보안등설비의 절연저항과 관련하여 전기설비기술기준[11], 전기용품안전기준(K), 한국산업규격(KS) 등을 분석하였다.

#### 2.1 전기설비기술기준의 검토 분석

전기설비기술기준의 판단기준 제13조(전로의 절연 및 절

<sup>†</sup> 교신저자, 시니어회원 : 전기안전연구원 화재감전예방팀 책임연구원  
 E-mail: kon0704@kesco.or.kr

\* 정 회 원 : 전기안전연구원 화재감전예방팀 선임연구원 · 공박

\*\* 정 회 원 : 전기안전연구원 화재감전예방팀 주임연구원

접수일자 : 2009년 11월 2일

최종완료 : 2009년 11월 14일

<본 논문은 본 학회 2009년도 전기설비전문위원회 추계학술대회에서 우수논문으로 선정되어 편집위원회에서 심사 후 본 논문에 게재 되었음>

연내력)에 의하면 “사용전압이 저압인 전로에서 정전이 어려운 경우 등 절연저항 측정이 곤란한 경우에는 누설전류를 1[mA] 이하로 유지하여야 한다.”라고 규정하고 있으며, 제 52조(저압전로의 절연성능)에서 “전기 사용 장소의 사용전압이 저압인 전로의 전선 상호간 및 전로와 대지간의 절연저항은 개폐기 또는 과전류차단기로 구분할 수 있는 전로마다 다음 표 1에서 정한 값 이상이어야 한다.”라고 규정하고 있다. 결과적으로 단상 220[V]의 전압을 수전받는 LED 조명설비는 0.2[MΩ] 이상의 절연을 유지하여야 한다.

표 1 사용전압과 절연저항

Table 1 Insulation resistance and nominal voltage

전로의 사용전압 구분		절연저항
400V 미만	대지전압(접지식 전로는 전선과 대지간의 전압, 비접지식 전로는 전선간의 전압을 말한다. 이하 같다)이 150V 이하인 경우	0.1 MΩ
	대지전압이 150V 초과 300V 이하인 경우	0.2 MΩ
	사용전압이 300V 초과 400V 미만인 경우	0.3 MΩ
400V 이상		0.4 MΩ

2.2 전기용품안전기준(K)의 검토 분석

전기용품안전관리법에 따라 LED 가로등 및 보안등의 등기구, 조명기구용 컨버터(전원공급장치 포함)는 안전인증대상이며, LED 램프는 자율안전 확인대상이다. 일반 조명용 LED 모듈의 안전요구사항은 K 62301(IEC 62301 2008)에서 규정하고 있으며 K 61347-1(램프구동장치 제1부:일반 및 안전요구사항, 2006)의 11절의 요구사항을 적용하도록 하고 있다. 시험은 직류 500[V] 절연저항계로 절연저항을 측정하며 절연된 덮개나 외함으로 된 제품은 금속호일로 싸며, 기초 절연의 절연저항은 2[MΩ] 이상이어야 한다. 측정점은 분리되어 있거나 분리할 수 있는 다른 극성의 충전부사이, 충전부와 외부 부품사이(고정 볼트 포함), 충전부와 조질단자 사이이다. 절연저항 측정시 모든 출력단자와 접지단자 사이의 내부 연결 또는 부품은 제거하도록 하고 있다.

2.3 한국산업규격(KS)의 검토 분석

LED 가로등 및 보안등기구의 안전과 성능의 요구사항에 대하여 KS C 7658(2009)에서 규정하고 있으며, 절연저항은 KS C IEC 60598-1(등기구-제1부 : 일반요구사항 및 시험, 2008)의 10.2에 따르며 시험방법은 시험대상에 대략 500[V] 직류전압을 적용한 후 측정하며, 등기구의 SELV부분의 절연측정에 대해서는 DC 100[V]를 인가하여 측정한다. 측정된 절연저항 값은 표 2의 절연저항 값보다 작아서는 안 된다.

표 2 LED 가로등 및 보안등기구의 절연저항

Table 2 Insulation resistance of LED lamps for load and street lighting

구 분	최소값	시험전압
1종 등기구	2MΩ	직류 500V, 1초
금속제 외함의 2종 등기구	2MΩ	직류 500V, 1초
인가전압 25V 이상의 금속제 외함의 3종 등기구	2MΩ	직류 100V, 1초
외함 절연형 2종, 3종 등기구	적용하지 않음	

3. 실험방법

그림 1은 LED 조명설비의 일반적인 회로구성과 절연저항 측정을 위한 시험전압을 나타낸 것이다. 대부분의 LED 조명설비는 AC의 사용전원을 입력받아 AD/DC 컨버터(램프구동장치 등)를 통하여 DC로 변환한 후 LED 모듈에 전기를 공급하는 방식으로 되어 있다. 실험에 사용된 LED 가로등 및 보안등기구의 사양은 표 3과 같이 AC/DC 컨버터의 위치가 등기구 외부에 독립된 형태(외장형)와 등기구 내부에 내장된 형태(내장형)에 대하여 각각의 상태에 있어서의 절연저항을 측정, 분석하였다.

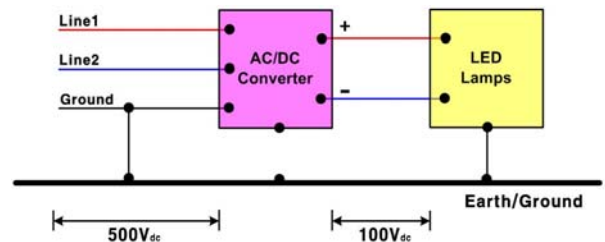


그림 1 LED 조명설비의 회로구성 및 절연저항 측정

Fig. 1 The electric circuit and insulation resistance measurement of LED light facilities

표 3 실험에 사용된 LED 가로등 및 보안등의 사양

Table 3 Specification of LED load and street lights using experiments

구 분	소비전력[W]	AC/DC 컨버터 유형
가로 등1	120	외장형(별도 case)
가로 등2	150	내장형(별도 case)
보안 등1	55	외장형(별도 case)
보안 등2	50	내장형(case 없음)

LED 가로등 및 보안등기구의 절연저항 측정은 현장의 설치조건과 유사하게 하기 위하여 지상에서 접지선(접지저항 약 80[Ω])을 인출하여 LED 등기구의 금속제 외함 부분에 전기적으로 접속한 후 각각의 측정점 간의 절연을 절연저항계(1587, Fluke, USA)를 이용하여 측정하였다. 측정전압은 그림 1과 같이 KS C 7658(2009)에 따라 교류 220[V]의 상용전원이 입력되는 컨버터 1차측의 전원입력 단자(전로)와 등기구 외함 간의 절연저항은 DC 500[V]를 인가하여 측정하였으며, 컨버터 2차측 단자(전로)와 외함 사이 및 컨버터 1차측 단자(전로)와 2차측 단자(전로) 사이는 컨버터 2차측의 출력전압이 SELV(AC 25[V] 또는 DC 60[V] 이하)인 관계로 시험전압을 DC 100[V]하여 측정, 분석하였다.

4. 실험결과 및 고찰

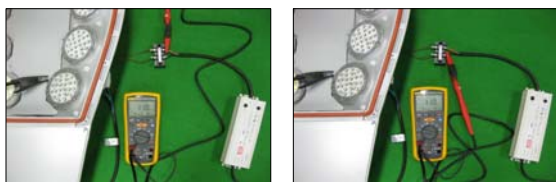
4.1 외장형 LED 가로등의 절연저항 측정 및 분석

그림 2와 표 4는 외장형 컨버터를 이용한 LED 가로등 (120[W])에 대한 절연저항 측정 모습과 측정 결과를 나타낸 것이다. 측정결과, 컨버터 1차측 전원단자(line 1, 2)와 외함 간의 절연저항은 550[MΩ]을 나타냈으며(그림 2(a)), 컨버터

1차측 접지선과 외함은 0[MΩ]으로 측정되어 1차측의 접지선과 등기구의 외함은 전기적으로 접속되어 있음을 알 수 있다. 컨버터 2차측 출력단자(+극, -극)와 외함 간의 절연저항은 110[MΩ]으로 측정되었다(그림 2(b)). 이상의 측정결과로부터 컨버터는 절연형(컨버터 1차측 단자와 2차측 단자가 전기적으로 분리되어 있는)임을 알 수 있다.



(a) 1차 단자와 외함 간의 절연 측정



(b) 2차 단자와 외함 간의 절연 측정

그림 2 컨버터 LED 외장형 가로등의 절연저항 측정

Fig. 2 Insulation resistance measurements of LED load lighting using external converter type

표 4 외장형 LED 가로등의 절연저항 측정결과

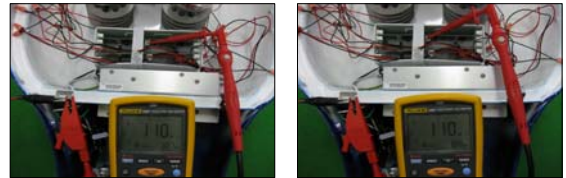
Table 4 Measurement results of insulation resistance of LED load lighting using external converter type

구분	측 정 점	시험전압 [V]	측정결과 [MΩ]
1	(등기구) +극 : 외함	100	110
2		100	110
3	컨버터 1차측 Line1 : 외함	500	550
4		500	550
5	컨버터 1차측 접지선 : 외함	500	0.0
6		500	0.0
7	컨버터 2차측 +극 : 외함	100	110
8	컨버터 2차측 -극 : 외함	100	110
9	컨버터 1차측 Line1 : +극 / -극	100	110
10	컨버터 1차측 Line2 : +극 / -극	100	110
11	컨버터 1차측 접지선 : +극	100	110
	컨버터 1차측 접지선 : -극	100	110

4.2 내장형 LED 가로등의 절연저항 측정 및 분석

그림 3과 표 5는 내장형 LED 가로등(150[W])의 절연저항 측정모습과 측정결과를 나타낸 것이다. 실험대상 가로등은 2개의 컨버터를 이용하여 3개의 LED 모듈에 각각 전원을 공급하는 방식으로 되어 있다. LED 모듈 자체의 절연저항은 각각의 측정점과 외함 간에 110[MΩ]으로 규정 값 이상으로 측정되었으며(그림 3(a)), 컨버터 1차 단자와 외함 간 및 2차 단자와 외함 간의 절연저항은 각각 550[MΩ] 및 110[MΩ]으로 양호한 값을 나타냈다(그림 3(b),(c)). 또한, 컨버터 1차 단자(line1, 2)와 컨버터 2차 단자 각각의 측정점에서의 절연저항은 110[MΩ]으로 규정 값 이상을 나타냈다(그림 3(d),(e)).

컨버터 1차측 접지선과 컨버터 2차 단자(+극, -극) 간의 절연저항 측정 결과, 컨버터1은 110[MΩ]로 양호한 값을 나타냈으나 컨버터2는 0.0[MΩ]으로 절연이 불량인 것으로 나타냈다(그림 3(f)). 이상의 측정결과에서 동일 사양의 컨버터임에도 불구하고 절연특성에 차이가 있을 수 있으므로 LED 조명설비의 정상적인 동작과 안전 확보를 위하여 회로의 설계, 제작, 완제품 등에 대한 안전 검증이 필요하다.



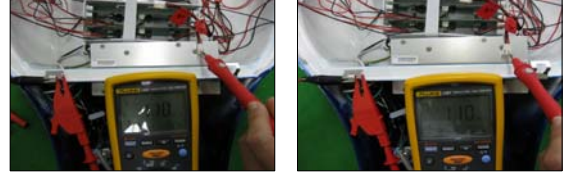
(a) LED 모듈단자와 외함 간의 절연 측정



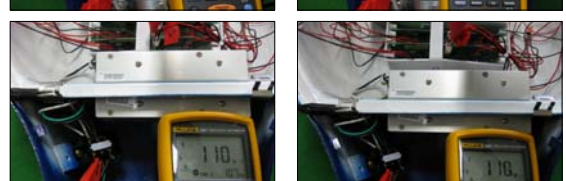
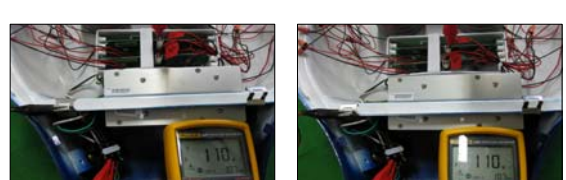
(b) 컨버터 1차측 단자와 외함 간의 절연 측정



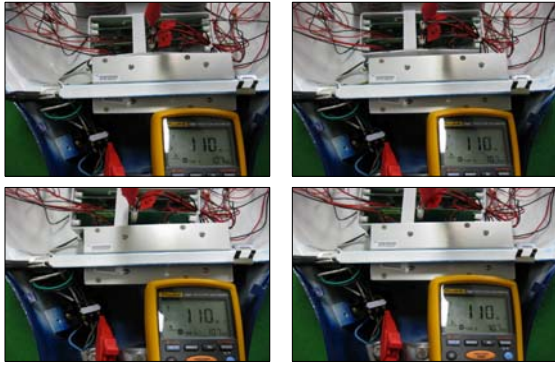
(c) 2차 단자(+극, -극)와 외함 간의 절연 측정



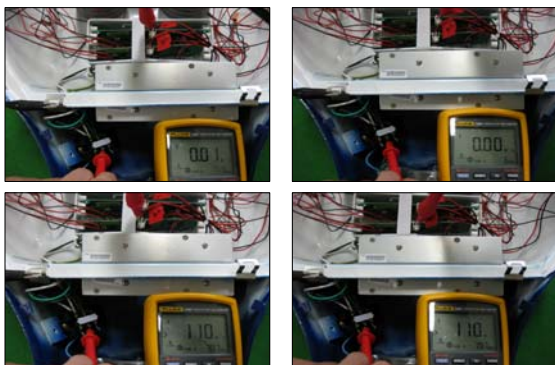
(d) 1차 단자(line1)와 2차 단자(+극, -극) 간의 절연 측정



(d) 1차 단자(line1)와 2차 단자(+극, -극) 간의 절연 측정



(e) 1차 단자(line2)와 2차 단자(+극, -극) 간의 절연 측정



(f) 1차 단자(접지선)와 2차 단자(+극, -극) 간의 절연 측정

그림 3 내장형 LED 가로등의 절연저항 측정

Fig. 3 Insulation resistance measurements of LED load lighting using Internal converter type

표 5 내장형 LED 가로등의 절연저항 측정결과

Table 5 Measurement results of insulation resistance of LED load lighting using internal converter type

구분	측 정 점	시험전압 [V]	측정결과 [MΩ]		
1 차 체	(등기구) +극 : 외함	100	110	110	
	(등기구) -극 : 외함	100	110	110	
회 로 컨 버 터	컨버터 1차측 Line1 : 외함	500	550		
	컨버터 1차측 Line2 : 외함	500	550		
	컨버터 1차측 접지선 : 외함	550	0.0		
	컨 버 터 2	2차측 +극 : 외함	100	110	
		2차측 -극 : 외함	100	110	
	회 로 컨 버 터 1	1차측 Line1 : +극 / -극	100	110	110
		1차측 Line2 : +극 / -극	100	110	110
	결 선 컨 버 터 2	1차측 접지선 : +극	100	0.0	
		1차측 접지선 : -극	100	0.0	
		컨 버 터 2	2차측 +극 : 외함	100	110
2차측 -극 : 외함			100	110	
회 로 컨 버 터 1		1차측 Line1 : +극 / -극	100	110	110
	1차측 Line2 : +극 / -극	100	110	110	
	1차측 접지선 : +극	100	110		
회 로 컨 버 터 2	1차측 접지선 : -극	100	110		

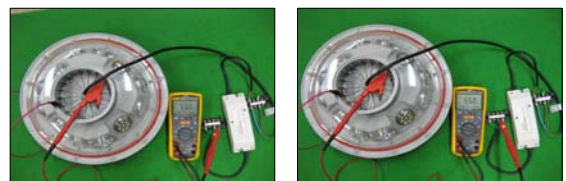
4.3 외장형 LED 보안등의 절연저항 측정 및 분석

그림 4와 표 6은 외장형 LED 보안등(55[W])의 절연저항 측정 모습과 측정결과를 나타낸 것이다. 절연저항 측정 결

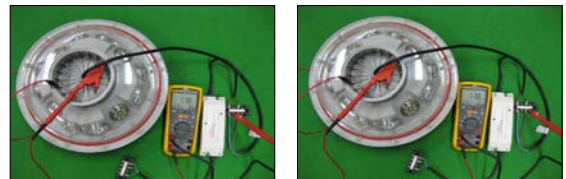
과, 컨버터 1차측 단자(line1, 2)와 외함 및 컨버터 1차측 단자(line1, 2) 및 컨버터 2차측 단자(+극, -극) 간의 절연저항은 각각 550[MΩ], 110[MΩ]으로 규정 값 이상의 절연저항을 나타냈다(그림 4(a)~(e)). 그러나 컨버터 1차측의 접지선과 컨버터 2차측 단자(+극, -극) 간의 절연저항은 0.0[MΩ]으로 절연불량인 상태이며, 전기적으로 접속되어 있음을 알 수 있었다(그림 4(f)).



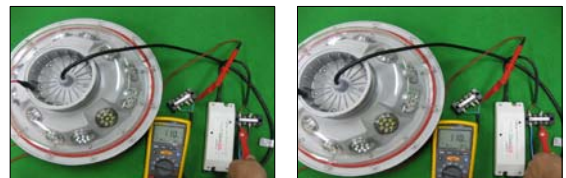
(a) LED 모듈단자와 외함 간의 절연 측정



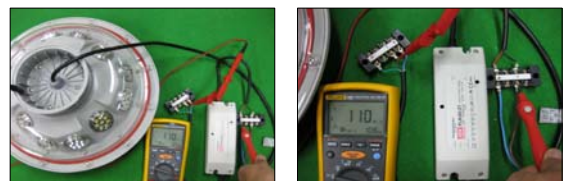
(b) 1차 단자와 외함 간의 절연 측정



(c) 2차 단자(+극, -극)와 외함 간의 절연 측정



(d) 1차 단자(line1)와 2차 단자(+극, -극)간의 절연 측정



(e) 1차 단자(line2)와 2차 단자(+극, -극)간의 절연 측정



(f) 1차 단자(접지선)와 2차 단자(+극, -극)간의 절연 측정

그림 4 외장형 LED 보안등의 절연저항 측정

Fig. 4 Insulation resistance measurements of LED street lighting using Internal converter type

표 6 외장형 LED 보안등의 절연저항 측정결과

Table 6 Measurement results of insulation resistance of LED street lighting using external converter type

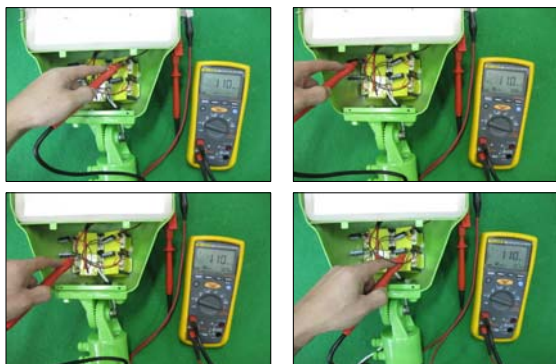
구분	측 정 점	시험전압 [V]	측정결과 [MΩ]
1	자체 (등기구) +극 : 외함	100	110
2			
3	컨버터 1차측 Line1 : 외함	500	550
4			
5	회로 컨버터 1차측 접지선 : 외함	500	0.0
6			
7	결선 컨버터 2차측 -극 : 외함	100	110
8			
9	컨버터 1차측 Line2 : +극 / -극	100	110
10			
11	컨버터 1차측 접지선 : -극	100	0.0

4.4 내장형 LED 보안등의 절연저항 측정 및 분석

그림 5와 표 7은 내장형 보안등(50[W])의 절연저항 측정 모습과 측정결과를 나타낸 것이다. 보안등의 AC/DC 변환 방법은 각각 소형변압기와 콘덴서, 전력변환소자를 1세트로 하여 전원을 변환하며(4개 세트), 전원입력측 1차 단자와 외함 간의 절연저항은 550[MΩ]으로 양호한 값을 나타냈으며(그림 5(a)), 소형변압기 2차측 단자와 외함 간의 절연저항은 110[MΩ]으로 규정 값 이상의 절연저항이 측정되었다(그림 5(b)).



(a) 1차 단자와 외함 간의 절연 측정



(b) 2차 단자(+극, -극)와 외함 간의 절연 측정

그림 5 내장형 LED 보안등의 절연저항 측정

Fig. 5 Insulation resistance measurements of LED street lighting using Internal converter type

표 7 내장형 LED 보안등의 절연저항 측정결과

Table 7 Measurement results of insulation resistance of LED street lighting using internal converter type

구분	측 정 점	시험전압 [V]	측정결과 [MΩ]
1	자체 (등기구) +극 : 외함	100	110
2			
3	컨버터 1차측 Line1 : 외함	500	550
4			
5	회로 컨버터 1 2차측 +극 : 외함	100	110
6			
7	결선 컨버터 1 Line1 : +극 / -극	100	110
8			
9	회로 컨버터 2 2차측 +극 : 외함	100	110
10			
11	결선 컨버터 2 Line1 : +극 / -극	100	110
12			
13	회로 컨버터 3 2차측 +극 : 외함	100	110
14			
15	결선 컨버터 3 Line1 : +극 / -극	100	110
16			
17	회로 컨버터 4 2차측 +극 : 외함	100	110
18			
19	결선 컨버터 4 Line1 : +극 / -극	100	110
20			

5. 결 론

이상과 같이 LED 가로등 및 보안등기구의 절연저항 관련 기준의 분석과 실측결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

LED 가로등 및 보안등설비는 전기설비기술기준에 의해 전로의 사용전압(AC 220[V])에 의해 0.2[MΩ] 이상의 절연저항을 확보하여야 하며, 전기제품안전기준(K기준) 및 한국산업규격(KS 규격)에 의해 2[MΩ] 이상의 절연저항을 유지하여야 한다. 현재, 전기설비기술기준과 K기준(또는 KS규격)에 있어 절연저항 값에 차이가 있음을 알 수 있다.

외장형 및 내장형의 LED 가로등, 보안등에 대한 절연저항을 실측한 결과, 각각의 측정점에서 기술기준, K기준, KS 규격에서 요구하는 절연저항 값 이상의 양호한 값을 나타냈으나 시험에 사용된 외장형 LED 보안등의 경우 AC/DC 컨버터가 비절연형으로 컨버터 1차측의 접지측 단자와 컨버터 2차측 단자(+극, -극)간의 절연이 좋지 않음(0.0[MΩ])을 알 수 있었다. 또한, 내장형 LED 가로등의 경우, 동일 사양의 2개의 컨버터를 사용함에도 불구하고 1개의 컨버터에서 1차측 접지측 단자와 컨버터 2차측 단자(+극, -극)간의 절연이 좋지 않음(0.0[MΩ])을 알 수 있었다.

이상과 같은 실험과 분석결과로부터 LED 가로등 및 보안등설비에서의 전기화재 및 감전사고의 예방을 위하여 절연저항의 확보는 중요하며, 규정에서 요구하는 절연성능의 확보를 위해서 AC/DC 컨버터의 형태는 1차측과 2차측이 전기적으로 완전히 분리된 절연형이 요구되며, 또한, LED

등기구의 성능과 효율, 전기안전을 위해 설계, 제작, 검증 등이 철저히 이루어져야 할 것으로 판단된다.

**감사의 글**

본 연구는 지식경제부의 전력산업원천기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

**참 고 문 헌**

- [1] 지식경제부 기술표준원, “일반 조명용 LED 모듈-안전 요구사항(K 62031)”, 2008.
- [2] 지식경제부 기술표준원, “램프 구동장치 제1부: 일반 및 안전요구사항(K 61347-1)”, 2006.
- [3] 지식경제부 기술표준원, “KS C 7658(LED 가로등 및 보안등기구의 안전 및 성능요구사항)”, 2009.
- [4] 지식경제부 기술표준원, “KS C IEC 62031(일반조명용 LED 모듈-안전요구사항)”, 2008.
- [5] 지식경제부 기술표준원, “KS C 7651(컨버터 내장형 LED 램프의 안전 및 성능요구사항)”, 2009.
- [6] 지식경제부 기술표준원, “KS C 7652(컨버터 외장형 LED 램프의 안전 및 성능요구사항)”, 2009.
- [7] 이상훈, “LED 조명시스템을 위한 LED 및 직류전원 기술”, 전력전자학회지 Vol.14 No.3, pp.29-35, 2009.
- [8] 유동환, “LED 조명에 대한 국가표준(KS) 제정”, 조명전기설비학회지 Vol.23 No.2, pp.70-72, 2009.
- [9] 김향곤, 최충석, “LED 가로등의 발열 패턴 및 전류 특성에 관한 연구”, 대한전기학회 논문지, Vol.58P, No.3, pp.357-361, 2009.
- [10] 김향곤, 김형준, 김동욱, 김동우, 최효상, “LED 가로등 및 보안등설비의 절연저항 측정에 관한 연구”, 2009년도 대한전기학회 추계학술대회, pp.155-157, 2009.
- [11] 지식경제부, “전기설비기술기준의 판단기준”, 제2009-60호, 2009.

**저 자 소 개**



**김향곤 (金珣坤)**

1970년 12월 14일생. 1996년 조선대학교 전기공학과 졸업. 2000년 동 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년 동 대학원 전기공학과 박사과정수료. 1996년~현재, 한국전기안전공사 전기안전연구원 화재감전예방팀 팀장/책임연구원  
Tel : 031-580-3031  
Fax : 031-580-3045  
E-mail : kon0704@kesco.or.kr



**김형준 (吉亨准)**

1969년 8월 27일생. 1997년 2월 인하대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2000년~현재, 한국전기안전공사 전기안전연구원 화재감전예방팀 선임연구원.  
Tel : 031-580-3034  
E-mail : fa523@paran.com



**김동욱 (金桐郁)**

1971년 1월 6일생. 1998년 2월 인천대학교 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년~현재, 동 대학원 박사과정. 2000년~현재, 한국전기안전공사 전기안전연구원 화재감전예방팀 주임연구원  
Tel : 031-580-3035  
E-mail : dokim@kesco.or.kr



**김동우 (金東佑)**

1972년 3월 20일생. 1996년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재, 한국전기안전공사 전기안전연구원 화재감전예방팀 주임연구원  
Tel : 031-580-3036  
E-mail : klove@kesco.or.kr