

## Electrical Characteristics Analysis of LED Lamps using Internal Converter for Road and Street Lighting

김 향 곤\* · 길 형 준\*\* · 최 효 상†  
(Hyang-Kon Kim · Hyoung-Jun Gil · Hyo-Sang Choi)

**Abstract** - In this paper, we studied electrical characteristics of internal converter type of LED lamps for road and street lighting. We surveyed electro-technical regulations and KS(Korean industrial standards) about LED luminaires. Waveforms of voltage and current, thermal distributions, insulation resistances between live parts and exposed conductive parts, and flame test of cover of LED lamps were experimented and analyzed. In regulations, insulation resistance between live conductors and exposed conductive parts should be greater than  $0.2M\Omega$  in case nominal voltage of wiring is 220V. In KS codes, the value of insulation resistance should be greater than  $2M\Omega$  while applying DC 500V or DC 100V. In the result of this study, waveforms of primary voltage and current were distorted. There was difference in waveforms of secondary voltage and current according to composition of converter. Mostly, insulation resistances were measured high more than regulation and code value but some measured points were measured badly( $0.0M\Omega$ ). Cover of LED lamps was ignited easily. We expect that the results of this study would be helpful for revision of regulations and national codes for the electrical safety of LED road and street lighting.

**Key Words** : LED Lamps, Internal Converter, Electrical Characteristics, Insulation Resistance, Thermal Distribution

### 1. 서 론

지구 온난화 예방과 대기환경오염의 감소를 위한 세계적 노력이 집중되고 있으며 이러한 시대적 흐름에 따라 그린에너지, 그린 환경에 대한 관심이 커지고 있다. 조명분야에 있어서도 기존의 광원을 대체하는 LED 조명에 대한 연구와 기술개발, 실용화가 본격적으로 추진되고 있으며, 우리나라에서도 이를 적극적으로 보급하기 위한 정부 정책을 추진 중에 있다. 2009년도에는 세계적으로 가장 먼저 LED 조명에 대한 국가 표준을 제정하였으며, 기술 수준의 향상에 맞춰 단계적으로 성능 수준을 높여갈 계획이다[1-5].

LED 조명은 기존의 광원에 비해 효율이 높고, 저소비형이며, 장수명이라는 장점을 갖고 있다. 여전히 다른 조명에 비해 가격이 높으며, 장수명에 대한 신뢰성의 확보 등이 과제로 남아 있으나 정부기관의 정책적인 지원과 기업의 기술개발을 통하여 머지않아 해결될 것으로 전망된다. 또한, 전기안전 측면에서 전기화재, 감전사고 예방을 위한 연구도 꾸준히 진행되고 있다[6, 7].

옥외용 LED 가로등 및 보안등설비는 옥외의 환경에 노출되어 사용되어 온도, 습도, 먼지, 자외선 등 주위의 환경적 영향을 많이 받게 된다. 이러한 영향으로부터 설비의 안전과 성능을 확보하기 위하여 KS C 7658에서는 온도상승, 내

습성, 절연저항, 절연내력, 충전부에 대한 감전보호 등의 안전요구사항을 규정하여 이러한 시험 항목에 적합한 제품에 대하여 인증을 부여하고 있다.

본 논문에서는 옥외용 LED 가로등 및 보안등 설비에 대한 전기설비기술기준과 한국산업규격을 조사, 분석하였으며, LED 가로등 및 보안등의 구조와 동작시의 전압, 전류파형 등 전기적 특성, 열적 특성, 절연 특성, 절연물의 난연 특성 등에 대하여 실험, 분석하였다. 이러한 연구결과는 LED 조명설비의 성능향상과 전기안전기술의 확보를 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 2. 연구 배경

최근 LED 조명설비에 대한 국가 규격이 제정되었다. LED 조명설비와 관련된 기준과 규격을 알아보려고 한다.

LED 조명설비는 전기설비기술기준에 적용을 받는다. 전기설비기술기준의 판단기준 제225조(옥측 또는 옥외의 방전 등 공사)에 의하면 가로등, 보안등, 조정등 등으로 시설하는 방전등에 공급하는 전로의 사용전압이 150V를 초과하는 경우에는 다음에 따라 시설하도록 하고 있다.

- ① 전로에 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치들 각 분기회로에 시설하여야 한다.
- ② 전로의 길이는 상시충전전류에 의한 누설전류로 인하여 누전차단기가 불필요하게 동작하지 않도록 시설
- ③ 사용전압 400V 이하인 관동회로의 배선에 사용하는 전선은 케이블을 사용하거나 이와 동등 이상의 절연 성능을 가진 전선을 사용할 것
- ④ 가로등주, 보안등주, 조정등 등의 등주 안에서 전선의

\* 시니어회원 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 책임연구원

\*\* 정 회 원 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원

† 교신저자, 종신회원 : 조선대학교 전기공학과 교수 · 공박

E-mail : hyosang@chosun.ac.kr

접수일자 : 2010년 4월 21일

최종완료 : 2010년 5월 22일

접속은 절연 및 방수성능이 있는 방수형 접속재(레진 충전식, 실리콘 수밀식(젤타입) 또는 자기용착테이프와 비닐절연테이프의 이중절연 등)을 사용하거나 적절한 방수함 안에서 접속할 것

- ⑤ 가로등, 보안등, 조경등 등의 금속제 등주에는 제33조 제1항의 규정에 의한 접지공사를 할 것
- ⑥ 보안등의 개폐기 설치 위치는 사람이 쉽게 접촉할 우려가 없는 개폐 가능한 곳에 시설할 것

또한, 전기설비기술기준의 판단기준 제52조(저압전로의 절연성능)에서 전기사용 장소의 사용전압이 저압인 전로의 전선 상호간 및 전로와 대지 사이의 절연저항은 개폐기 또는 과전류차단기로 구분할 수 있는 전로마다 다음 표에서 정한 값 이상이어야 한다고 정하고 있다[8].

표 1 저압전로의 절연 성능

Table 1 Insulation performance of low voltage power line

전로의 사용전압 구분		절연저항
400V 미만	대지전압(접지식 전로는 전선과 대지 사이의 전압, 비접지식 전로는 전선 간의 전압을 말한다. 이하 같다)이 150 V 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

LED 가로등 및 보안등기구의 안전과 성능의 요구사항에 대하여 한국산업규격(KS C 7658, 2009)에서 규정하고 있으며, LED 등기구는 KS C IEC 60529에 따라 시험하였을 때 IP65 이상이어야 하며, KS C IEC 60589-1과 60589-2-3에 의하여 연면거리 및 공간거리, 접지, 외부 및 내부배선, 충전부에 대한 감전보호, 온도상승, 내습성, 절연내력, 누설전류, 내열성, 내트래킹성 등의 시험을 하였을 때 적합하여야 한다. 절연저항시험에 있어 KS C IEC 60598-1(등기구-제1부: 일반요구사항 및 시험, 2008)의 10.2에 의해 시험대상에 대략 500V 직류전압을 적용한 후 측정하며, 등기구의 SELV 부분의 절연측정에 대해서는 DC 100V를 인가하여 측정된 절연저항 값이 2MΩ 보다 작아서는 안 된다. (표 2 참조).

표 2 LED 가로등 및 보안등기구의 절연저항

Table 2 Insulation resistance of LED lamps for road 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	

또한, 내화성시험에 있어 KS C IEC 60598-1의 13에 의해 시험화염을 가장 높은 온도를 발생하기 쉬운 지점에서 IEC 60695-11-5의 니들프레임 시험을 10초 동안 시료에 인가하여 타는 시간이 시험화염을 제거한 후 30초를 넘어서는

안 되며 시료에서 타서 떨어지는 부분이 KS M ISO 4046-4의 4.187에서 규정한 시료의 아래 200±5mm 지점에서 수평으로 퍼져 있는 티슈종이에 붙이 붙어서는 안 된다.

### 3. 실험방법

실험에 사용된 내장형 LED 가로등 및 보안등은 표 3과 같으며, KS 규격이 제정되기 이전에 제작된 LED 등기구이다. 전기적 특성의 측정은 그림 1과 같이 전력변환장치(이하, 컨버터라 함)의 전단과 후단에서 측정하였으며, 컨버터 전단의 1차측 전압, 전류는 전력품질분석기(PQM, PNA-560, Dewetron, Austria)와 전류 프로브(MN45, Chauvin Arnoux, France)를 이용하여 측정하였으며, 컨버터 후단의 2차측 전압, 전류는 오실로스코프(TDS-3052, Tektronix, USA)와 전류 프로브(PR630, LEM, UK)를 이용하여 측정하였다. 전기적 특성은 전원을 인가하여 LED 조명을 점등한 후 20분 간격으로 1시간 동안의 파형 변화를 측정·분석하였다. 또한, 각부의 온도분포는 실시간 영상·열분포 측정시스템(TI45FT, Fluke, USA)을 이용하여 측정하였으며 절연물의 난연 특성은 외부에서 미소 화염을 인가한 후 제거하는 방법으로 실험을 수행하였다.

그림 2는 LED 등기구의 절연저항 측정을 위한 회로구성을 나타낸 것이다. 현장의 설치조건과 유사하게 하기 위하여

표 3 LED 가로등 및 보안등의 사양

Table 3 Specification of LED road and street lighting

구 분	소비전력(W)	컨버터 구조
가로등용	150	별도 외함
보안등용 I	50	등기구 내 부착
보안등용 II	70	등기구 내 부착

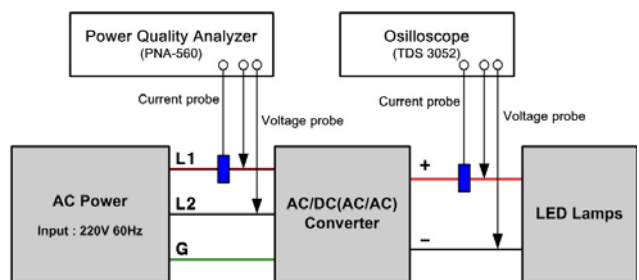


그림 1 전기적 특성 측정을 위한 실험장치 구성도

Fig. 1 Experimental setup for measurements of electrical characteristics

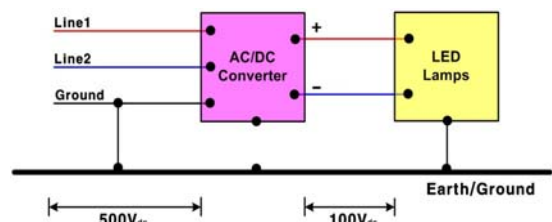


그림 2 LED 등기구의 절연저항 측정

Fig. 2 Insulation resistance measurement of LED luminaires

지상에서 접지선(접지저항 약 80Ω)을 인출하여 LED 등기구의 금속제 외함 부분에 전기적으로 접속한 후 각각의 측정점 간의 절연을 절연저항계(1587, Fluke, USA)를 이용하여 측정하였다. 실험전압은 교류 220V의 상용전원이 입력되는 컨버터 1차측의 전원입력 단자(전로)와 등기구 외함 간의 절연저항은 DC 500V를 인가하였으며, 컨버터 2차측 단자(전로)와 외함, 컨버터 1차측 단자(전로)와 2차측 단자(전로) 사이는 DC 100V의 실험전압으로 측정, 분석하였다.

#### 4. 결과 및 고찰

##### 4.1 컨버터 내장형 가로등의 특성 분석

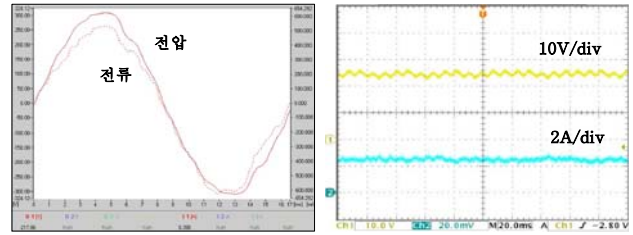
그림 3은 컨버터 내장형 LED 가로등(150W)의 전기적 특성을 측정하기 위한 실험장치의 구성을 나타낸 것이다. LED 가로등은 2개의 컨버터로 되어 있으며, 각각의 컨버터에서 변환된 출력전원은 3개의 모듈에 각각 공급하도록 되어 있으며 등기구와 LED 모듈은 방열 구조로 설계되어 있다. 전기적 특성은 전원입력부의 1차측 입력전압 및 전류와 컨버터 1개의 2차측 전압과 전류파형을 측정하였다.



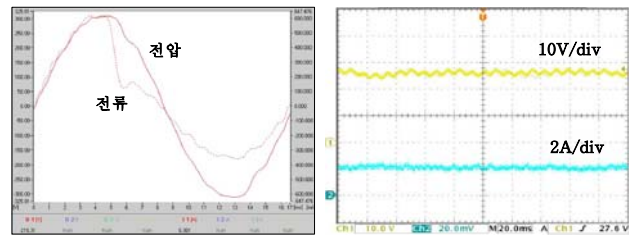
그림 3 전기적 특성 측정(150W)  
Fig. 3 Measurements of Electrical Characteristics(150W)

그림 4는 측정된 전압, 전류파형을 나타낸 것이다. 1차측(등기구 전체부하)의 입력전압은 약 217.8~219.31V, 전류는 0.381~0.390A로 측정되었으며 왜형파를 나타냈다. 1개의 컨버터 2차측의 출력전압은 24.6~25.9V, 전류는 2.16~2.5A로 측정되었으며 전압, 전류의 출력파형에서 윗부분에 약간의 톱니파형이 포함된 거의 선형적인 파형이 나타났다.

그림 5와 표 4는 LED 가로등(150W)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 110MΩ으로 규정 값 이상으로 측정되었으며, 컨버터 1차 단자와 외함 간 및 2차 단자와 외함 간의 절연저항은 각각 550MΩ 및 110MΩ으로 기준치 이상의 값을 나타냈다(그림 5(a),(b)). 또한, 컨버터 1차 단자(line1, 2)와 컨버터 2차 단자(+극, -극) 각각의 측정점에서의 절연저항은 110MΩ으로 규정 값 이상을 나타냈다. 컨버터 1차측 접지선과 컨버터 2차 단자(+극, -극) 간의 절연저항 측정 결과, 컨버터1은 0.0MΩ으로 절연이 불량인 것으로 나타났으며, 컨버터2는 110MΩ로 기준치 이상의 값을 나타냈다. 이상의 측정결과에서 동일 사양의 컨버터임에도 불구하고 절연특성에 차이가 있음을 알 수 있으며 LED 조명설비의 정상적인 동작과 안전 확보를 위하여 회로의 설계, 제작, 완제품 등에 대한 철저한 안전 검증이 필요하다.



(a) 실험 개시(좌 : 217.86V, 0.390A, 우 : 24.6V, 2.5A)



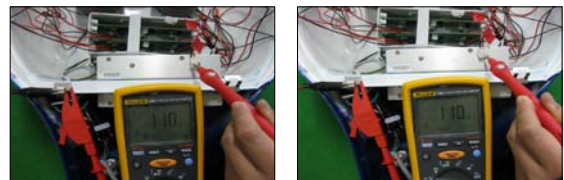
(b) 60분 경과시(좌 : 219.31V, 0.381A, 우 : 25.9V, 2.16A)

그림 4 전압, 전류 파형 분석(150W)

Fig. 4 Analysis of voltage and current waveforms(150W)



(a) 컨버터 1차측 단자와 외함 간의 절연 측정



(b) 2차 단자(+극, -극)와 외함 간의 절연 측정

그림 5 절연저항 측정(150W)

Fig. 5 Insulation resistance measurements(150W)

그림 6은 LED 가로등의 커버를 벗겨내고 1시간 경과시 각부의 온도분포를 실시간 영상·열분포 측정시스템(TI45FT, Fluke, USA)을 이용하여 측정된 결과이다. LED 모듈은 약 55℃로 측정되었으며, PCB 안쪽부분은 각각 65.6℃와 63.3℃를 나타냈다. 컨버터는 최대 51.7℃로 측정되었다. 등기구 측면은 40℃ 이내의 온도를 나타냈으며 위치에 따라 열 분포에 차이가 있음을 알 수 있었다.

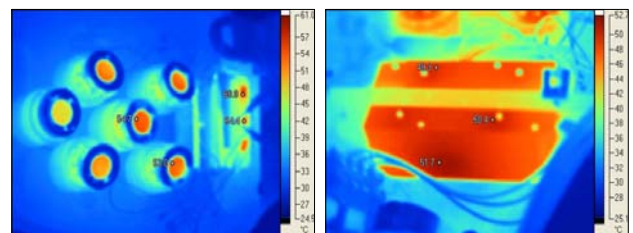


그림 6 온도분포 측정(150W)

Fig. 6 Measurements of thermal distribution(150W)

표 4 절연저항 측정결과(150W)

Table 4 Measurement results of insulation resistance(150W)

구분	측 정 점		시험전압 [V]	측정결과 [MΩ]			
1	차체	(등기구) +극 : 외함	100	110			
2		(등기구) -극 : 외함	100	110			
3	회로 결선	컨버터 1차측 Line1 : 외함	500	550			
4			컨버터 1차측 Line2 : 외함	500	550		
5			컨버터 1차측 접지선 : 외함	550	0.0		
6		컨버터 1	2차측 +극 : 외함	100	110		
7				2차측 -극 : 외함	100	110	
8			1차측 Line1 : +극 / -극	100	110	110	
9			1차측 Line2 : +극 / -극	100	110	110	
10			1차측 접지선 : +극	100	0.0		
11			1차측 접지선 : -극	100	0.0		
12			컨버터 2	2차측 +극 : 외함	100	110	
13					2차측 -극 : 외함	100	110
14		1차측 Line1 : +극 / -극		100	110	110	
15		1차측 Line2 : +극 / -극		100	110	110	
16		1차측 접지선 : +극		100	110		
17		1차측 접지선 : -극		100	110		

4.2 컨버터 내장형 보안등의 특성 분석(1)

그림 7은 컨버터 내장형 LED 보안등(50W)의 전기적 특성을 측정하기 위한 실험장치의 구성을 나타낸 것이다. LED 등기구는 4개의 LED 모듈로 되어 있으며, 등기구 내부에 3개의 방열기구가 부착되어 있다. 전력변환장치(컨버터)는 소형 변압기 1개, 콘덴서 1개, 정류소자 1개가 1세트(1개 컨버터)로 총 4개의 컨버터로 구성되어 있으며, 컨버터 1개에 LED 모듈 1개가 접속되는 구조로 되어 있다.

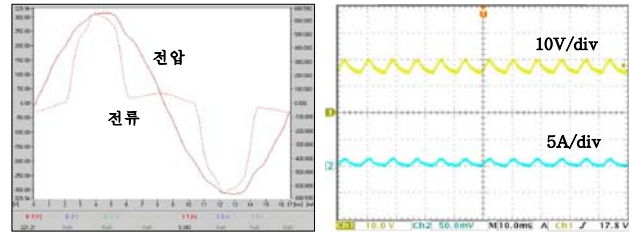


그림 7 전기적 특성 측정(50W)  
Fig. 7 Measurements of Electrical Characteristics(50W)

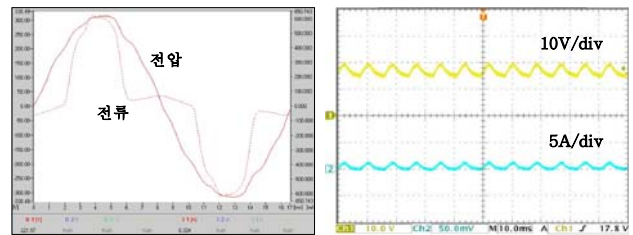
그림 8은 측정된 전압, 전류파형을 나타낸 것이다. 1차측 전압은 221.21~221.57V, 전류는 0.334~0.343A로 측정되었다. 전압은 정현파를 나타냈으나 전류는 왜형파를 나타냈다. 컨버터1의 2차측의 전압, 전류를 측정한 결과, 전압은 16.9~17.2V, 전류는 0.627~0.726A로 측정되었으며 전압과 전류파형은 상당한 톱니파형이 관측되었다. 또한, 전류파형의 경우, 0점(zero point)을 주기적으로 지남을 알 수 있었다.

그림 9는 영상·열분포 측정시스템을 이용하여 1시간 경과시 각부의 온도분포를 측정한 것이다.

최초 점등시 LED 모듈은 최고 약 45℃을, 콘덴서 단자부근이



(a) 실험 개시(좌 : 221.21V, 0.343A, 우 : 17.2V, 0.726A)



(b) 60분 경과시(좌 : 221.57V, 0.334A, 우 : 16.9V, 0.627A)

그림 8 전압, 전류 파형 분석(50W)

Fig. 8 Analysis of voltage and current waveforms(50W)

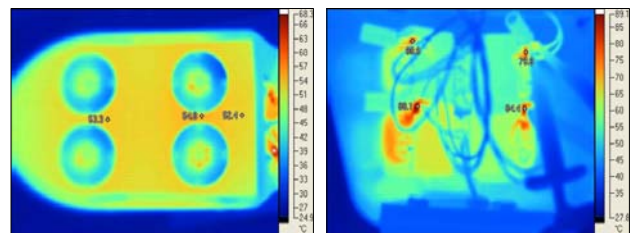


그림 9 온도분포 측정(50W)

Fig. 9 Measurements of thermal distribution(50W)

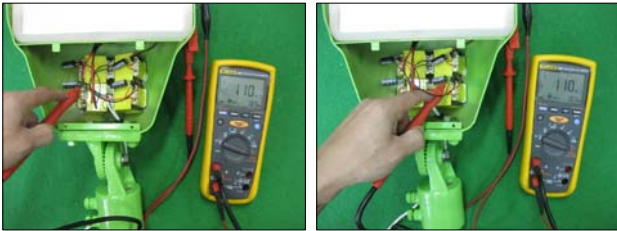
최대 75.8℃을 나타냈으며, 정류소자 부분에서 가장 높은 온도를 나타냈으며 20분 경과시, LED 모듈 부분은 최고 53.3℃를 나타냈으며, 정류소자 부분은 최고 83.5℃까지 온도가 상승함을 알 수 있었다. 60분 경과시, LED 모듈 부분은 최고 54.8℃를 나타냈으며, 정류소자 부분은 최고 88.1℃까지 온도가 상승하였다. 실험결과, 정류소자 부분에서의 발열이 심하며, 시간이 경과함에 따라 온도가 상승하는 경향을 보였다. 컨버터 장치는 국부적 발열을 줄이기 위한 적절한 방열구조 또는 방열장치 등의 적용이 요구된다.

그림 10과 표 5는 내장형 보안등(50[W])의 절연저항 측정 모습과 측정결과를 나타낸 것이다. 보안등의 AC/DC 변환 방법은 각각 소형변압기와 콘덴서, 정류소자를 1개 컨버터로 하여 전원을 변환하며(4개 컨버터), 전원입력측 1차 단자와 외함 간의 절연저항은 550MΩ으로 기준치 이상의 값을 나타냈으며(그림 10(a)), 소형변압기 2차측 단자와 외함 간의 절연저항은 110MΩ으로 규정 값 이상의 절연저항이 측정되었다(그림 10(b)).

그림 11은 LED 보안등의 투명덮개(글로브)의 난연 특성을 실험한 모습으로 투명 글로브의 일부를 절단하여 외부에서 미소 화염을 약 5초 정도 인가한 후 불꽃을 제거했을 때 글로브 절연물은 착화하여 지속적으로 불꽃이 발생하였다. 실험



(a) 1차 단자와 외함 간의 절연 측정



(b) 2차 단자(+극, -극)와 외함 간의 절연 측정

그림 10 절연저항 측정(50W)

Fig. 10 Insulation resistance measurements(50W)

표 5 절연저항 측정결과(50W)

Table 5 Measurement results of insulation resistance(50W)

구분	측 정 점	시험전압 [V]	측정결과 [MΩ]	
1	자 체 (등기구) +극 : 외함	100	110	
2				(등기구) -극 : 외함
3	컨버터 1차측 Line1 : 외함	500	550	
4				컨버터 1차측 Line2 : 외함
5	컨버터 1	100	110	
6				2차측 +극 : 외함
7				2차측 -극 : 외함
8				Line1 : +극 / -극
9	회 로 컨버터 2	100	110	
10				2차측 +극 : 외함
11				2차측 -극 : 외함
12				Line1 : +극 / -극
13	결 선 컨버터 3	100	110	
14				2차측 +극 : 외함
15				2차측 -극 : 외함
16				Line1 : +극 / -극
17	컨버터 4	100	110	
18				2차측 +극 : 외함
19				2차측 -극 : 외함
20				Line2 : +극 / -극



그림 11 화염인가 시험 및 결과

Fig. 11 Flame test and results

결과, 본 보안등의 글로브에 사용된 절연물은 난연성이 없으며 화염에 취약함을 알 수 있으며 제품성능과 품질 향상을 위한 개선이 요구된다.

### 4.3 컨버터 내장형 보안등의 특성 분석(II)

그림 12는 컨버터 내장형 LED 보안등(70W)의 전기적 특성을 측정하기 위한 실험장치의 구성으로 6개의 LED 모듈과 등기구 내부에 5개의 방열기구가 부착되어 있다. LED 모듈에 인가되는 컨버터의 출력전원은 1개의 컨버터를 통하여 일괄적으로 6개의 모듈에 공급된다. 컨버터는 1개의 트로이달 코일과 1개의 정류소자로 구성되어 있다.

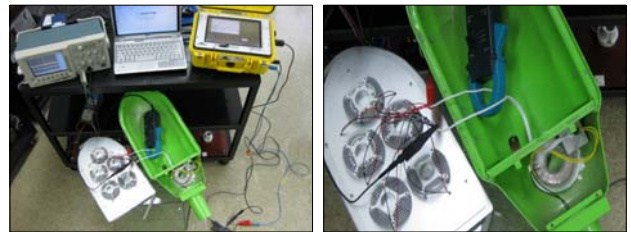
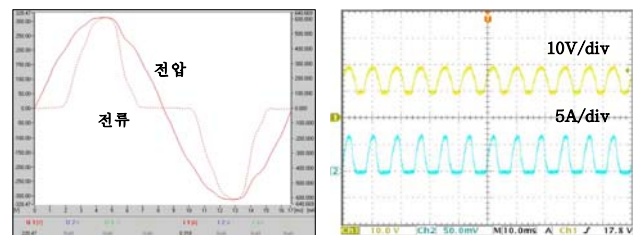


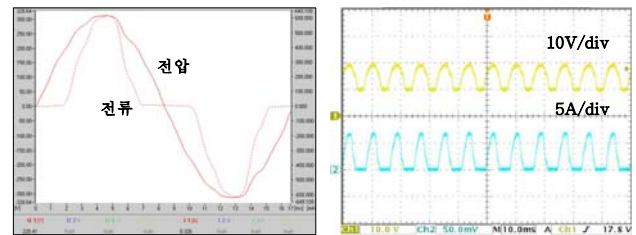
그림 12 전기적 특성 측정(70W)

Fig. 12 Measurements of Electrical Characteristics(70W)

그림 13은 측정된 전압, 전류파형을 나타낸 것이다. 1차측 전압은 220.41~220.47V, 전류는 0.318~0.326A로 측정되었으며 전압은 정현파형을 보였으나 전류는 약간 지연된 파형을 나타냈다. 2차측의 출력전압과 전류파형을 측정한 결과, 전압은 14.7~15.1V, 전류는 3.39~3.63A로 측정되었으며 파형은 반파형태를 보였다. 또한, 전류파형의 경우, 0점(zero point)을 주기적으로 지남을 알 수 있다. 이러한 전기적 특성은 그림 14와 같이 조명설비의 깜빡거림(어른거림)을 일으키게 된다. 이러한 출력파형은 LED 조명설비의 전체 효율, 역율, 수명 등에 영향을 미칠 것이며, 또한 LED 조명의 광학 특성에도 영향을 줄 것으로 생각된다.



(a) 실험 개시(좌 : 220.47V, 0.318A, 우 : 14.7V, 3.39A)



(b) 60분 경과시(좌 : 220.41V, 0.326A, 우 : 15.1V, 3.63A)

그림 13 전압, 전류 파형 분석(70W)

Fig. 13 Analysis of voltage and current waveforms(70W)

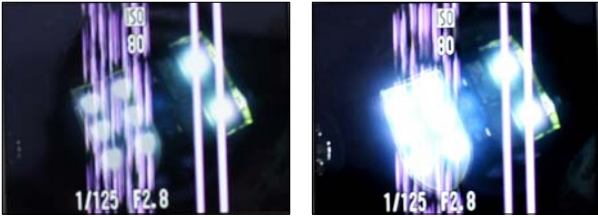


그림 14 LED 조명의 점등 상태(50W)  
Fig. 14 Lit situations of LED lighting(50W)

그림 15는 LED 보안등(70W 내장형) 각부의 온도분포를 실시간 영상·열분포 측정시스템(TI45FT, Fluke, USA)을 이용하여 측정한 결과이다. 점등시 LED모듈 부분은 최고 45.2℃였으나 1시간 경과 후 63.3℃까지 상승하였으며, LED 모듈 뒷부분에 위치한 방열판의 온도는 최고 52.1℃를 나타냈다. 방열판의 온도는 등기구의 구조상 밀폐된 등기구의 내부에 설치되어 있어 어느 정도까지 계속 온도가 상승할 것으로 판단된다. 높은 온도를 나타내는 부분은 방열판에 접촉된 정류소자 부분으로 최고 95.2℃의 높은 온도로 발열함을 알 수 있었다. 이러한 부분은 특히 온도차가 심한 날이나 비바람 등에 의해 습기가 유입될 경우 등기구와 등주를 통한 누전이나 절연과피가 발생할 위험이 있다.

그림 16과 표 6은 내장형 보안등(70[W])의 절연저항 측정 모습과 측정결과를 나타낸 것이다. LED 모듈의 +극 및 -극과 외함사이, 1차 단자와 외함사이, 1차 단자와 2차 단자 사이의 절연저항을 측정한 결과, 모든 측정점간에 있어 규정 값 이상의 절연저항 값을 나타냈다.

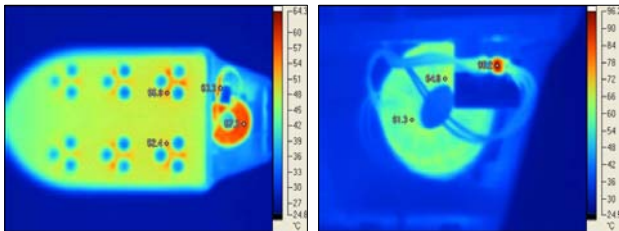


그림 15 온도분포 측정(70W)  
Fig. 15 Measurements of thermal distribution(70W)

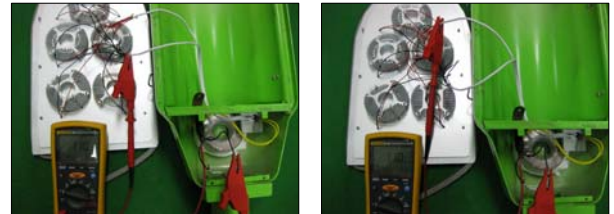
표 6 절연저항 측정결과(70W)

Table 6 Measurement results of insulation resistance(70W)

구분	측 정 점		시험전압 [V]	측정결과 [MΩ]
1	자체	(등기구) +극 : 외함	100	110
2		(등기구) -극 : 외함	100	110
3	회로결선	컨버터 1차측 L1 : 외함	500	550
4		컨버터 1차측 L2 : 외함	500	550
6		컨버터 2차측(+극) : 외함	100	110
7		컨버터 2차측(-극) : 외함	100	110
8		컨버터 1차측 L1 : +극/-극	100	110
9		컨버터 1차측 L2 : +극/-극	100	110



(a) 컨버터 1차측과 외함의 절연저항 측정(500Vdc 인가)



(b) 컨버터 1차측(line1)과 2차측의 절연저항 측정(100V)

그림 16 절연저항 측정(70W)

Fig. 16 Insulation resistance measurements(70W)

## 5. 결 론

이상과 같이 LED 가로등 및 보안등의 전기적 특성을 실험, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 전기설비기술기준을 분석한 결과, 가로등설비는 지락 차단장치를 설치하여야 하며, 등주는 제3종 접지를 하고, 등주 내 전선 접속부는 절연과 방수성능이 확보되어야 하며 또한, 0.2MΩ 이상의 절연을 확보하여야 한다. 한국산업규격에서는 등기구 자체적으로도 내습성, 내열성, 내화성 등의 시험조건에 적합하여야 하며, 2MΩ 이상의 절연을 확보하도록 하고 있다. 현행, 기술기준에서는 제225조 옥외방전등공사 부분에서 가로등, 보안등에 대해 언급되고 있어 전력변환 방식의 LED조명설비에 대한 개정이 요구된다.

(2) 컨버터 내장형 가로등의 특성을 분석한 결과, 컨버터는 2개로 각각 별도의 외함으로 되어 있으며, 전원입력부분의 1차측의 전류파형은 왜형파를 나타냈으나, 컨버터 2차측의 전압, 전류 파형은 거의 선형적으로 나타났다. 절연저항 측정결과, 1개의 컨버터 2차측 단자와 외함 간의 절연이 불량한 것을 알 수 있었다. 또한, 온도분포는 등기구 내부의 노출된 PCB에서 다른 부분에 비해 높은 온도를 나타냈다.

(3) 컨버터 내장형 보안등(1)의 특성을 분석한 결과, 컨버터는 소형 트랜스와 정류소자, 콘덴서가 1개의 세트로 4개 세트의 컨버터로 구성되어 있으며, 1차측의 전류파형은 왜형파를 나타냈다. 2차측의 전압, 전류파형에는 상층부에 톱니파형이 포함된 파형이 관찰되었으며 주기적으로 영점(zero point)을 지남을 알 수 있었다. 절연은 기준치 이상으로 측정되었으며, 온도는 정류소자에서 특히 발열이 심함을 알 수 있었다. 난연 특성을 실험한 결과, 시험시간 동안 인가된 불꽃에 대하여 충분한 난연성을 확보하고 있지 않음을 알 수 있었다.

(4) 컨버터 내장형 보안등(2)의 특성을 분석한 결과, 컨버터는 트로이달 코일 1개와 정류소자 1개로 구성되어 있으며, 1차측의 전류는 왜형파를 나타내며, 2차측의 파형은 전압, 전류 파형 모두 반파의 형태를 나타냈다. 이러한 파형은 조

명설비의 깜빡거림을 일으키게 되며, 조명기구의 성능과 수명 등에 좋지 않은 영향을 미칠 것으로 사료된다.

이상으로부터 LED 가로등 및 보안등으로부터의 전기안전을 확보하기 위하여 관련기준 및 규격의 보완과 더불어 전기화재, 감전사고 등 전기재해 예방을 위한 기술 개발과 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

**감사의 글**

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.  
(No. 20101020300220)

**참 고 문 헌**

- [1] 지식경제부 기술표준원, “KS C 7658(LED 가로등 및 보안 등기구의 안전 및 성능요구사항)”, 2009.06
- [2] 지식경제부 기술표준원, “KS C 7651(컨버터 내장형 LED 램프의 안전 및 성능요구사항)”, 2009.02
- [3] 지식경제부 기술표준원, “KS C 7652(컨버터 외장형 LED 램프의 안전 및 성능요구사항)”, 2009.02
- [4] KS C 7655, “KS C 7655(LED 모듈 전원공급용 컨버터의 안전 및 성능요구 사항)”, 2009.06
- [5] 지식경제부 기술표준원, “KS C 7656(이동형 LED 등기구의 안전 및 성능요구사항)”, 2009.06
- [6] 김향곤, 최충석, “LED 가로등의 발열 패턴 및 전류 특성에 관한 연구”, 대한전기학회 논문지, Vol.58P, No.3, pp.357-361, 2009.09
- [7] 김향곤, 길형준, 김동욱, 김동우, 최효상, “LED 가로등 및 보안등설비의 절연저항 측정에 관한 연구”, 2009년도 대한전기학회 추계학술대회, pp.155-157, 2009.09
- [8] 지식경제부, “전기설비기술기준의 판단기준”, 지식경제부 고시 제 2010-1호, 2010.01

**저 자 소 개**



**김 향 곤 (金 珮 坤)**

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



**길 형 준 (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 화재감전연구부 선임연구원.  
Tel : 031-580-3034  
E-mail : fa523@paran.com



**최 효 상 (崔 孝 祥)**

1966년 2월 21일생. 1989년 전북대학교 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995~2003년 한전 전력연구원 선임연구원. 2003년~현재 조선대학교 전기공학과 교수.  
Tel : 062-230-7025  
Fax : 062-230-7020  
E-mail : hyosang@chosun.ac.kr