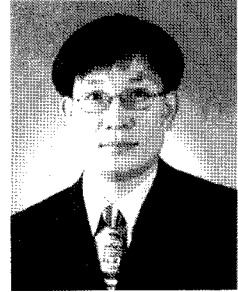
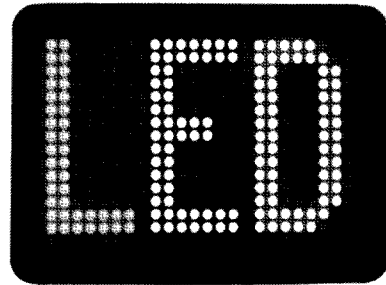


# 컨버터 내 · 외장형 LED램프 및 구동장치의 내구성/신뢰성 평가기술



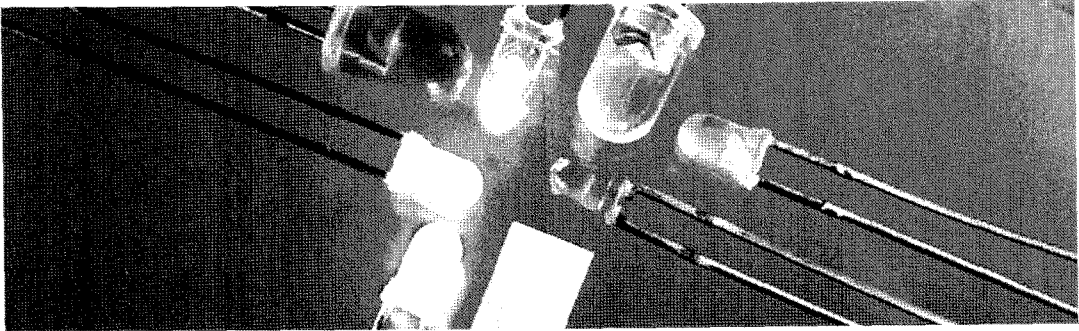
박창규 박사  
한국조명기술연구소 신뢰성평가센터

국제적으로 환경문제가 크게 대두되면서 각 산업분야에서 녹색성장 및 에코(친환경) 정책을 국가적으로 추진하고 있으며, 이에 따라 국내 조명산업도 신광원 개발이 활발히 진행되고 있다. 고효율 및 저탄소배출 광원으로 각광받고 있는 LED(Lighting Emitting Diode, 발광다이오드), 평판디스플레이에 주로 적용되고 있던 OLED(Organic Lighting Emitting Diode, 유기발광다이오드) 및 CNT(Carbon Nano Tube, 탄소나노튜브) 등을 이용한 연구가 활발하다. 특히, 표시 및 통신 분야에 주로 사용되고 있는 LED는 내 · 외부 발광효율을 향상시켜 일



반조명분야와 식물성장, 자동차 실내 · 외 및 헤드램프, 집어등, 교통신호등, 홍보 · 광고 및 경관조명 등의 특수분야에까지 그 응용성을 확대해 나가며 차세대 신광원으로 각광받고 있다.

국내에서는 LED PKG(Package, 패키지)를 적용한 교통신호등, 유도등, 내 · 외장형 램프, 보안등, 센서 등기구, 매입형 및 고정형 등기구와 구동장치인 컨버터를 KS 표준과 고효율에너지기자재 품목으로 지정하고 있으며, 인증을 받은 제품은 정부 및 지방자치단체 등의 공공기관에 시범사업으로 설치하고 있다. 국외에는 일본, 미국, 유럽 등지에 형광램프 대체형 및 컨버터 내 · 외장형 LED램프 등 관련제품의 안전인증(PSE, UL, CE) 획득으로 수출을 모색하고 있다.

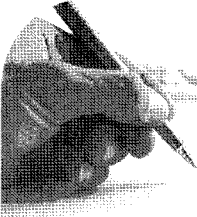


하지만, LED 조명기기의 안전 및 성능 기술기준이 달라지고 있기 때문에 유사한 방법으로 내구성/신뢰성 평가를 진행하기에는 많은 문제점이 내재되어 있다. 현재의 KS 표준에서 LED 조명기기의 광효율 기준이 연차별로 다르게 기술되어 있다. 이로 인해 광효율 등의 성능 향상을 위한 LED 조명기기의 회로설계 및 전자부품 구성이 변경되고, 소비자가 사용하는 조건과 환경에서 그 고장메커니즘이 다르기 때문에 평가방법 또한 달라져야 한다.

그러나 현재 LED 조명제품은 고효율에너지 및 저탄소배출 정책에는 적합하나, 일반 소비자가 느끼는 빛의 밝기, 광효율 등의 성능기준과 눈부심, 자외선 등의 안전성 그리고 이를 평가하는 내구성/신뢰성(고장분석, 수명) 등이 일관성을 갖지 못하고 있다. 더욱이 형광램프(방전램프)에 비해 전광전속, 광효율, 연색성과 경제성 등에 미치지 못하고 있는 실정이다. 이러한 LED 조명기기의 정확한 평가를 위하여 KS 표준, 고효율에너지 기자재 기술기준(이하 "고기자 기술기준"), 국외규격 및 논문을 참고하여 빠른 시간내에 안전성 및 신뢰성을 평가할 수 있는 가속시험 방법과 가속모델 개발이 절실함을 피력하고자 한다.

2009년에 제·개정된 KS 표준과 고기자 기술기준의 내용을 살펴보면, 일반 형광램프에 비해 LED 조명기기가 고효율이라고 할 수는 없지만, 친환경 조명기기로서 KS 표준과 고기자 기술기준에 의한 인증제도를 실시하고 있다. LED 조명기기 중 컨버터 내장형 LED램프(AC 220 V, 60 Hz에서 사용하는 60 W 이하의 램프(컨버터 일체형으로 자동차, 표시용 및 LED 유도등은 제외함), 컨버터 외장형 LED램프(AC/DC 50 V 이하에서 사용하는 30 W 이하의 램프)와 LED 모듈 전원공급용 컨버터(AC 220 V, 60 Hz와 출력전압 DC 250 V 이하의 LED 모듈과 램프에 적용되는 전원 구동장치)를 중심으로 안전 및 성능 요구사항의 주요 측정항목과 기준을 <표 1>에 정리하였고, 내구성 시험에 대해서는 <표 2>에 나타내었다.

KS 표준과 고기자 기술기준의 안전, 성능 요구사항과 내구성이 만족된다 하더라도 소비자가 원하는 수명과 품질을 보증해 주지는 않는다. 소비자들은 자신이 사용하는 조건과 환경에 적합하지 않으면 구매하지 않기 때문에, 성능의 시간적 안정성이라 할 수 있는 신뢰성 또한 만족되어야 한다. 따라서 제품의 표시사항 중 수명에 대해 보증할 수 있는 신뢰성 평가기술이 절실히 필요하다 하겠다.



〈표 1. 컨버터 내 · 외장형 LED램프 및 구동장치 주요 측정항목 및 방법〉

대상	종류 (형식)	안전/성능 특성		광 특성(광속유지율)			관련기준 및 규격									
				광효율 (lm/W)	연색성	색온도										
컨버터 내장형 LED 램프	형상	2	안전	절연저항	91~95%, 48hrs, DC 500V, > 4MΩ		2,000(1,900) hrs Aging > 90%, 40~50	> 70	8종류	KS C 7651, *고효율에너지저장장치에 관한 규정						
				절연내력	AC 4000V											
				고장상태조건	150%, 1K, 15min											
				정전기적합성	정격, 1K, 15min. KS C CISPR15											
	정격 전력	6	광	점등특성	-10~40℃, 1hr, 92%, 106℃						2,000hrs Aging*, > 90%, 50~60* (정격전류 4종류)	> 70	8종류	KS C 7651, *고효율에너지저장장치에 관한 규정		
					역률	>0.9 (5W 이하, 0.85)										
					전기	입력전력									< ±10%	
					초기특성	100hrs Aging, 95% 1,000hrs Aging, 90%*										
					지향각	100hrs, Aging, 80%										
					온도 상승	캡(10종류)									< 120℃	
컨버터 외장형 LED 램프	형상	2	안전	절연저항	91~95%, 48hrs, DC 500V, > 2MΩ		2,000(1,900)hrs Aging > 90%, 45~55	> 70	8종류	KS C 7652, *고효율에너지저장장치에 관한 규정						
				절연내력	AC 500V											
				점등특성	-10~40℃, 1hr, 92%, 106℃											
	전압	3	전기	입력전력	< ±10%											
					광	초기특성					100hrs Aging, 95% 1,000hrs Aging, 90%*					
						지향각					100hrs, Aging, 80%					
	정격 전력	6	온도 상승	캡(7종류)	< 120℃											
				LED 모듈 컨버터	역률	>0.9 (5W 이하, 0.85)										
	LED 모듈 전원 공급용 컨버터	형식	3	안전	내습성 및 절연	이중/강화절연, > 4MΩ					-	-	-	KS C 7655, *고효율에너지저장장치에 관한 규정		
					절연내력	권선 절연조건(KSCIEC60065 14.3.2)										
이상 조건					정전압	90%, 110%										
출력 방식		2	안전	정전류	90%, 110%											
				정전기적합성	KS C CISPR15											
출력 전압		6	전기	입력전력/전류	< ±10%											
				역률	>0.9 (5W 이하, 0.85) (>0.95 (5W 이하, 0.85, 5W~50W 미만, >0.90)											
정격 전력 (7*)		5	전기	비정상조건	제어장치 동작 여부											

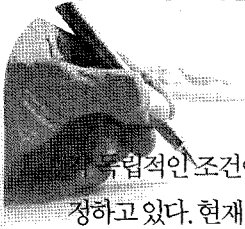
\* 고효율에너지저장장치 보급촉진에 관한 규정(지식경제부고시 제2009-202호)

〈표 2. 컨버터 내 · 외장형 LED램프 및 구동장치의 내구성 평가방법〉

대 상	내구성 평가방법			
	시험항목	조 건	관련규격	
컨버터 내장형 LED램프	수명가속시험**	정격전압인가 24hrs, 70℃ 100hrs, 상온 24hrs, 10cycles	*KS C 7651, **고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정	
	열충격*, **	-10℃, 1hr 방치, 50℃, 1hr 방치, 5cycles		
	점멸수명*, **	30sec On, 30sec Off (해당 수명의 1/2)		
	적합성**	15min 정상점등 여부 확인		
컨버터 외장형 LED램프**	수명가속시험	정격전압인가 24hrs, 70℃ 100hrs, 상온 24hrs, 10cycles	**고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정	
	①온도사이클	5℃, 1hr, 80℃, 1hr, 5cycles(온도변화율 1/min)		
	②개폐반복	반 복		저온 : -5℃, 1hr 미점등, 10sec On, 20sec Off, 1,500cycles
				고온 : 60℃, 1hr 미점등, 10sec On, 20sec Off, 1,500cycles
	③작동			정격전압, 80±2℃, 360hrs 동안 정상 점등
④검사		실내온도, 3min On, 2min Off, 15분간 정상점등, 무균열/파손		
LED 모듈 전원 공급용 컨버터	온도주기 충격시험*	-10℃ 보관, tc 온도로 이동후 1hr, 5 cycles	*KS C 7655, **고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정	
	공급전압 개폐시험*	On/Off 30 sec, 무부하 200cycles, 최대부하 800cycles 후 15 min 동작		
	정격 동작시험*	정격, tc 온도에서 200hrs 동작, 실온 냉각 후 15 min.		
	내구성**	① 5℃, 1hr 방치, 100℃ 1hr 방치, 5cycles (온도변화율 1±0.2℃/min) ② 정격입력전압 10sec On, 10sec Off, 1,000cycles ③ 적합램프 접속 85±2℃, 360hrs (보호기구 있을 경우 무동작 시험)		

\*\* KS C 7655 7.6.2절

KS 표준 및 고기자 기술기준에서 제시하고 있는 내구성 시험의 경우 최대온도가 60℃, 80℃ 그리고 100℃ 를 조건으로 하고 있으며, 상대습도 90% 그리고 개폐/점멸(수명)시험 등을 순차적으로 실시하고 있지만, 각



독립적인 조건에서 실시하고 있다. 고장(부적합)판정기준으로는 전광속 10% 이내와 미(부) 점등으로 규정하고 있다. 현재 신뢰성 평가기술에서 중요한 특징은 LED 조명기기의 광특성을 확인하는 방법에는 장시간이 소요된다. 짧은 시간에 동일한 광특성의 변화를 확인하기 위해 복합가속시험방법을 많이 적용하고 있다. 복합가속시험에서의 스트레스는 온도, 습도, 과전류/전압 및 On/Off를 함께 적용한다. 사용·환경조건에 따라 진동 조건도 포함할 수 있다.

〈표 2. 컨버터 내·외장형 LED램프 및 구동장치의 내구성 평가방법〉

스트레스	신뢰성 시험방법		
	시험방법	관련규격	대표적 고장유형
정상조건	25±3℃, 1,000hrs Aging, 5,000hrs 후 전광속 측정 (LED 모듈의 20,000hrs, 40,000hrs 보증)	LM-79*, LM-80*, KS**, RS***, 고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정	수지 : 크랙, 변색 형광체 : 색좌표 변화 와이어 : 단선, 단락 리드 프레임 : 변색, 반사율 떨어짐 Chip : 발광 떨어짐 전자부품 : 단선, 단락, 크랙 등
온도	고온 60℃, 80℃, 100℃		
	저온 -30℃, -25℃, -20℃, -5℃		
온도차	온도사이클 : -30℃ ~ 80℃, ΔT=100℃ (온도변화율 1℃/min)		
	열충격 : -30℃ ~ 100℃, ΔT=130℃		
습도	최대 상대습도 90%		
온습도	60℃/90%, 85℃/85% (LED PKG의 B <sub>10</sub> 16,500hrs 보증)		
온습도 사이클	-30℃ ~ 80℃, 90% (온도변화율 1℃/min)		
진동	20 ~ 2,000Hz 과 스윙프 시간 4분, 200 m/s <sup>2</sup> , 4cycles (LED PKG의 진동시험 조건, RS C 0153)	KS 환경시험 중 진동시험	
자의선	-	전자재 (내후성 조건 적용)	
과전류/과전압	정격 전류/전압 대비 10%, 20%, 30%	-	
On/Off	정격전원 인가후 LED 온도가 안정화 상대 될 때까지 On 시간 Off 후 LED 모듈의 온도가 안정화될 때까지의 시간	KS, 고효율에너지기자재 보급촉진에 관한 규정	

\* LM-79(광/온도 측정방법), LM-80(수명시험방법)

\*\* KS : KS C 규격에서의 환경시험 중 온도사이클, 온습도, 온습도사이클 시험

\*\*\* RS : LED PKG 신뢰성 인증기준(RS C 0047, RS C 0153)

본 고에서 제안하고자하는 신뢰성 평가기술은 시장정보와 고장분석 정보를 활용하여 LED PKG의 열저항 값, LED 모듈의 열저항값 그리고 방열 소재와 크기(면적)에 따른 열전도도, 직 · 병렬 회로설계기술, 동작온도에 따른 LED PKG, 전자부품 및 구동방식등의 설계기준을 제공하는 종합기술을 의미한다. 하지만, 전자에서도 말했듯이 LED PKG의 기술수준과 회로설계 및 전자부품 변경에 의해 고장메커니즘도 달라지기 때문에 동일한 신뢰성 평가기술을 적용하지 못한다.

그러므로 변경된 LED 조명기기의 평가를 위해, 빠른 시간에 정상사용조건에서의 정보를 확보할 수 있는 복합가속시험을 적용하여 시장데이터와 시험데이터간의 상관관계 규명과 가속모델 및 가속계수를 이용하는 신뢰성 평가방법의 개발과 실시가 필요하다 하겠다.

