

철도차량용 LED조명 집중제어장치의 성능 고찰

An Analysis of the heat-sink module for rail vehicle's LED Headlamp.

온정근*[†], 양도철*, 이선종**, 이승민**

Jung-ghun Ohn*[†], Dohchul Yang*, Sunjong Lee**, Sungmin Lee**

Abstract Despite the expansive initial installation cost, the application of LED lights are increasing to replace fluorescent light previously used in order to reduce the power for railway vehicles. With the fact that LED lights do not require lighting circuits and the lighting itself is available only with power supply through control circuits, we are proposing a design method for concentrated control system for railway vehicle LED lights. The new design method has been developed through the small business support project of Korea Research Council for Industrial Science & Technology. With this paper, we are going to verify if the newly developed LED light control system satisfies the requirement for railway vehicle lights and if the appropriate level of performance was acquired through performance tests. Then we shall prove we could reduce the power conforming to the development purpose by using LED concentrated control system and analyze pros and cons when the system was applied to railway vehicles.

Keywords : LED, Fluorescent light, Concentrated control system, Railway vehicle

초 록 철도차량 분야에 전력 절감을 위하여 비싼 초기설치비용에도 불구하고 기존 형광등을 대체하여 LED 등구류의 적용이 늘어나고 있다. LED 등구류는 기존 형광등과 달리 점등회로가 필요 없고 제어회로를 통한 전기 공급만으로 점등이 가능하다는 점을 활용하여 철도차량용 LED조명 집중제어장치를 설계기법을 제안한다. 제어장치의 새로운 설계기법은 산업기술연구회의 중소기업지원사업을 통하여 개발하였다. 본 논문에서는 개발한 LED조명 집중제어장치가 철도차량 조명의 요구사항을 만족하고 성능시험을 통하여 성능이 확보되었음을 확인하고 LED 집중제어장치를 사용하여 개발 목적인 전력을 절감할 수 있음을 보이고 철도차량에 적용할 경우의 장단점을 분석하였다.

주요어 : LED, 형광등, 집중제어, 철도차량

1. 서 론

최근 에너지 고갈에 대한 위험 및 에너지 소비에 대한 공급이 부족한 상황은 에너지에 대한 의식을 변화시키고 있다. LED조명은 초기비용이 크에도 불구하고 최근 LED기술과 전원공급장치 기술의 발전으로 일반 가정조명에서부터 일반 시설의 조명까지 그 활용을 넓히고 있다. LED조명은 소자의 긴 수명과 적은 전력소비로 인하여 광구조명에 대한 대체조명으로 각광받고 있다. 그러나 LED조명은 수명특성인 보수율(Maintenance Factor)을 갖고 있어 전력의 비효율적인 소모가 존재한다. 보수율 특성을 고려한 전력절감방안을 LED조명 집중제어장치(이후 ‘집중제어장치’로 표시함)로 개발하였으며 집중제어장치가 철도차량 조명요구사항을 만족하고 철도차량 운영에 현실적인 전력절감 대안으로 적용이 가능함을 본 논문에서 보이고자 한다. 본 논문에서는 집중제어장치의 기초 요구사항과 기능 및 요구된 전력 절감을 만족하였음을 보인다.

† 교신저자: 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도전기·신호공학과 박사과정(jjohn@krii.re.kr)

* 한국철도기술연구원

** (주)에스에이치에이치 연구소

2. 본 론

2.1 철도차량용 LED 조명

2.1.1 조명의 보수율(MF) 특성

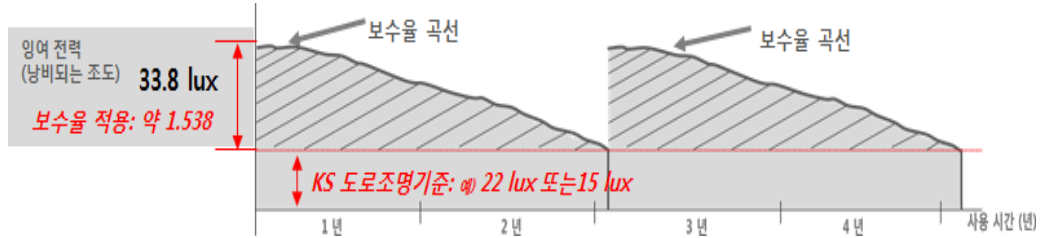


Fig.1 Maintenance Factor[1]

일반적으로 조명은 시간이 지남에 따라 광도의 감쇄가 일어나며 조명에서 남아있는 광도 양을 보수율(Fig. 1)로 표현한다.

KS R 9159에서 보수율이란 새로 제작하였을 때의 조도와 조명의 보수가 필요한 시점의 조도의 비로 정의하고 있다. 즉 생산 이후부터 조명 교체 이전까지 조도의 감소를 뺀 잔존율이 보수율이다. 보수율은 아래 식(1)과 같이 광원의 광속 유지계수, 광원의 잔존계수, 조명기구나 차량내부의 더러움으로 인한 밝기 저하 계수(조명기구 유지계수)로 산정되나, 조명기구 자체의 보수율을 측정할 경우에 차량에 대한 계수는 제외된다.

$$M.F = LLMF \times LSF \times LMF \quad (1)$$

LLMF : 광원 광속 유지 계수
 LSF : 램프 수명 계수(잔존계수)
 LMF : 조명기구 유지 계수

KS C 9159에서는 보수율을 고려하여 설계하도록 권고하고 있으며 차량 조명에서 0.65 ~ 0.70 (일정 주기로 일제히 교환하는 개별집단 교환방식의 경우)의 보수율이 적절한 것으로 보고하고 있으며 최근 일반적으로 0.65~0.75정도의 보수율로 차량 조명을 설계하고 있다.

2.1.2 철도차량용 LED 조명의 요구사항

KS R 9159[2]에서는 차량내 실내 조도를 200 lx (바닥면 850 mm 상부)로 기준하고 있으며, 열차의 각 부위 특성에 따라 다른 기준을 제시하고 있다. 우리나라 철도차량은 각 노선의 설계 조건마다 다양하게 실내 조명 기준을 적용하고 있다. 일부 철도차량의 경우 표준규격의 최소기준으로 기준을 제시하고 있으나 일부 차량의 경우는 보수율을 감안한 설계 기준을 기준으로 적용하는 등 다양한 기준으로 철도차량용 LED조명이 제작되고 있다. 국내 일부 전동차에서는 최대 조명기준으로 500 lx의 기준과 보수율이 감안된 평균 880 lx (차량 인수 시 측정값)로 제작되어 납품되었다.

2.2 철도차량용 LED조명 집중제어장치

LED 조명 집중제어장치는 보수율로 인한 승객 요구나 편의성 보다 초과 설계된 조명의 광도와 잉여 소비전력을 절감하기 위하여 개발하였다.

형광등의 경우 개별 등마다 점등회로를 필요로 하고 있어(Fig.2) 집중제어가 어려우나 LED등은 전원만 공급하면 시동되어 별도의 점등회로가 필요 없으므로 집중제어가 가능하다. 집중제어장치를 적용하여 조명을 집중화함으로써 유지보수성의 향상과 고장율이 낮아지는 효과, 제작비용의 저감, 초기 설치비의 저감 등을 기대할 수 있다.(Fig.3)

보수율에 대한 전력절감기능을 추가할 경우, 개별 전원공급회로에 각각 추가되어야 하는 회로를 집중제어장치에만 추가할 수 있으므로 현실적으로 적용이 가능하며, 개별 전원공급방식에 비하여 집중제어장치 방식은 전력절감회로를 적은 비용으로 추가할 수 있다. 이번에 개발된 집중제어장치 시작품(Fig.4)은 기존의 철도차량 조명에 요구된 기능(반감운전, 비상조명 등)을 구현하고 있으며 고장감시 등의 유지보수 편의성과 철도차량의 종합제어장치(TCMS)에 의한 제어/감시 등의 추가적 기능을 포함하고 있어 기존의 조명장치보다 우수성을 가진다.

집중제어장치는 LED조명에 공급되는 전압을 조절함으로써 광도를 제어하는 장치이다. 집중제어장치의 광도는 외부의 조도 조건과 조명장치의 보수율로서 결정되어 승객들에게 최적의 광도조건을 제공하며 전력을 절감한다.

현재의 집중제어장치는 기존 철도차량의 조도 요구 값으로 제어되도록 설계되었으며 실험실 환경에서 성능이 측정되었다. 실제 차량에서의 승객 편의 조건을 만족하기 위해서는 실제의 조도요구조건에 의한 최적화 과정이 필요하다.

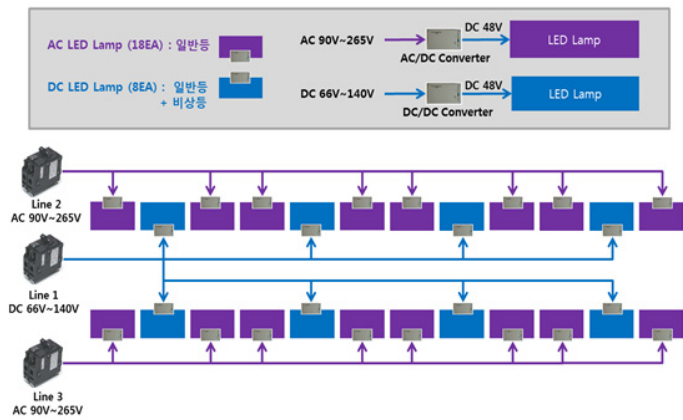


Fig.2 Prior Schematic Dia. of lights

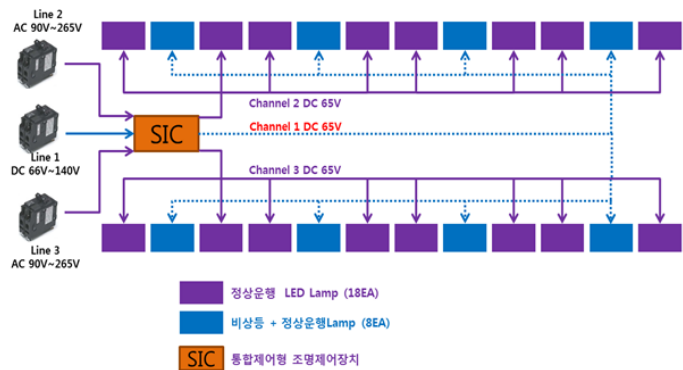


Fig.3 Schematic Dia. of Concentrated control type lights

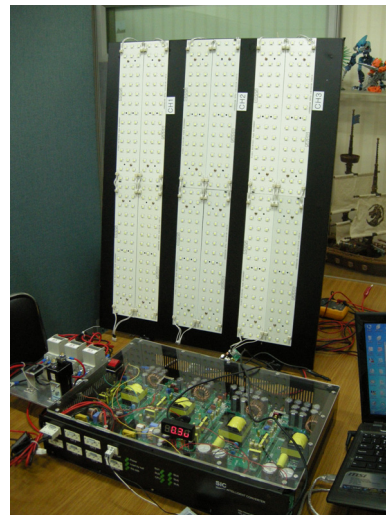


Fig.4 Prototype of LED Lights Concentrated Control Equipment

2.3 집중제어장치의 성능

본 논문의 성능검증은 실제의 차량에서 실시된 결과가 아닌 시험실에서 기능/성능시험으로 측정되었다. 차량에 장착되어 승객에게 서비스되는 상황을 가정에 의하여 측정된 값으로서 실 차량의 결과와 다를 수 있으나 집중제어장치의 효용성을 확인하는 최소의 기능과 성능을 확인할 수 있었다.

집중제어장치의 성능 검증은 철도차량조명에 요구되는 기능을 확인하는 기능시험과 집중제어장치의 전력절감 성능을 확인하는 성능시험 등으로 실시되었다. 온도/전자파/진동/충격 등에 대한 내성을 확인하는 환경내성시험은 양산화 개발과정에서 실시할 예정이다.

기능시험은 부하반감 기능, 비상등 기능, 고장 절체 기능, 고장검지 기능, 통신 기능, 조도센서 동작 기능, 입력전압 감시 기능 등을 수행했으며, 철도조명에 요구되는 사항들을 만족함을 확인하였다.

성능시험은 전압제어방식으로 조도를 1단계부터 4단계까지 조절되는 것을 확인하고 각 단계별 조도와 소비전력을 측정하여 그 결과를 Table 2에 보였다.

500 lx의 기준으로 보수율을 적용하여 800 lx의 LED조명으로 설계된 철도차량에 집중제어장치를 적용하여 운행할 경우에 노선의 각 운행상태에서 설계 예상값에 비하여 Table 2와 같은 시험결과값이 측정되었다. 집중제어장치 시작품의 설계 예상값과 시험 측정값이 유사한 특성을 가짐으로 성능을 만족함을 확인할 수 있었다.

시험 측정값으로서 서울시 지하철 운영사의 차량에 적용할 것을 예상하면 조명전력 및 전력비용의 30% 절감, 량당 일년에 15.5만원의 절감이 예상되는 것으로 계산되었다. 이 계산은 일부 도시철도차량 운영사에 대한 결과로 각 운영사의 운영환경에 따라 결과는 달라질 수 있다.

Table 1 Test results of Power consumption and Illumination

Control Level	Power Consumption(W)	Illumination(lx)
Level 0	0 W	0 Lux
Level 1	382 W (57%)	502.0 Lux (61%)
Level 2	470 W (70%)	606.7 Lux (74%)
Level 3	566 W (84%)	710.4 Lux (87%)
Level 4	674 W (100%)	820.6 Lux (100%)



Fig.5 The test of Power consumption and Illumination

Table 2 Applications of Concentrated control equip. based on service status

운행 상태		기준 방식 : 조도(전력)	집중제어방식 : 조도(전력비)	
			예상값	시험 측정값
정상 운행	평시 주간 실외	기준: 500 lx 이상 적용: 800 lx 이상 (672 W)	500 lx 이상 (60%)	502 lx (57%)
	평시 주간 터널		600 lx 이상 (70%)	606 lx (70%)
	출/퇴근 혼잡시간		700 lx 이상 (80%)	710 lx (85%)
	비 혼잡 시간		500 lx 이상 (50-70%)	502 lx (57%)

3. 결 론

철도차량에는 일반적으로 차량1량당 24개의 형광등이 적용되고 있으며 최근 전력절감을 위하여 LED등으로 교체하고 있다. 기존 LED등은 기존의 형광등과 동일한 개별 전력공급/제어 방식으로 작동한다. 형광등과 달리 개발 점등회로가 필요 없는 LED등은 집중제어로서 유지보수성 및 제작비용/설치비용 등의 절감을 가져올 수 있다. 또한 집중제어방식은 전압제어로서 전체 조명의 조도를 일괄 제어할 수 있어 효율적인 제어가 가능한 구조이다.

LED조명은 광원이 시간에 따라 광도가 저하되는 보수율 특성을 감안하여 설계하도록 규격에서 권고하고 있다. 최근 제작되는 철도차량에는 0.65~0.75보수율을 감안하여 500 lx 기준에 800 lx 이상의 조도로 설계된 사례가 있다.

집중제어장치는 기준에 비하여 초과된 보수율에 대한 절감을 목적으로 개발되었다. 집중제어장치는 외부 조도에 따라 1단계부터 4단계까지 제어된 적절한 조도를 승객에게 제공하도록 설계되었다.

성능검증으로 집중제어장치가 철도차량의 조명장치에 요구되는 기능과 유지보수 편리성을 위한 기능을 만족함을 확인하였다. 조도와 소비전력을 측정한 성능시험의 결과는 30 %의 조명 전력을 절감할 수 있을 것으로 예상되었다.

이 연구는 집중제어장치 개발에 따른 초기 연구로서 향후 실제 차량에 장착하여 승객에 적절한 조도를 제공하는 기준 수립과 실 운행노선에서의 실제 전력 절감율 등에 대한 검증이 필요하다.

참고 문헌

- [1] Hun Kim, 최신조명환경원론, 문운당 p.402
- [2] Korean Industrial Standards, KS R 9159(2012), Illuminance for railway rolling stock – Recommended levels and measuring methods
- [3] Yongho Kim(2011), An Energy-efficient LED lighting control scheme with provision of user illumination requirement. The journal of Korea information and communications society 36(11) pp. 1383-1388
- [4] Tae-su Jang(2012), Study on Multi-switching Sensor-based LED Lighting Control Technology, The 2012 spring conference of Korea information and communications society pp. 313-314