

산업용 백열전구 대체 LED조명등 설계

Design of the LED Luminaires replacing the incandescent lamps for Industrial Use

장하균 · 여인권 · 장우진

(Ha-Gyoon Chang, In-Kwon Yeo, Woojin Jang)

요 약

수은이 함유된 방전등과 같은 조명기구의 사용이 제한되는 특수구역의 산업용 조명설비로 200 W 이상의 높은 소비전력의 백열등기구들이 사용되고 있다. 인공광원으로 백열전구는 매우 낮은 발광효율로 전력소모가 많고, 높은 방사열로 인해 화재의 염려가 있어 램프보호 유리구를 장착하므로 낮은 조명률로 광 손실이 높게 발생한다. 또한 산업지역 내에서는 일반적으로 각종 전동기 및 공기조화 설비의 가동으로 진동이 심하며 여기에 백열전구 사용 시 당초 예상되는 수명보다 더욱 단축되고 있다.

이러한 지역에 설치된 백열등을 조명등기구 효율(Luminaire Efficacy)이 높은 친환경 에너지 절감형 차세대 광원인 LED조명등으로 대체하여 산업설비 지역 내 공급되는 조명용 소비전력을 크게 줄여 에너지 절약효과를 높임과 동시에 양호한 조명율의 LED등기구를 사용함으로써 실내조도를 향상 시키며, 백열전구 대비 색온도가 높은 LED광원을 사용함으로써 조명환경 개선에 따른 작업능률을 높이기 위해 특수지역의 산업용 LED조명등을 개발하였다.

Key word: LED luminaire, Incandescent Lamp

1. 서 론

특수 산업지역내에 설치되는 조명등은 수은과 같은 화학물질이 함유된 등기구를 사용할 수 없어 형광등과 같은 조명제품들의 사용을 제한하고 있다. 이에 따라 수은이 함유되지 않은 백열전구를 특수산업 지역 내에 사용하고 있지만, 낮은 광원효율로 인해 높은 소비전력(200 W, 300 W)의 백열전구를 사용하고 있으며, 백열전구 파손 시 유리구에 의한 2차 피해를 방지하기 위해 램프보호 유리구를 사용함으로써 조명등의 내부온도 상승에 따라 수명이 단축되어 유지보수 비용이 매우 높은 실정이다. 따라서 광원효율이 높고 수은이 함유되지 않은 환경 친화적이며 장수명인 LED 소자를 이용한 LED조명등을 적용함으로써 전력비용 및 유지보수 비용을 크게 절감시킬 수 있다.

또한 LED조명등의 색온도를 5500 K로 설계하여 적용함으로써 백열전구 사용 시 보다 주광에 가까운 조명환경을 유지하여 특수 산업지역 내 설비 등이 운영되고 있는 지역의 환경을 밝은 느낌으로 개선하여 작업자의 작업능률 향상과 특수지역 내 작업시 불안감을 해소하도록 하였다.

2. LED조명등의 설계

2-1 LED조명등의 광원선정

LED소자의 기술개발이 급속하게 진행되어 가면서 LED의 광원효율이 형광등의 수준인 80 lm/W 까지 개발되어, 광원효율이 15 lm/W ~ 20 lm/W의 백열전구에 비해 4배가량 광원효율이 좋아지게 되어 백열전구를 LED조명등으로 대체시 전력소비량을 약1/4 정도 줄일 수 있게 된다. 이에 300 W 백열전

구의 총광속 대비하여 LED조명등을 75 W급으로 설계하였다. 이 연구에 적용된 백열전구와 LED조명등의 광원특성을 표 1에 나타내었다.

표 1. 백열전구와 LED의 광원특성비교표

항 목	단 위	백열등	LED 조명등	비 고
소비 전력	W	300W급	75W급	75% 절감
입력 전류	A	약 1.3	약 0.3	75% 감소
수명	시간	약 1000시간	26000시간 (3년)이상	25배이상의 장수명
전등 효율	lm/W	15	70	4배 이상효율
광원	-	확산광원	지향광원	조명률 개선
총 광속	lm	4600	5000	동일광속 유지

2-2 LED조명등기구 설계

백열전구를 사용하는 조명등은 외부의 약한 충격에도 유리구 및 필라멘트가 파손될 수 있으므로, 백열전구를 보호하고 유리구 파손 시 2차적인 피해를 방지하기 위하여 램프보호유리구를 사용하게 되며 백열전구의 발열량이 많아 램프보호커버의 재질을 유리로 하며 외부의 충격으로부터 깨짐을 줄이기 위해서 15 mm ~ 20 mm의 두께로 제작된다. 램프보호커버의 투과율을 비교하기 위해 램프보호커버 사용유무에 따른 300 W 백열전구의 광도를 측정하였다.

측정 결과로부터 램프보호커버의 투과율이 70 % ~ 80 %임을 확인하게 되었으며, 백열전구를 장시간 사용시 램프보호커버에 의해 내부온도가 상승되어 램프의 광속이 감소하여 수명이 단축됨을 확인하였으며, 주위온도 상승시 램프 평균수명이 저하됨을 확인하였다.

이에 LED조명등기구는 조명등내부 온도상승을 억제하고 LED광원효율 감소를 방지하기 위하여 조명등기구의 표면을 면적이 넓은 방열판으로 제작하여 외부공기와외의 접촉에

의한 자연냉각방식을 채택하였고, LED 정선 온도(Tj)에서 외기온도(Ta)까지의 열저항을 줄이기 위해 LED조명등기구에 LED모듈이 직접 장착되고, 조명기구의 광효율 저하를 방지하기 위해 반사갓을 적용하지 않고 조명등기구의 형태를 반사갓 형태로 설계하여 LED 광원이 조도분포면에 직접지향 하도록 설계하였다. 그림 1은 현수형 LED조명등 시제품을 보여 준다.

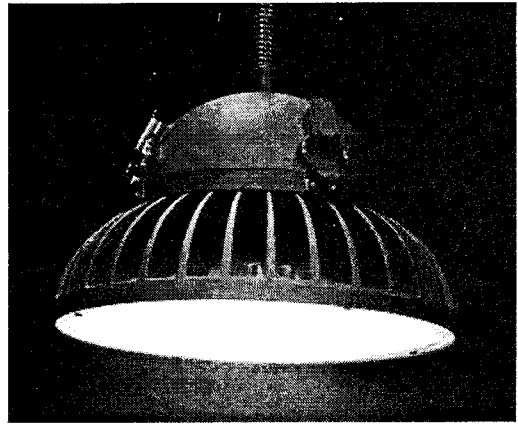


그림 1 현수형 LED조명등 시제품

3. LED조명등 시제품 제작 및 실험

3-1 LED조명등 광원

LED조명등의 기술규격은 등기구 형태와 용도에 따라 광도 및 조도가 변화되어야 하므로 백열전구 대체시 광속을 기준으로 LED의 광원을 산정하였으며, 점광원인 LED의 광속이 작업면에 직접지향하게 되면 조도 분포면의 균제도가 좋지 않고, 분포면적이 좁게 되므로, 등기구 형태를 반사갓 모양으로 설계하여 LED를 배열함으로써 조도분포면의 조도를 일정하게 유지하고 조명등의 지향각을 백열전구 조명등 보다 넓게 하여 조명등간 조도를 균일하게 유지하였다.

LED조명등의 광속은 백열전구의 총광속인 300 W 4,700 lm이상으로 하고, LED의 광원효율이 약 65 lm/W이므로 백열전구의 광원효율 약 16 lm/W보다 4배이상 높으므로 LED조명등의 소비전력을 75 W급으로 설정

하여 LED광원 시제품을 제작하여 광속을 측정하였다.

광속측정결과로부터 총광속은 약 5,400 lm이며 소비전력은 약 70 W로 백열전구에 비해 LED광원의 총광속은 13 %정도 증가되었으며, 소비전력은 백열전구의 1/4이하 이다.

또한 백열전구 조명등은 백열전구의 빛이 전방향으로 방사되어 조명등기구의 반사각에 의해 지향각을 갖게 되지만, LED조명등은 반사각에 의해 광속이 일정한 각도를 갖고 지향할 때 그 반사점에 LED광원을 직접 장착하여 LED광속이 조도분포면에 직접 지향하도록 하여 반사율에 의한 광원효율 감소를 줄이기 위한 등기구 시제품을 제작하였다.

LED조명등의 시제품 시험결과 백열전구 조명등보다 2배이상으로 광도가 향상되어 구역내의 조도가 높아지므로 산업기계 등의 보수 및 물체인식이 쉬울 것으로 예상되며, 조명등의 지향각이 백열전구 조명등에 비해 넓어지게 되어 조명등간 균제도가 좋아지고 시야가 넓게 확보될 것으로 보인다.

LED조명등 설치시 조도분포를 확인하기 위해 구역내의 환경을 조사하고 LED조명등의 배광분포도를 적용하여 조도 시뮬레이션 프로그램을 이용한 산업지역내의 조도분포도 예상결과를 표 2에 나타내었다.

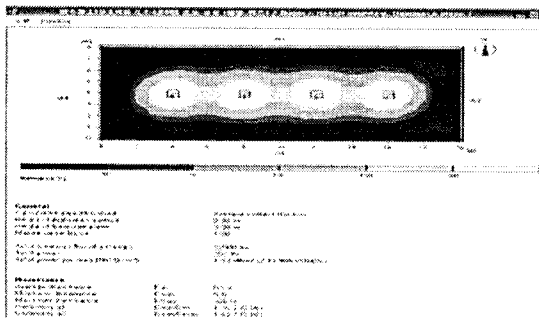


표 2. 조도시뮬레이션 프로그램을 이용한 구역내 조도분포도

표 2와 같이 LED조명등 4개를 구역내의 환

경과 동일하게 적용하고 시뮬레이션한 결과 구역내의 환경상 설치높이가 낮고 조도분포면적이 넓고 보행자의 눈분심 제한으로 인하여 조명등의 직하조도가 높게 측정됨을 확인하였다.

백열전구 조명등을 LED조명으로 대체시 구역내 작업면조도가 2배 이상으로 높아지는 것을 확인하였다.

3-2 LED광원의 방열

LED조명등의 광속은 주위온도 및 정선 온도에 의해 변화하게 되는데 온도가 높아지면 광속이 낮아지게 되므로 주위온도에 따라 조도기준에 따른 광속을 고려 해야 한다. 표 3은 LED광속이 정선 온도(Tj)에 따른 광속의 변화율을 나타내었다.

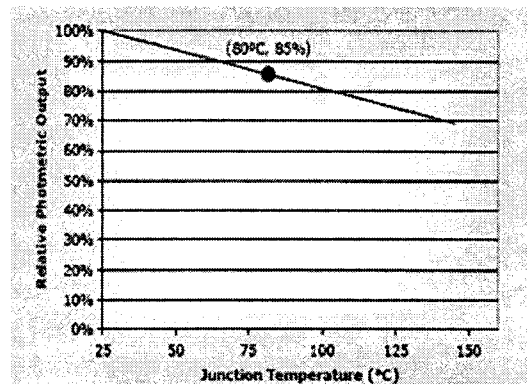


표 3. LED 정선 온도(Tj)에 따른 광속변화율

표 3과 같이 LED 정선 온도가 80 °C가 되면 25 °C에서의 LED 광속보다 15 %감소됨을 알 수 있다. 이에 LED조명등의 방열효과는 표면온도를 낮게 유지하기보다 LED 정선 온도가 상승되는 것을 방지 할 수 있어야 LED조명등의 광속을 안정하게 유지시킬 수 있다.

LED조명등의 방열판을 설계하여 열해석 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 등기구의 표면온도 예측한 결과를 그림 2에 나타내었다.

LED조명등의 방열판 분석결과 표면온도는

약 60 ℃이고 LED 정선 온도(Tj)는 약 62 ℃의 결과를 얻게 되어, LED조명등의 광속이 약 10 %이상 저하될 것으로 예상된다. 이에 LED조명등의 방열판 시제품을 제작하여 온도 측정된 결과를 그림 3에 나타내었다.

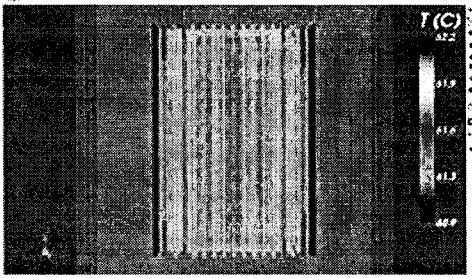


그림 2. 방열판의 열해석 시물레이션 결과

