

선박용 LED 조명의 최신 동향

장낙원 (한국해양대학교 교수)

1 조선 해양 LED 융합 기술

최근 지구 온난화에 따른 환경변화와 에너지의 중요성이 부각되고, 친환경정책이 시행됨에 따라 전통 조명의 보급은 축소되고 있다. 특히 백열전구는 빛보다 열이 80% 이상 방출되기 때문에 효율이 낮은 광원이다. 2011년부터 호주에서는 백열전구의 판매와 생산이 중지되었으며, 한국은 2014년부터 백열전구의 생산 및 수입이 전면 중단되었다. 기존 광원을 대체하기 위하여 조명산업 분야에서는 차세대 광원으로 LED(light emitting diode) 적용기술을 연구·개발 중에 있다. LED는 전기신호가 인가되면 빛을 방출하는 화합물 반도체 소자로, 구성 화합물의 종류와 조성비를 조절함으로써 다양한 색상구현이 가능하다 [1-4].

LED 조명은 LED 반도체 광원을 이용하여 “조명 제품”을 만든 것으로서, 일반조명, 정보전자, 의료/환경/해양, IT융합, 수송기기, 농생명, 수송기기 등 광범위한 분야에 응용이 가능하다. 기존의 백열등, 할로젠을 LED로 대체하면 소비전력 50~90%가 절감되고, 형광등을 대체할 경우 소비 전력은 30~60% 절감이 가능하다. 또한 유지보수비 절감 및 신뢰성 확보를 이룰 수 있다. 산업연구원에 따르면 현재 사용되고 있는 국내 육상조명의 30%를 90lm/W 이상의 LED 조명으로 교체할 경우, 연간 1조 5,400억 이상의 전

기요금의 절감된다고 한다.

선박용 일반조명으로 사용되었던 백열전구를 사용한 조명은 기관실의 진동으로 인해 필라멘트가 쉽게 파괴되어 장거리 항해 후엔 다수의 전구를 새 것으로 교체해야 했기 때문에 유지 보수비용이 많이 들었다. LED는 백열전구와 달리 내부에 필라멘트가 없기 때문에 선박 진동에 강하고 형광등 보다 에너지 소비량이 훨씬 적고, 점등 시 전기 불꽃이 발생하지 않아 선박의 안전성의 관점에서 유리하여 선박용 조명 광원으로 적용이 가능하다[5].

2005년부터 크루즈 및 요트에 LED조명을 적용하기 시작하여 현재는 상선 뿐만 아니라 함정에 대해서도 적용되고 있다. 또한 항만관리용 작업등, 크루즈선의 조명, 어선의 집어등 등의 해양조명분야에 저전력, 고수명, 소형의 LED 조명 적용이 증대되고 있다. 특히 해양플랜트용 조명은 선박조명등에 비해 단가가 2~3배 높아 수익성이 높으며 대당 소요 등기구의 수가 월등히 높아 성장 가능성이 높지만 기존 선박용 제품 대비 특수한 환경 하에서 사용되므로 높은 안정성이 요구되어 LED 적용이 이루어지고 있다. 2011년부터 Drill Ship용 작업등으로 기존 방수 형광등기구에서 LED 조명기구로 적용하고 있는 추세이다.

본 총설에서는 조선해양산업 분야에서 백열전구 및 할로젠 램프를 사용하는 등기구를 LED로 대체하는 선박용 LED 조명의 최신 개발 동향을 개괄적으로

소개하고자 한다.

2. 선박용 LED 조명 개발 현황

2.1 고출력 LED 탐조등

탐조등(Searchlight)은 조난 및 인명구조 등 특수한 상황일 때 사용되는 것으로서, 필요에 따라 불규칙적으로 사용되기 때문에 항상 원활하게 동작될 수 있도록 높은 내구성이 요구된다[6]. 현재 사용되고 있는 할로겐 탐조등은 전방향으로 빛을 방사하여 관련 규격의 광학적 성능을 만족시키기 위하여 반사판을 사용하기 때문에 광손실이 발생된다. 소비전력이 높고 에너지 효율이 매우 낮으며 선박에서 발생하는 진동 및 충격에 약하다. 그러나 LED는 반도체 광원으로 기존 광원과 비교해 광효율이 높기 때문에 상대적으로 소비전력이 낮아지게 된다.

기존 1kW 할로겐 탐조등을 대체하기 위한 고출력 LED 탐조등이 개발되었다[2]. 설계사양은 KDS 6230-1046-1과 KS V 8469를 기준으로 하였다. 그림 1은 고출력 LED 탐조등이다. 고출력 LED 탐조등의 소비전력은 148W로 기존 1kW 할로겐 탐조등에 비해 약 85% 절감되었다.

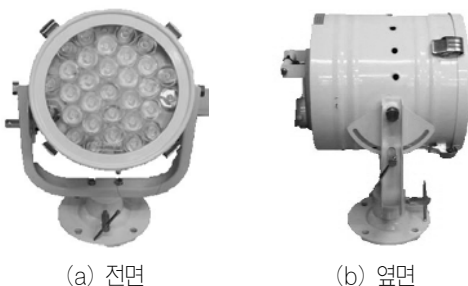


그림 1. LED 탐조등

그림 2는 LED 탐조등의 광도 분포이다. 지향각 6°의 렌즈를 사용하여 중심광도는 945,000cd로

KS V 8469에 명시된 800,000cd 이상이었으며, 빔각이 56°에서 5.4°로 좁아져 중심광도는 2.4배 향상되었다. 광효율은 86.9lm/W로 4.7배 높았으며, 색온도 5,500K 및 연색성은 70으로 평가되어, 기존 투광등보다 월등한 성능을 보여주었다. LED 탐조등의 방열은 공랭식으로 팬이나 히트파이프를 사용하지 않았다. LED 탐조등의 외함 온도는 48.3℃, SMPS 주변 온도는 34.1℃로 IEC 60092-306을 만족하였다.

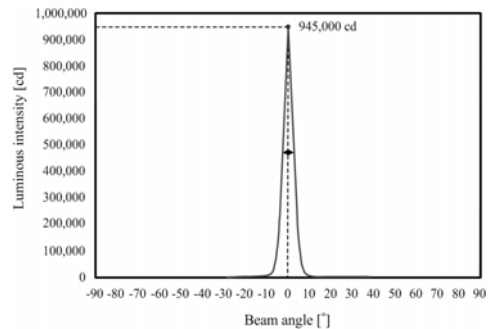
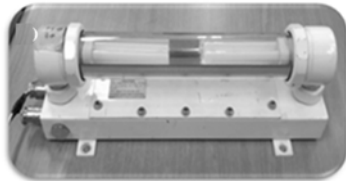


그림 2. LED 탐조등의 광도분포

2.2 잠수함용 LED 등기구

잠수함에 설치되는 광원은 백열등 및 CFL이 많이 사용되고 있다. 공간이 협소한 잠수함에 설치되어 있는 기존 등기구는 부피가 크고, 무겁다. 또한 광원으로 사용 중인 백열등과 CFL은 E26 또는 G13 베이스의 선박 운항 시 발생하는 진동에 취약한 단점이 있다[7]. CFL(18W) 2개가 사용되는 잠수함의 주등은 소비전력이 약 38W, 중심 광도는 약 265cd, 지향각은 80°이다. CFL을 사용하고 있는 잠수함의 기존 CFL 주등을 대체하기 위한 LED 등기구를 제작하였다[7]. 그림 3는 잠수함용 CFL 주등과 LED 등기이다. 잠수함의 기존 등기구의 브라켓 위치와 동일하게 설계함으로써, 별도의 고정 장치 없이 설치자가 현장에서 직접 교체할 수 있도록 하였다. 철로 제작된 기존 등기구를 알루미늄 다이캐스팅으로 대체하여 무

게가 58% 감소되었다. LED의 직진성으로 잠수함의 협소한 공간에서 불쾌지수가 증가될 수 있기 때문에 투과율 60%의 확산판을 적용하여 최적의 전기·광학적 특성을 확보하였다.



(a) CFL



(b) LED

그림 3. 잠수함용 등기구

그림 4는 잠수함용 LED 등기구의 배광 곡선이다. 좌·우 대칭이 균일한 “램버시안(lambertian)” 형태의 배광 곡선이 측정되었다. 기존 등기구와 비교해 LED 등기구의 평균 조도가 약 10% 향상된 조건에서 소비전력은 62% 정도 감소하였다. LED 등기구의 광효율은 기존 등기구 보다 약 37lm/W 높게 측정되었다. 색 온도 및 연색 지수가 각각 3,200K, 89의 특성을 갖는다.

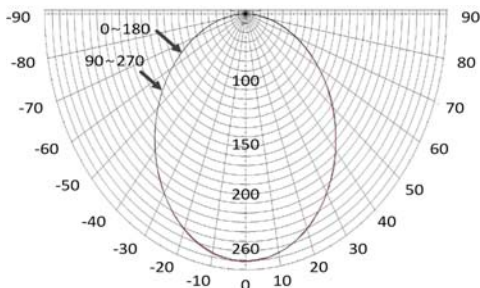


그림 4. 잠수함용 LED 등기구 배광곡선

2.3 함정용 LED 투광등

투광등(Floodlight)은 빛을 모아서 일정한 방향으로 비추는 등기구를 총칭하는 것으로 선미(船尾)나 선수(船首)에 설치하여 야간에 작업등으로 사용하거나 난파 및 익사사고가 발생하였을 경우 사용된다. 광원은 백열전구, 할로겐, 나트륨 및 제논램프 등이 사용된다. 이 광원들은 전방향(全方向)으로 빛이 방사되기 때문에 투광등의 광학적 특성을 만족시키기 위해서는 반사판(Reflector) 및 확산판(Diffuser)을 반드시 사용해야 하고 높은 소비전력으로 인한 에너지 손실이 크다.

저효율 광원인 할로겐램프를 사용하고 있는 함정용 500W 투광등을 LED로 대체하기 위하여 함정용 LED 투광등이 개발되었다[8]. 그림 5는 함정용 할로겐 투광등과 개발된 LED 투광등이다.



(a) Halogen lamp



(b) LED

그림 5. 함정용 투광등

개발된 함정용 LED 투광등의 소비전력은 41W로 기존의 500W 투광등에 비해 92% 감소되었다. 그림 6은 함정용 LED 투광등의 배광 곡선이다.

LED 투광등은 중심광도 36,000cd로 KS V 8427에서 제시한 광축 광도(500W)의 94% 수준으로 기존 투광등에 비해 4.5배 향상된 광학적 성능을 보였다. 지향각은 16°이며, 색온도는 4,171K, 광효율은 76.7lm/W, 연색성은 82로 나타났다. 등기구의 외함의 온도는 60℃, SMPS주변 외함의 온도는

50℃ 이하를 유지함으로써 KS C IEC 60092-306을 만족하였다.

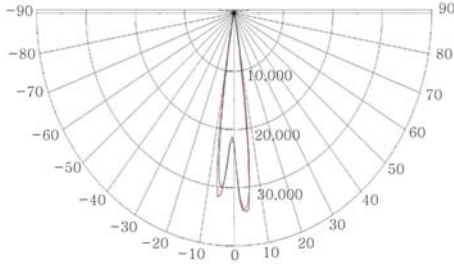


그림 6. 함정용 LED 투광등 배광곡선

2.4 선박용 LED Chamber Light

선박에 사용되는 배열전구의 경우, 선박의 외부통로, FUNNEL, 일반창고 등에는 60W 백열등이 주로 설치되고 축전지실, 약품 창고에는 60W 방폭형 백열등이 설치된다. 선박에서 Chamber light가 적용되는 지역은 냉장 chamber, 저온 냉동고에 설치되어 사용되므로 저온 특성이 우수한 백열등 특히, 그 중에서 100W급 백열전구가 주로 사용되고 있다. 저효율의 백열전구를 사용하는 100W급 선박용 Chamber Light를 LED 광원으로 대체하여 선박용 LED Chamber Light가 개발되었다. 그림 7은 선박용 LED Chamber Light의 등기구를 나타내었다.



그림 7. LED Chamber Light

등기구는 외함, LED metal PCB, 터미널 블록, SMPS, 글로브 유리판 및 확산판 등으로 구성되어

있다. 기존 백열등 fixture와 pin to pin 교체가 가능하고 투과율 85%의 확산판 적용으로 spot 현상 제거하였다. LED Chamber Light의 소비전력은 12W, 조도는 180lux로 백열전구를 사용한 100W Chamber Light와 비교하여 85% 정도의 에너지 절감 효과가 있다. LED Chamber light의 Beam angle은 $\pm 25^\circ$ 의 각이 나왔으며, 조도는 180lx를 나타냈다. 그림 8에 배광 곡선을 나타내었다.

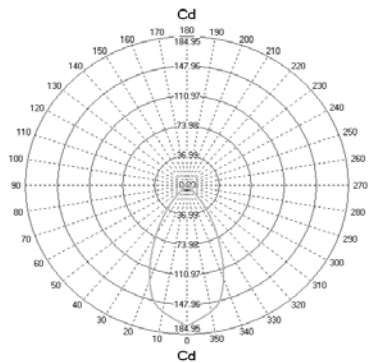


그림 8. LED Chamber Light 배광곡선

3. 맺음말

국제해사기구(international maritime organization, IMO)의 선박환경 규제 협약에 따라 친환경 고효율 선박(green ship)에 대한 관심이 증가하고 있다. 기존 등기구의 효율을 개선하기 위하여 실내·외 광원을 LED로 대체하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 조선해양 조명기술은 고부가가치의 조선기술(크루즈), 첨단조선기자재, 해양바이오산 산업 분야에 적용이 가능한 첨단기술 분야이다. 또한 LED 광원기술, 조명설계기술, 선박응용기술, 해양수산기술, 환경기술 등이 접목된 융합 기술 분야로 조선해양 LED 조명산업은 무한한 산업적 파급 효과를 가지고 있다. 조선해양 LED 조명산업을 신성장동력으로 육성하기 위해서는 지속적인 기술 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] US DOE, Solid-State Lighting Research and Development (State and Community Programs, 2001).
- [2] G.B.Stringfellow and M.G.Craford, "High Brightness LEDs.", Academic Press, 1997.
- [3] B. H. Song, I. W. Oh, and S. R. Lee, J. IEEK, 48, 102(2001).
- [4] S. H. Cho, M. W. Lee, H. S. Choi, and H. Kim, J. IEE, 26, 8b(2012).
- [5] I. K. Kim, D. G. Kim, G. S. Kil, H. G. Cho, and K. L. Cho, J. KIEEME, 25, 9(2012).
- [6] S. J. Kim, S. J. Kim, H. J. Ha, G. S. Kil, I. K Kim, JKSM, Vol. 38, No. 6 pp. 737~743,(2014).
- [7] S. J. Kim, S. J. Kim, G. S. Kil, C. H.An, B. Y. Song,, J. KIEEME, 26, 10(2013).
- [8] S. J. Kim, G. S. Kil, D. G. Kim, I. K. Kim, D. Y. Song,, J. KIEEME, 26, 10(2013).

◇ 저 자 소개 ◇



장낙원(張樂元)

1967년 11월 7일생. 1990년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업. 1992년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 8월 연세대학교 대학원 전기컴퓨터공학과 졸업(박사). 1992년 2월~1995년 8월 삼성전자 LCD사업부 전임연구원. 1999년 9월~2003년 9월 삼성전자 반도체연구소 책임연구원. 2003년 9월~현재 한국해양대학교 전기전자공학부 교수.

주요관심분야 : 메모리소자, 산화물반도체, LED, 조선 해양플랜트 조명

E-mail : nwjang@kmou.ac.kr