

LED 선박용 항해등의 저온에서의 신뢰성 방안

양병문*, 차재상*[©] 정회원

Reliable methods at low temperatures for LED navigation light of ships

Byongmoon Yang*, Jaesang Cha* Regular Members

요 약

선박에 설치되는 항해등은 해상교통 수단으로 상호간의 충돌을 사전에 예방하고 안전을 확보하는데 아주 중요한 역할을 한다. 항해 등의 사용은 주로 야간에 사용되며, 주간일지라도 강우, 연기 등에 의하여 제한된 시정 내에서는 사용되어야 하며, 특히 국제해상충돌예방규칙(COLREG)의 항해 규정을 잘 이해하고 정확하게 파악하여 설치되어야 한다.

선박용 항해등(Masthead)제품의 구성은 LED 모듈, 콘트롤 보드, 컨버터, 프레넬 렌즈, 외함 등으로 구성된다. 현재 대우조선해양에서 건조하여 납품되는 선박 중 러시아 선급(RMRS)에서 항해등의 사용 환경이 -52℃ 이하에서 신뢰성이 보증된 제품을 요구하고 있다. 기존의 LED 항해등은 -25~40℃에서 품질을 보증하고 있으며, 저온에서 발생할 수 있는 전자부품의 우발고장이나 장시간 운용 시 발생할 수 있는 신뢰성 저하문제에 대한 검증이 시급한 상황이다. 따라서 본 연구는 지금까지의 신뢰성 현황과 앞으로 방안을 제시하고자 한다.

Key Words : navigation light; control board; converter; Frost Test; reliability

ABSTRACT

LED navigation light installed on the ship performs a important role to ensure safety and prevent collisions with other ships. LED navigation light is mainly used in the night and within the limited visibility by smoke, rainfall. In particular, LED navigation light installed with a clear understanding.

LED navigation light is consist of LED module, a control board, a converter, a Fresnel lens, such as enclosure. Russian Society of LED navigation light (RMRS) of the ship to be delivered by drying at Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering requires guaranteed reliable products at below -52 ℃. conventional LED navigation light has to ensure quality at -25 ~ 40 ℃. So, LED navigation light should ensure a problems of random failure or long time operation. In this paper, we present the current status and future plans of reliability so far.

I. 서 론

LED 항해등은 COLREG Rule을 만족하는 프레넬 렌즈 및 기구 설계, 해양에 적합한 LED 전원장치 및 유지보수를 위한 컨트롤러 개발 등 최고의 기술력이 요구된다. 기존에 항해등 광원은 백열전구가 사용되었으나 기관실 진동 탓에 가느다란 필라멘트가 쉽게 파괴되었고, 내진성 백열전구를 도입하기도 했지만, 장거리 항해 후엔 다수 조명을 신규 교체해야 하므로 유지보수 비용이 상대적으로 높았다. LED 조명은 내부에 필라멘트를 포함하지 않기 때문에 진동에 강한 특성이 있을 뿐만 아니라 에너지 소비량도 적어 LED를 선박용 조명 광원으로 채택하려는 사례가 늘어나는 추세이다. 현

재 대우조선해양에서 건조하여 납품되는 선박 중 러시아 선급(RMRS)에서 항해등의 사용환경이 -52℃ 이하에서 신뢰성이 보증된 제품을 요구하고 있다. 기존의 LED 항해등은 -25~40℃에서 품질을 보증하고 있으며, 극저온에서 발생할 수 있는 전자부품의 우발고장이나 장시간 운용 시 신뢰성 저하 문제에 대한 검증이 시급한 상황이다. 고부가가치 시장이지만 단일품목 시장규모가 크지 않고 다품종 소량화의 시장이므로 탄력적인 기술대응이 가능한 중소기업의 참여가 요구되며, 특히 LED 항해등은 국제 규격이 까다롭고 인증기간이 많이 소요되어 국제규격에 적합한 신뢰성 확보가 시급한 상황이다.

국제 규격은 광 특성뿐만 까다로운 안전성능 및 신뢰성도

* 이 연구의 일부는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.

[©]서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램

접수일자 : 2015년 3월 3일, 수정완료일자 : 2015년 3월 17일, 최종 게재 확정일자 : 2015년 3월 18일

만족해야 하므로 광 특성 설계와 동시에 신뢰성 설계도 진행되어야 하며 자사가 가지고 있는 기술을 기반으로 신뢰성이 확보된다면 수요처(현대/대우/삼성중공업)에 항해등 납품이 가능하다. 현재 LED 항해등은 세계 최초로 독일(Aqua Signal사)에서 개발하여 판매 중이며, 향후 모든 선박에 적용 예정으로, 초기 시장선점을 위한 기술개발 및 신뢰성 확보가 시급하다. 국내 선박용 조명기기의 경우 대기업 조선회사와 납품계약 시 다른 선박용 부품과 턴키방식으로 이루어지므로 자격조건이 까다로워 국내에서 대양전기공업과 극동일렉컴이 100% 국내시장을 점유하고 있다, 특히 선박용 LED 항해등은 대양전기공업이 유일하게 개발하여 제조하고 있다.

따라서 세계적으로 LED 항해등을 개발 및 제조하는 업체는 2업체이며 LED 항해등의 신뢰성 확보를 통해 적극적인 투자유치 및 영역 확대가 가능하며 수입제품의 단가 하락 및 국산제품으로의 대체로 수입대체 효과 및 매출 향상은 지대하다. 또한 국내 4대 조선사의 Drill Ship, FPSO 등 해양플랜트 수주량이 증가하고 있으며, 고신뢰성 고부가가치 LED조명이 빠르게 적용될 것을 예상하고 있다.[1][5]

II. 본론

1. 제품 구성도

선박용 항해등(Masthead)은 그림 1과 같으며, 그림 2는 LED 모듈, 그림 3은 콘트롤 보드, 그림 4는 컨버터, 그림 5의 프레넬 렌즈, 외함 등으로 구성된다.

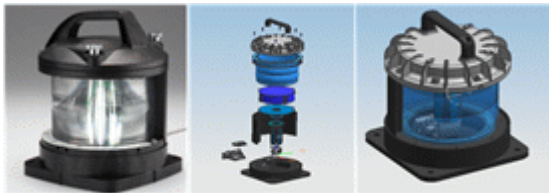


그림 1. 선박용 Navigation Light



그림 2. LED 모듈

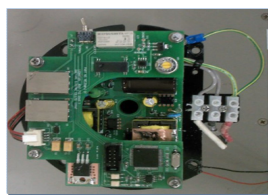


그림 3. 콘트롤보드



그림 4. 컨버터

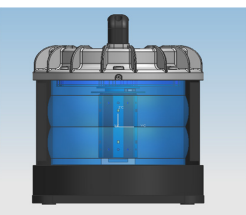


그림 5. 프레넬 렌즈

2. 제품의 신뢰성 문제현황

2.1 저온용 항해등

국내 선박 조명 생산 및 납품의 점유율은 대양전기공업(주)이 65%, 극동일렉컴社가 33%정도를 차지하고 있으며, LED 항해등은 COLREG Rule을 만족하는 프레넬 렌즈 및 기구 설계, 해양에 적합한 LED 전원장치 및 유지보수를 위한 컨트롤러 개발 등 최고의 기술력이 요구된다.

기존에 항해등 광원은 백열전구가 사용되었으나 기관실 진동 탓에 가느다란 필라멘트가 쉽게 파괴되었고, 내진성 백열전구를 도입하기도 했지만, 장거리 항해 후엔 다수 조명을 새것으로 교체했어야 하므로 유지보수 비용이 상대적으로 높았다. LED 조명은 내부에 필라멘트를 포함하지 않기 때문에 진동에 강한 특성이 있을 뿐만 아니라 에너지 소비량도 적어 LED를 선박용 조명 광원으로 채택하려는 사례도 늘어나는 추세이다.[5]

현재 대우조선해양에서 건조하여 납품되는 선박 중 러시아 선급(RMRS)에서 항해등의 사용환경이 -52℃ 이하에서 신뢰성이 보증된 제품을 요구하고 있다. 기존의 LED 항해등은 -25~40℃에서 품질을 보증하고 있으며, 극저온에서 발생할 수 있는 전자부품의 우발고장이나 장시간 운용 시 발생할 수 있는 신뢰성 저하문제에 대한 검증이 시급한 상황이다.

2.2 컨트롤 보드

항해등 운영 시 초기대비 광도저하 및 미점등에 대한 모니터링이 가능한 시스템으로 안전과 직결된 중요부품이다. 백열등은 미점등시 알람을 통해 경보를 알려주지만, LED 광원도 미점등시와 초기 조도값의 70%이하가 되었을 때도 동일한 알람을 알려주게 한다. LED 광원의 수명을 정의 할 때는 초기 조도값의 70%이하를 기준으로 하는데 이는 인간이 초기 대비 30%까지는 잘 인지하지 못하기 때문이다. 광도저하 및 미점등을 알려주는 부품으로 오작동 및 센싱의 대한 신뢰성 검증이 필요하다. 특히 내염성, 내진성 등이 필요하며, 해양환경에서의 우발사고로 인해 일어나는 오작동이 신뢰성저하의 원인이다.

2.3 컨버터

전 세계적으로 극저온용 컨버터는 없는 상황이며, 반도체 부품의 최저 사용온도는 LED가 -40℃, 필름 커패시터의 사용온도는 -60~80℃이며, 다이오드 -65~200℃, 제너다이오드 -55~175℃, FET -65~150℃로 메뉴얼에 표기되고 있다. 따라서, 신뢰성 기준을 상기 사용 온도보다 더 낮게 해서 진행된 자료가 전무하다. 해당제품에 대한 고객 만족도 조사에서 현재 백열전등을 사용하고 있으며, 백열전구수명이 짧고, Navigation Light에 눈보라 등에 결로 현상의 결점을 갖고 있다. 제품의 고장율을 분석한 결과 저온 조건에서의 부품의 선정 및 환경을 고려한 신뢰성 설계가 미흡해서 고장율이 중요 부품인 LED, 반도체 소자 및 트랜스 등에서 발생되고 있

다. 또한 극저온환경에서 사용하기 위한 보완부품으로 발열 부품이 필요하며 이를 사용함으로써 발생할 수 있는 고장을 예상하기 위한 예비시험이 필요하다. [3][4]

2.4 수요기업이 요구하는 신뢰성 수준과 해당제품의

신뢰성 수준

독일의 AQUA SIGNAL에서 International Regulations for Preventing Collisions at Sea 1972(COLREG)를 만족하는 LED Navigation Lights를 개발하여 독점 판매 중이며, AQUA SIGNAL 제품 그림 6의 장점은 Back-up 기능이 가능하며, 저온환경에서 동작되는 모델을 별도로 개발하는 등 각종 해양규격을 만족하는 여러 제품군을 다양하게 보유하는 경쟁력을 갖추고 있다.



그림 6. 독일 AQUA SIGNAL社 제품

대우조선해양에서 건조하여 납품되는 선박 중 러시아 선급(RMRS)에서 항해등의 사용환경이 -52°C 이하에서 신뢰성이 보증된 제품을 요구하고 있다. 현재 정상사용조건에서는 신뢰성 시험을 통해 정상조건에서 약 50,000시간을 보증할 수 있으나 -60°C 이하의 극저온 환경에서의 신뢰성을 검증한 결과가 없는 상황이다.

3. 제품의 신뢰성 향상에 중요성

3.1 기술적 측면

우리나라 조선 산업은 28조 매출을 내는 세계적인 강국이고, 3면이 바다로 둘러싸인 국가이며, 수산업이 우리나라 경제부흥을 일으킨 산업으로 국민의 식생활과 영양에 큰 영향을 주고 있으며, 인류의 약 20%가 바다환경에 직·간접적인 영향을 받고 있다. LED-선박조명기술은 기술개발 초기 단계로 기술격차가 적으므로 세계 해양산업 분야에서 조명시장을 선점할 수 있는 기술이다.[1]

선박에 설치되는 항해등은 해상교통 수단으로 상호간의 충돌을 사전에 예방하고 안전을 확보하는데 아주 중요한 역할을 하며 선박용 조명/신호등에서 요구하는 사항인 장수명, 친환경성 등 기존 광원에 의한 조명 보다 조건을 만족하는 LED조명은 선박 적용품목에 적합하다. 현재 LED 항해등은 세계 최초로 독일에서 개발하여 판매 중이며, 향후 모든 선박에 적용될 것이며, 초기 시장선점을 위해 신뢰성 확보가 시급하다.

국내에서 선박용 LED 조명 기술은 개발 초기 단계이며,

LED 투광등기구 및 방폭등기구를 일부 적용하고 있으나 해당 업계의 산발적인 노력으로 부분적인 성과는 있으나 아직 시장형성이 미흡하며 체계적인 연구 개발 투자가 이루어지고 있지 않은 상태로 정부의 지원이 절실한 상황이다.[5]

3.2 산업적 측면

기존 전통광원(백열전구, 할로겐램프, 형광램프 등)에서 LED광원으로의 전환은 당연시되며 항해등을 포함해서 수요가 폭발적으로 증가할 것으로 예상되는 분야이다. 세계 선박시장을 우리나라가 60% 이상 점유하고 있지만, LED 항해등(Navigation Light)의 경우 독일 Aqua Signal사의 독점 판매하고 있으며, 국내에서도 조선 강국임에도 불구하고 선박용 LED 항해등의 개발은 미흡하다.

LED 항해등을 국산화함으로써 수입제품의 단가 하락 및 국산제품으로의 대체로 수입대체 효과 및 매출 향상은 지대하다. 국내 선박용 조명기구의 경우 대기업 조선회사와 납품계약 시 다른 선박용 부품과 툰키방식으로 이루어지므로 자격조건이 까다로워 대양전기공업과 극동일렉콤 등이 100% 국내시장을 점유하고 있다. 고부가가치 시장이지만 단일품목 시장규모가 크지 않고 다품종 소량화의 시장이므로 탄력적인 기술대응이 가능한 중소기업의 참여가 요구되며, 특히 LED 항해등은 국제 규격이 까다롭고 인증기간이 많이 소요되어 국제규격에 적합한 신뢰성 확보가 시급한 상황이다.

국제 규격은 광 특성뿐만 까다로운 안전성능 신뢰성도 만족해야 하므로 광 특성 설계 및 신뢰성 설계도 동시에 진행되어야 하며 자사가 가지고 있는 기술을 기반으로 확보된 수요처 (현대/대우/삼성중공업)에 항해등을 납품할 수 있는 신뢰성 향상이 시급하다.

4. 신뢰성 향상을 위한 시험결과

4.1 LED 모듈의 신뢰성 보증을 위한 모듈설계 및 그림 7의 방열 설계 열저항 평가 그래프와 표 1의 정선온도 및 열저항 값 측정표이다.

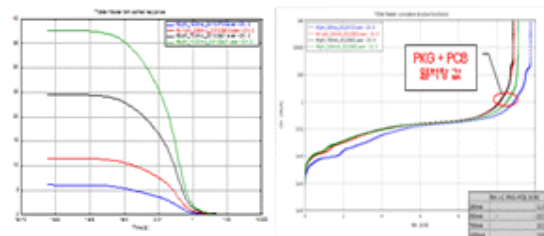


그림 7. 방열설계 열저항 평가 그래프

표 1. 정선온도 및 열저항 값 측정표

구분	정격전류 [mA]	정선온도Tj [°C]	열저항 값 [K/W]
1	180	31.1	11.0
2	350	36.5	10.2
3	700	49.6	10.2
4	1000	62.7	10.6

4.2 항해등 샘플(Masthead) 열 해석 시뮬레이션 및 검증

열 해석 프로그램(Fluent)은 기구설계가 완료된 3D CAD에서 형상 변경 없이 해석을 실시하였으며, LED 패키지 및 히트싱크 부분의 온도를 예측함으로써 목표로 하는 온도 이하로 관리 할 수 있도록 최적의 방열설계를 위한 구조를 예측하였다. 다음 그림 8은 열해석 시뮬레이션이 되겠다.

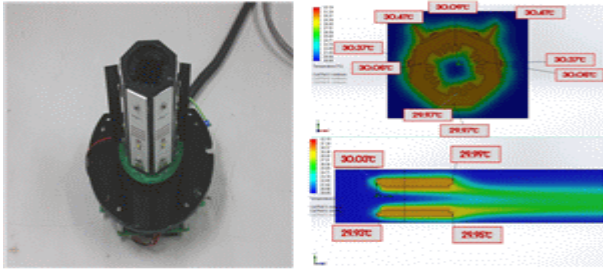


그림 8. 열해석 시뮬레이션

그림 8의 열해석 시뮬레이션 후 실제 제품에서의 사용온도를 측정하여 시뮬레이션을 통한 온도예측 데이터를 검증하였다. 측정에 사용된 장비는 타점식 온도측정계와 열화상 카메라이며 모듈상태와 커버를 포함한 밀폐상태를 측정하여 사용조건에 대한 분석을 실시하였고 표 2와 그림 9를 통하여 확인했다.

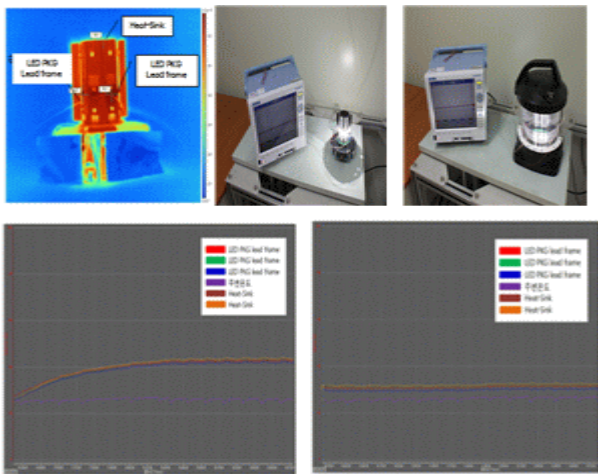


그림 9. 온도검증사진 및 그래프

표 2. 각 부위 온도 측정표

구 분	측정 장비	LED PKG Lead frame [°C]	LED PKG Lead frame [°C]	LED PKG Lead frame [°C]	주위 온도 [°C]	Heat Sink [°C]	Heat Sink [°C]
외함 포함	디지털 레코더	42.9	43.3	42.3	24.4	43.3	44.0
외함 미포함		31.5	32.4	30.1	25.7	32.4	32.7
외함 미포함	열화상 카메라	32.7	32.6	-	-	32.0	-

Ⅲ. 결론

현재 신뢰성 향상을 목표로 하고 있는 로이드 인증 제품의 세계적인 수준이 30,000h 정도 보증하고 있으며 수요업체의 요구환경에서 초기대비 70% 이상의 광속유지율을 가져야 한다. LED 모듈 전원공급용 컨버터(RS-KTC-2011-002)에 의한 환경시험 및 가속수명시험과 극저온 동작 환경에서 광속유지율이 최소 70%이상을 유지하는 경우에 제품의 수명 기준을 만족할 수 있어야 한다.

KS B ISO 9022-14(광학 및 광학기기-환경시험방법-14부:이슬, 서리, 얼음)에 따른 극저온 조건에서의 환경시험 및 가속수명시험을 개발할 예정이다. 또한 EN 14744(Inland navigation vessels and sea-going vessels-Navigation light)[2] 및 IEC 60945(Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems-General requirements-Methods of testing and required test results) [3]기준에 의거하여, 선급인증을 위한 성능평가와 세계적 수준의 제품군과 동등한 수준의 신뢰성 특성을 확보하는데 있다.

따라서, 고장원인의 DB화 및 유형별 대응 설계 및 극저온 환경 개선사항 적용을 통한 열소자 보완이 필요하고, 완제품 장착을 통한 검증 및 개선효과 분석 등 수명시험법 개발과 구조 해석 및 고장분석을 통한 극저온에서의 HALT극저온 스트레스(-60°C)에 따른 예비시험설계 공학해석 모델링 기법 조사 및 제한할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] Research of demonstration for LED lighting in ship 천우영, 김진홍, 김재환, 구복재, 전제성, 김영철 -한국조명·전기설비학회 2011 추계학술대회 논문집2011.11, 83-85 (3 pages)
 [2] EN 14744(Inland navigation vessels and sea-going vessels-Navigation light)
 [3] IEC 60945 (Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems-General requirements-Methods of testing and required test results)
 [4] RS-KTC-2011-002 LED모듈전원공급용 컨버터 신뢰성규격
 [5] 선박용 LED 조명의 최신 동향 조명·전기설비 제29권 제1호, 2015.1, 9-13 (5 pages)

저자

양 병 문(Byongmoon Yang)

정회원



- 2007년 2월 : 인천대학교 전자공학과 학사졸업
- 2003년 2월 : 서울과학기술대학교 전기공학과 석사졸업
- 2014년 8월 : 서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원 방송 통신프로그램 박사수료

· 2003년 2월 ~ 현재 : (주)선일일렉콤 조명연구소 연구소장
<관심분야> : LED통신, 조명IT융합신기술, 무선 홈네트워크

차 재 상(Jaesang cha)

정회원



- 2000년 : 일본 東北(Tohoku)대학교 전자공학과 공학박사
- 2000년 ~ 2002년 : 한국전자통신연구원(ETRI) 무선방송 기술연구소 선임연구원
- 2008년 : 미국 Florida University, Visiting Professor

· 2005년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자HT미디어공학과 부교수

<관심분야> : LED통신, 조명IT융합신기술, LBS, ITS, UWB, 무선 홈네트워크, 무선통신 및 디지털방송 등