



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

함정용 LED 조명규격 제정에 관한 연구

A Study on the Standard Establishment of LED Luminaires
for Naval Vessels



2011年 8月

韓國海洋大學校 大學院

電氣電子工學科

權 赫 商

本 論文을 權赫商의 工學碩士 學位論文으로 認准함

委員長：工學博士 李 成 根 ㉠

委 員：工學博士 吉 暻 碩 ㉠

委 員：工學博士 徐 東 煥 ㉠



2011年 8月

韓國海洋大學校 大學院

電氣電子工學科

權 赫 商

工學碩士 學位論文

함정용 LED 조명규격 제정에 관한 연구

A Study on the Standard Establishment of LED Luminaires
for Naval Vessels



2011年 8月

韓國海洋大學校 大學院

電氣電子工學科

權 赫 商

목 차

목 차	i
그림 및 표 목차	iii
Abstract	v

제 1 장 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구 내용	2
제 2 장 규격 분석	3
2.1 국방규격	3
2.2 한국산업규격	6
제 3 장 등기구 특성	12
3.1 노출 · 방수형	12
3.2 매입 · 비방수형	15

제 4 장	안전 및 성능 요구사항	17
4.1	전기 · 광학적 성능	17
4.2	안전 요구사항	26
4.3	성능 요구사항	28
제 5 장	결 론	31
참 고 문 헌		32
부 록		34



그림 및 표 목차

<그림 목차>

그림 3.1	함정용 형광등기구의 분류	12
그림 3.2	노출·방수형 형광등기구의 사진	13
그림 3.3	노출·방수형 형광등기구의 배광곡선	14
그림 3.4	매입·비방수형 형광등기구의 사진	16
그림 3.5	매입·비방수형 형광등기구의 배광곡선	16
그림 4.1	시제작 LED 모듈의 구성	18
그림 4.2	시제작 LED 등기구의 사진	19
그림 4.3	시제작 LED 등기구의 배광곡선	20
그림 4.4	등기구 배치 예	24
그림 4.5	조도분포	25

<표 목차>

표 2.1	등기구 국방규격	4
표 2.2	국방규격의 등기구 요구사항	5
표 2.3	매입형 및 고정형 LED 등기구 안전 및 성능 요구사항 (KS C 7653)	7
표 2.4	선박용 LED 조명 안전 및 성능 요구사항 (KS C 0418)	8
표 2.5	요구사항 비교	10
표 2.6	요구사항 분류	11
표 3.1	노출·방수형 형광등기구의 특성	15
표 3.2	매입·비방수형 형광등기구의 특성	16
표 4.1	시제작 LED 등기구의 특성	20
표 4.2	노출·방수형 등기구의 특성 비교	22
표 4.3	매입·비방수형 등기구의 특성 비교	22

표 4.4 시뮬레이션 결과23
표 4.5 노출·방수형 LED 등기구 효율29
표 4.6 매입·비방수형 LED 등기구 효율29
표 4.7 안전 및 성능 요구사항30



A Study on the Standard Establishment of LED Luminaires for Naval Vessels

by HYUK-SANG, KWON

Department of Electrical & Electronics Engineering
Graduate School of
Korea Maritime University

Abstract

This thesis proposed a draft of standard on LED luminaires for naval vessels. Korean Industrial Standard (KS), Korea Defence Standard (KDS) and US Military Standard (MIL) were compared in terms of safety and performance of lighting fixtures.

Electrical and optical characteristics such as power consumption, total luminous flux, and illumination distribution of fluorescent (FL) luminaires used in naval vessels were experimentally analyzed, and six prototypes of LED luminaires were manufactured based on the results. Electrical and optical characteristics were analyzed in a space by a simulation program, where the prototype LED luminaires were installed, and the results showed an energy saving by 40 [%] at an equivalent illumination intensity compared to the FL luminaires. However, the proposed electrical and optical levels considering glare and energy saving of LED luminaires are energy saving of 44 ~

51 [%] and total luminous flux increases of 8~13 [%] as the type of luminaires. Environmental requirements of the standard were the same as for the FL luminaries.

The proposed draft of standard will widely be applied to merchant vessels as well as naval vessels because it was based on the Korean Industrial Standard.



제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

세계적 기후변화 대응, 국가 성장동력 및 녹색산업으로 LED 응용에 대한 연구가 후면광원 (BLU; back light unit), 조명, 농축산, 수산양식, 의료 등 각 분야에서 활발하다^[1,2]. 특히, LED 조명이 산업 전 분야에 빠르게 적용되고 있고 유럽을 시작으로 백열전구와 같은 낮은 효율의 광원이 단계별로 사용 규제 및 생산 중단되고 있다. 에너지 절약 및 장수명의 특징을 갖는 LED 조명을 방위사업분야에 적용하기 위한 전반적인 검토가 이루어지고 있으며, 그 중에서도 함정 (naval vessel)에 적용이 우선 추진되고 있다^[3].

현재 함정에서 사용하는 등기구는 육상에서와 동일한 백열등 및 형광등을 사용한다. 이러한 광원들은 내부에 필라멘트가 적용되어 있으므로 선박 특유의 진동과 함포사격, 충돌과 같은 군사적 사용 환경으로 인하여 육상에서 사용하는 경우보다 수명이 1/2~1/5 정도로 단축되기 때문에 유지, 보수비용을 증가시킨다. 지난 2009년 지식경제부 기술표준원에서는 LED 등기구에 대한 한국산업규격 (KS C 76XX)을 제정하였으며, 해마다 광학적 성능 요구사항을 강화하여 개정하고 있다^[4]. 그러나 함정은 고유의 운용특성으로 인하여 높은 수준의 신뢰성과 안전성이 요구되므로 설계, 제작 및 운항 등의 모든 과정에서 본연의 임무 수행에 적합한 국제적 수준의 LED 조명규격 제정이 필요하다^[3].

본 논문의 목적은 관련 규격들을 검토하여 기존 등기구와 LED 등기구와의 구조 및 성능의 차이를 비교 및 분석하고, 함정의 운용환경을 고려한 LED 조명 국방규격을 제안하는데 있다.

1.2 연구 내용

기존 형광등기구를 LED 등기구로 대체하기 위한 관점에서 사용 환경의 변화는 없으므로 공통적인 안전 및 성능 요구사항에 대해서는 기존 규격을 준수하는 것이 바람직하다. 본 논문에서 제안하는 LED 등기구에 대한 국방규격은 형광등기구에 적용된 국방규격 및 미국방규격과 육상용 LED 등기구에 대한 한국산업규격 KS C 7653(매입형 및 고정형 LED 등기구의 안전 및 성능 요구사항)을 비교하여 차이점을 분석하고, 그 결과로부터 군사적인 특수성에 기인하는 항목에 대해서는 국방규격을 참조하였으며, 일반적인 사항에 대해서는 민·군규격 통일화의 측면에서 한국산업규격을 적용하였다.

광학적인 성능 요구사항을 선정하기 위해서 노출·방수형 및 매입·비방수형 형광등기구의 전기·광학적 특성을 측정 및 분석하였으며, 이를 바탕으로 LED 등기구의 사양을 설계, 각 형광등기구에 대응하는 시제품을 제작하였다. 또한, 기존 형광등기구에 대한 시제작 LED 등기구의 대체 가능성을 평가하기 위하여 배광측정기를 통해 측정한 IES(Illuminating Engineering Society)의 Photometric Data Format을 이용하여 함정의 사병 침실을 대상으로 광학 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 바탕으로 LED 등기구에 대한 전기·광학적 성능 요구사항을 결정하였다.

제 2 장 규격 분석

정부는 21세기 신성장동력 산업의 일환으로 LED 산업 강국 실현을 계획하고 있으며, 2015년까지 국내 조명의 30 [%]를 LED 조명으로 대체하는 “LED 조명 15/30 보급 프로젝트” 를 추진하고 있다^[1,2]. 그러나 이는 육상 조명에 맞춰진 것으로 현재 선박용 LED 조명에 대한 형식승인 시험 및 검정에 관한 기준은 항해등을 제외하면 전무한 실정이다.

본 논문에서 제안하는 함정용 LED 조명에 대한 규격은 민·군 규격 통일화 사업의 일환으로 방위사업 분야뿐만 아니라, 향후 민수 선박에 대한 규격으로 사용할 수 있어야 하며, 이를 위하여 기존 조명에 대한 관련 규격을 조사 및 분석하고 함정용 LED 조명에 적용 가능한 요구사항을 도출하였다.

2.1 국방규격

LED 조명에 대한 국방규격은 전무한 상태이며, 현재 활발한 연구가 진행 중에 있다. LED 조명을 제외한 기존 등기구에 대한 국방규격은 표 2.1과 같다. 그러나 이 규격들은 백열등, 형광등에 적합한 것으로 모든 항목에 대하여 LED 조명에 동일하게 적용하기는 어렵다.

이 규격들의 분류체계 및 요구 조건을 반영하여 최적의 함정용 LED 조명규격이 제정되어야 할 것이다. 표 2.2는 기존 규격을 바탕으로 LED 등기구에 필요한 안전 및 성능 요구사항을 정리한 것이다^[5-7].

표 2.1 등기구 국방규격

Table 2.1 Korea Defense Standards for luminaires

No.	규격번호	규격명	내 용
1	KDC 6210-R4001	안전등, 합정용	합정내 통로에 사용되는 정격전압 120 [V], 전력 50 [W]인 백열램프용 안전등 기구에 대하여 규정
2	KDC 6210-R4005	선박용 형광등	선박에 사용하는 형광램프를 광원으로 하는 형광 탁상등, 방수형 및 레일 이동형 형광등기구에 대하여 규정
3	KDC 6240-R0002 KDC 6240-R0003	램프 백열등	일반조명용 램프, 백열등에 대하여 규정
4	KDS 6210-1012	형광등기구	군에서 사용 중인 몸통길이 580 [mm], 590 [mm], 609 [mm]인 20 [W] 형광등을 사용하기 위한 가빈 형광등기구에 대하여 규정
5	KDS 6210-1055	형광등기구	합정에서 사용하는 120 [V](20 [W]*2T, 20 [W]*3T)용 방침형 형광등기구에 대하여 규정
6	KDS 6210-1057	형광등기구	합정에서 사용하는 정격전압 AC 118 [V], 소비전력 30 [W]인 형광등기구에 대하여 규정
7	KDS 6210-1058	형광등기구	합정에서 사용하는 방침형 형광등기구에 대하여 규정
8	KDS 6230-1037	형광등기구	합정에서 사용하는 정격전압 AC 120 [V], 소비전력 8 [W]인 형광등기구에 대하여 규정
9	KDS 6230-1052	등(1) 탁상용	합정에서 탁상용으로 사용되는 정격전압 115 [V], 전력 8 [W]인 형광등기구에 대하여 규정

표 2.2 국방규격의 등기구 요구사항

Table 2.2 Requirements of luminaires in Korea Defense Standards

No.	요구사항	내 용
1	표시사항	제품의 정보 표시(제조사, 모델명, 정격등), 견고성, 변화나 변색이 없고 쉽게 인지 가능 할 것
2	외관검사	제품 도면과의 일치 검사 및 구조검사
3	절연저항	절연저항 확보 500 [V], 20 [MΩ] 이상
4	절연내력	충분한 절연강도를 확보 할 것, 사용전압 2배 + 1,000 [V] 또는 1,500 [V] 중 큰 전압, 1분간 인가
5	점등	정격 전원 공급 시 7초 이내에 점등 할 것
6	방수방진	방수형의 경우 해당 IP 등급에 만족해야 함
7	접지저항	4-5 [A] 공급, 전압강화 0.25 [V] 이내, 저항 0.1 [Ω] 이하
8	진동	MIL-STD-167에 만족
9	충격	MIL-STD-901에 만족
10	염수분무	8시간 염수분무, 16시간 방치, 3회
11	도장	부식방지를 위한 충분한 도장
12	조도	MIL-F-16377만족
13	온도	100 시간 동작 후 제품에 이상이 없어야 함. 시험 후 진동 및 전기특성 검사 실시
14	역률	0.85 이상
15	반사율	80 [%] 이상
16	소음	MIL-STD-740에 만족
17	전자파	MIL-STD-461

2.2 한국산업규격

일반적으로 옥상에서 사용되는 LED 등기구에 대하여 국제 표준 및 한국 산업규격이 제정되었다. 등기구는 설치 형태에 따라 매입형, 고정형 및 이동형으로 구분되며, 전원장치에 따라 컨버터 내장형과 외장형으로 분류된다. 또한 컨버터 외장형에 쓰이는 LED 전원공급용 컨버터와 특수한 목적의 가로등, 보안등, 신호등, 문자간판용 및 센서 등기구로 구분된다^[8].

국제규격에서 LED 램프의 경우도 국내와 동일하게 컨버터 내장형 및 외장형으로 구분하여 내장형 램프의 경우 IEC 62560, 외장형 램프의 경우 IEC 62031의 국제표준이 제정되었으며, LED 전원공급용 컨버터의 경우 IEC 61347-1 및 IEC 61347-2-13을 적용하여 그에 대한 안전성 및 성능을 규정하고 있다^[9-12].

옥상용 LED 관련 한국산업규격 중 KS C 7653 즉, 매입형 및 고정형 LED 등기구의 안전 및 성능 요구사항을 표 2.3에 나타내었다^[13].

선박 관련 LED 조명규격은 KS C 0418(선박용 LED 조명의 안전 및 성능 요구사항)이 예고 고시 중이며, 그 내용은 표 2.4와 같다^[14]. 기존 선박용 조명은 옥상용 조명규격에 KS C IEC 60092-101(선박용 전기 설비 제 101부 정의 및 일반 요구 사항)과 KS C IEC 60092-306(선박용 전기설비 제306부 기기 - 조명 및 부속품)을 적용하여 따르고 있다.

그러나 이는 백열등 및 형광등과 같은 광원에 대한 기준과 등기구에 대한 기준이 별도로 마련되어 LED 조명에 동일하게 적용 하는 것은 어렵다. 정리된 3개 분야에 대한 기존 조명규격에서 함정용 LED 조명규격 제안을 위하여 안전 및 성능 평가를 위한 항목을 도출하였다.

표 2.3 매입형 및 고정형 LED 등기구 안전 및 성능 요구사항(KS C 7653)
 Table 2.3 Requirements of safety and performance for recessed and fixed LED luminaires (KS C 7653)

No.	요구사항	내 용
1	표시사항	제품의 정보 표시(제조사, 모델명, 정격등), 견고성, 변화나 변색이 없고 쉽게 인지 가능 할 것
2	정격	표시 정격의 ± 10 [%] 이내
3	충전부에 대한 감전 보호	충전부와 절연거리 확보 및 감전에 대한 보호 대책 확인
4	외관검사	구조검사
5	절연저항	절연저항 확보 500 [V], 4 [M Ω] 이상 누설전류 1 [mA] 이하
6	절연내력	1,500 [V](기본절연), 4,000 [V](강화절연) 1분간 인가
7	점등	정격전압의 92 [%], 106 [%]에서 정상 점등
8	전자파	KS C CISPR 15, KS C 61547 적용
9	기계적 강도	0.5 [J] 강도를 외각에 적용 파손이 없어야 함
10	방수방진	방수형의 경우 해당 IP 등급에 만족해야 함. IEC 60529 적용
11	접지저항	12 [V], 25 [A] 공급, 접지저항 0.1 [Ω] 이하
12	습도	온도 30 [°C], 습도 95 [%]에서 48시간 방치 후 절연저항 및 절연내력에 만족할 것
13	점등특성	40 [°C], -10 [°C]에서 1시간 점등(점등 조건 적용)
14	내열, 내화, 내트래킹	절연재 및 플라스틱에 대하여 내열, 내화, 내트래킹 성을 확보할 것
15	온도상승	부품 및 외각에 대하여 온도상승 요구사항을 만족할 것
16	초기광속	정격의 95 [%] 이상(100시간 동작 후)
17	광속유지율	초기 광속의 90 [%] 이상 (100시간 포함 2,000시간 동작 후)
18	역률	0.9 이상
19	열충격	-10 [°C]에서 1시간 후 50 [°C]에서 1시간 5회 반복, 미점등 방치 후 점등 확인
20	광효율	해당 등기구에 맞는 효율 (예: 30 [W] 초과 60 [W] 미만, 65 [lm/W])
21	개폐(On/Off)	정격 수명시간의 1/2회

표 2.4 선박용 LED 조명 안전 및 성능 요구사항 (KS C 0418)

Table 2.4 Requirements of safety and performance for shipboard LED luminaires (KS C 0418)

No.	요구사항	내 용
1	표시사항	제품의 정보 표시(제조사, 모델명, 정격등), 견고성, 변화나 변색이 없고 쉽게 인지 가능 할 것
2	외관검사	제품 도면과의 일치 검사 및 구조검사
3	충전부에 대한 감전보호	충전부에 대하여 적절한 감전보호 대책 마련 (예: IP20)
4	절연저항	절연저항 확보 500 [V], 100 [MΩ] 이상
5	절연내력	1,500 [V], 1분간 인가
6	전자파	KS C IEC 61000 및 CISPR series 적용
7	전원변동	정격 전압 6 [%], -10 [%] 정격 주파수 5 [%], -5 [%]
8	전원상실	5분간 3회 (1회 차단시간 30초)
9	난연성	KS C 60092-101 또는 IEC 60695-11-5 적용
10	방수방진	방수형의 경우 해당 IP 등급에 만족해야 함 IEC 60529 적용
11	콤팩스 안전거리	IEC 60945 적용
12	저온	+5 [°C] 또는 -25 [°C] 2시간
13	고온고습	55 [°C], 95 [%] 48시간
14	고온	70 [°C], 2시간 또는 55 [°C], 16시간
15	진동	IEC 60068-2-6의 Test Fc 적용
16	염수분무	2시간 염수분무, 7일 방치, 4회
17	온도	에이징 100시간 후 제품에 이상이 없어야 함. 시험 후 진동 및 전기특성 검사 실시

현행 국내 국방규격에서는 미군의 환경시험 규격인 MIL-STD-810의 고온, 저온 및 습도에 대한 시험방법은 적용하고 있지 않다. 해당 규격에서 시행하는 온도와 습도관련 환경시험은 시험품의 합정 환경의 노출을 조사하여 시험 조건을 만들어야 한다. 그러나 이 방법은 적용 환경에 따라 달라질 수 있기 때문에 본 제안에서는 국내의 공통적인 환경을 고려하여 온도 및 습도 조건을 제시하였다.

국방규격 및 한국산업규격의 요구사항들을 표 2.5에 비교, 정리하였다. 합정에 대한 환경요구사항은 기존 국방규격을 적용했으나 LED 모듈, 방열판, 전원장치(SMPS), 구동회로로 구성된 LED 조명 구조를 고려하여 도출하였다.

규격별 요구사항을 통합하여 분류하면 표 2.6과 같다. 단독 및 병행하여 적용되는 요구사항을 구분하였다. 중복 요구사항을 통일하여 안전성 검증, 성능 검증 및 내구성 검증을 위한 요구사항으로 합정용 LED 등기구 규격에 반영하였다.

표 2.5 요구사항 비교

Table 2.5 Comparison of requirements

No.	요구사항	국방규격	KS C 7653	KS C 0418
1	표시사항	0	0	0
2	외관검사	0	0	0
3	충전부에 대한 감전 보호	X	0	0
4	절연저항	0	0	0
5	절연내력	0	0	0
6	접등	0	0	X
7	전자파	0	0	0
8	방수방진	0	0	0
9	접지저항	0	0	X
10	진동	0	X	0
11	충격	0	X	X
12	염수분무	0	X	0
13	도장	0	X	X
14	조도	0	X	X
15	온도상승	0	0	0
16	역률	0	0	X
17	반사율	0	X	X
18	소음	0	X	X
19	기계적강도	X	0	X
20	습도	X	0	0
21	내열, 내화, 내트래킹	X	0	X
22	초기광속	X	0	X
23	광속유지율	X	0	X
24	열충격	X	0	X
25	광효율	X	0	X
26	개폐(On/Off)	X	0	X
27	전원변동	X	X	0
28	전원상실	X	X	0
29	난연성	X	X	0
30	컴파스안전거리	X	X	0
31	저온	X	X	0
32	고온	X	X	0

* 0 : 요구사항 있음, X : 요구사항 없음

표 2.6 요구사항 분류

Table 2.6 Classification of requirements

No.	요구사항 분야	세부요구사항	다른 요구사항과 병행 여부
1	일반 사항	표시사항	필요하다면 표시사항의 확인을 위한 측정 시험 필요
		외관검사	도면과의 일치 여부 및 외각의 위험 부위 및 구조 검사 병행
		점등	표시사항의 정격에서 점등 확인
2	안전 검증 요구사항	충전부에 대한 감전 보호	병행하여 요구사항 검증
		절연저항	
		절연내력	
		전자파	단독 적용
		방수방진	해당 시 단독 적용
		접지저항	외관검사로 확인 후 적용
		진동 충격	요구사항 후 절연저항, 절연내력, 외관검사 병행
		염수분무 습도	
		저온	
		고온	
		도장	염수분무로 대체 가능
		온도상승	단독 적용
		기계적강도	기계적 강도 적용 시 외관검사 병행
		내열, 내화, 내트래킹	병행하여 해당 사항 적용
		난연성	
		전원변동	단독 적용
전원상실	단독 적용		
콤팩스안전거리	해당 시 단독 적용		
3	성능 검증 요구사항	역률	표시사항과 병행
		초기광속	
		광효율	
		소음	단독 적용
4	내구성 검증 요구사항	광속유지율	단독 적용
		열충격	단독 적용 후 점등 병행
		개폐(On/Off)	

제 3 장 등기구 특성

LED 등기구의 설계 조건을 구하기 위하여 기존 형광등기구의 전기적·광학적 특성을 측정 및 분석하였다. 현재 함정에 사용 중인 형광등기구는 그림 3.1에서와 같이 크게 매입·비방수형과 노출·방수형 등기구로 나눌 수 있으며, 적용 장소에 따라 2등용/3등용과 반투명/투명/루버 타입으로 분류된다. 홍등은 야간 작전시 또는 이동시 적들에 대한 노출을 최소화하기 위한 등이다.

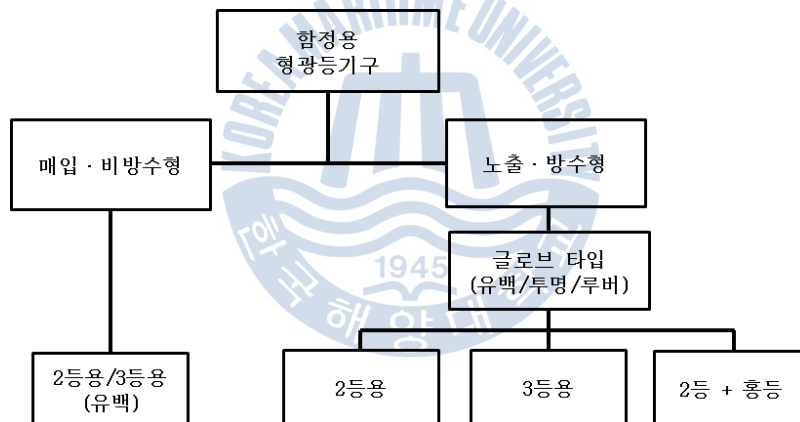


그림 3.1 함정용 형광등기구의 분류

Fig. 3.1 Classification of FL luminaires for naval vessels

3.1 노출·방수형

노출·방수형 등기구는 함정의 기계실, 조리실, 욕실, 외부통로 조명에 사용되며 전체 형광등기구 중 90 [%]로 가장 많은 비중을 차지한다.

형광등은 협소한 공간, 내충격성을 고려해 600 [mm] T8만을 사용하며,

2등용은 피조면 평균 조도가 150~200 [lx], 3등용은 그 이상의 조도가 요구되는 장소 또는 백색 형광등 2등과 홍색 1등을 내장하는 경우에 적용한다. 홍색등은 파장 600~700 [nm]로 비시감도가 낮아 야간운항과 작전 중에 점등한다.

설치 높이에 따라서는 동일 기구를 사용하지만 반투명 또는 투명 글로브로 구분된다. 광원이 설치되는 천정이 높을 경우, 피조면의 요구 조도를 확보하기 위해 광속의 투과손실이 적은 투명 글로브를 적용하고, 천정이 낮은 경우는 광원이 시야에 들어와 눈부심을 발생시키므로 반투명 글로브를 사용한다. 노출·방수형 형광등기구의 사진을 그림 3.2에 나타내었다.



(a) 반투명



(b) 투명

그림 3.2 노출·방수형 형광등기구의 사진

Fig. 3.2 Photographs of surface and watertight FL luminaires

형광등기구를 LED 등기구로 대체하기 위하여 2등용 및 3등용, 투명 및 반투명 등기구 4종에 대해 소비전력, 총광속, 배광분포 등 전기적·광학적 특성을 분석하였다. 등기구별 배광분포는 그림 2와 같으며 빔각 (beam angle)은 약 115 [°]이다. 반투명 글로브의 경우, 전체적으로 균일한 방사를 나타내고 있으나, 투명 글로브에서는 내부 지지물의 반사 등으로 배광곡선이 왜곡되고 있음을 알 수 있다.

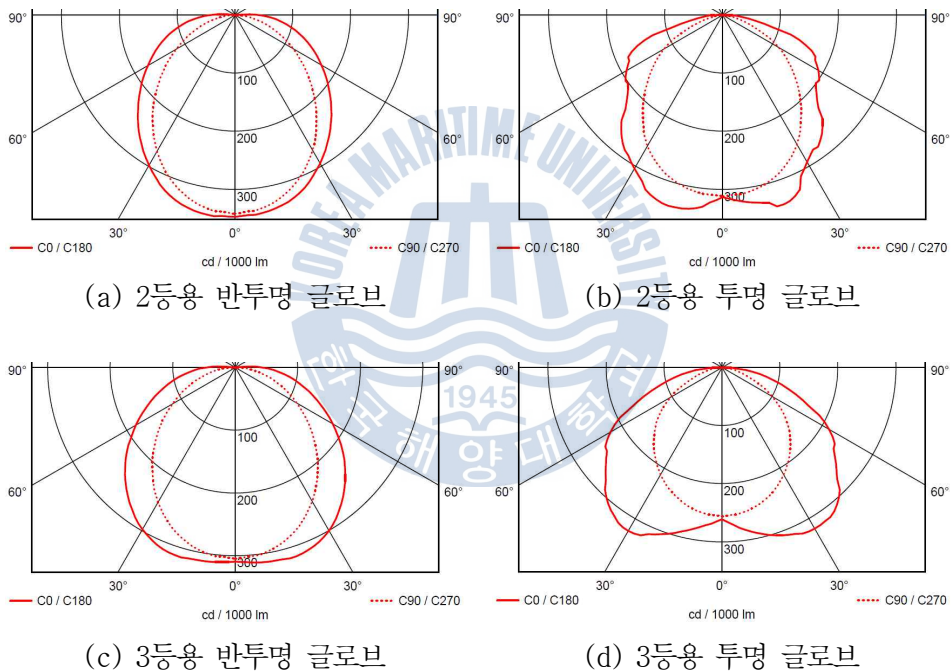


그림 3.3 노출·방수형 형광등기구의 배광곡선

Fig. 3.3 Illumination curve of surface and watertight FL luminaires

표 3.1에 형광등기구를 10시간 에이징 후 소비전력, 총광속 및 광효율을 나타내었다. 2등용과 3등용 형광등기구는 20 [W] 형광등을 2개 또는 3개를 내장하지만 소비전력이 53 [W] 및 81 [W]로 높은 것은 자기식 안정기

(magnetic ballast)를 적용했기 때문이다. 민수 선박을 포함한 함정에는 내구성과 전자파 간섭을 고려해 형광등기구에 전자식 안정기를 사용하지 않는다. 형광등의 색온도는 약 6,000 [K]이다

표 3.1 노출·방수형 형광등기구의 특성

Table 3.1 Characteristics of surface and watertight FL luminaires

구분 항목	2등용		3등용	
	투명	반투명	투명	반투명
소비전력 [W]	53		81	
총광속 [lm]	1,855	1,671	2,567	2,338
광효율 [lm/W]	35.0	31.5	31.7	28.8

3.2 매입·비방수형

매입·비방수형 형광등기구는 그림 3.4와 같이 실내 천장이 있는 부분에 매입하여 설치하는 것으로 함정에서는 노출·방수형 형광등기구에 비해 사용빈도는 비교적 낮다. 용도가 실내 조명용으로 국한되어 있기 때문에 눈부심을 최소화하기 위하여 반투명 글로브가 적용되어 있으며 요구 조도에 따라 2등용과 3등용으로 대별된다. 또한 매입형 등기구의 특성상 등기구의 크기는 한 종류로 통일되어 있다.

2등용 및 3등용 등기구 2종에 대해 배광측정기를 이용하여 전기적·광학적 특성을 분석한 결과, 배광분포는 그림 3.5와 같으며, 빔각 (beam angle)은 약 114 [°]이다. 휘도를 낮추기 위한 반투명 글로브형 등기구의 특성상 전체적으로 균일한 방사를 나타내고 있다.



그림 3.4 매입·비방수형 형광등기구의 사진
 Fig. 3.4 Photograph of flush and non-watertight FL luminaire

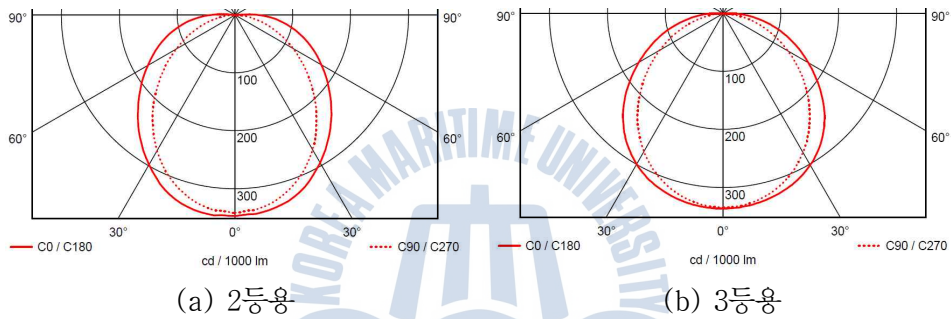


그림 3.5 매입·비방수형 형광등기구의 배광곡선
 Fig. 3.5 Illumination curve of flush and non-watertight FL luminaires

표 3.2에 10시간 에이징 후 측정된 소비전력, 총광속 및 광효율을 나타내었다. 이와 같이 형광등기구는 상호 흡수에 의한 효율 감소로 3등용의 효율이 2등용 보다 조금 낮았다.

표 3.2 매입·비방수형 형광등기구의 특성
 Table 3.2 Characteristics of flush and non-watertight FL luminaires

항목 \ 구분	2등용	3등용
소비전력 [W]	51	77
총광속 [lm]	1,356	1,897
광효율 [lm/W]	26.5	24.8

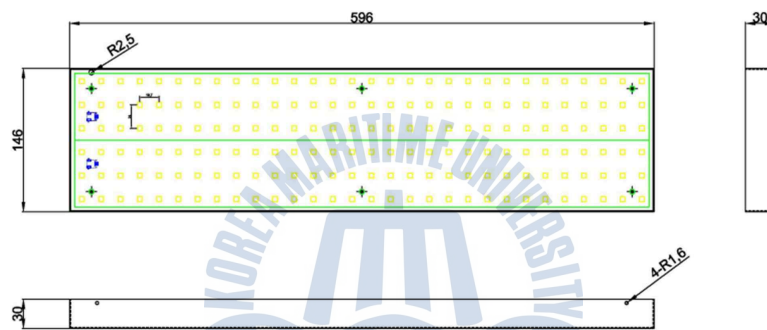
제 4 장 안전 및 성능 요구사항

실험결과로부터, 함정에서 사용하는 형광등기구(총광속 1,356~2,567 [lm], 광효율 24.8~35.0 [lm/W])의 범위로 통상의 육상용 등기구에 비해 낮은 효율을 나타내었다. 이는 함정을 비롯한 선박의 천장이 약 2 [m] 내외로 낮게 설계된 점과 군사적인 용도에 따라 과거 수 십년 전 미국방규격에 의해 설계된 등기구를 현재까지 이용하고 있기 때문에 광학적으로 개선하기 어려웠던 것으로 판단된다. 이러한 물리적 형상과 전기·광학적 데이터를 바탕으로 LED를 광원으로 사용하는 등기구의 장점을 최대화할 수 있도록 시제품을 설계, 제작하였으며 이에 대한 안전 및 성능 요구사항을 도출하였다.

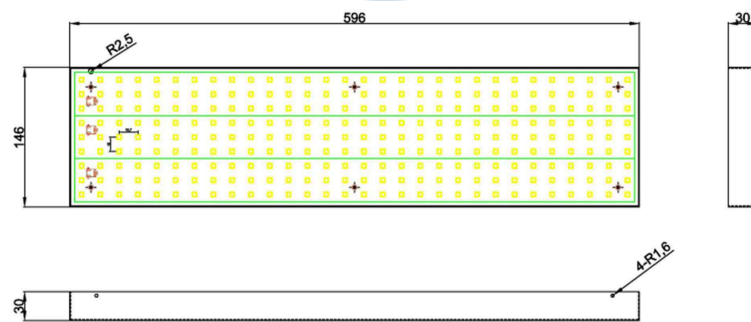
4.1 전기·광학적 성능

함정에서 사용하는 등기구는 작전 및 전시상황도 고려해야 되기 때문에 설치, 유지 및 보수가 용이해야 하며, 등기구의 요소 품목들이 통일되어 단순해야 한다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 등기구의 외함은 노출·방수형과 매입·비방수형 2가지로 나누더라도 내부에 설치되는 LED 모듈은 패키지의 종류에 따라 광학적인 특성은 서로 다르지만 모듈의 외형은 한 종류로 통일하여 유지, 보수를 용이하게 설계하였다. 특히, LED 모듈은 형광등기구처럼 반투명, 투명 글로브를 적용한 모델로 분류하는 것은 의미가 없기 때문에 광확산 PC(poly-carbonate)를 적용하여 눈부심을 낮춘 한 가지 모델로 제작하였다. 광원 또는 컨버터에 이상이 발생하더라도 최소한 조명의 역할을 유지할 수 있도록 LED 모듈의 전기적 회로를 분리하여 2등용 대체는 2회로, 3등용 대체는 3회로로 구성하였다. LED

는 광효율을 높이기 위하여 직하형으로 배치하고, 회로별 소비전력은 약 15 [W]로 2등용과 3등용에 대응할 수 있도록 총 소비전력은 30 [W]와 45 [W]의 2가지 형태로 제작하였다. 또한 노출·방수형과 매입·비방수형의 용도별 특성상 LED 패키지는 고효율과 일반형으로 나누어 제작하였다. 그림 4.1과 그림 4.2는 시제작한 LED 모듈의 구성 및 등기구 사진을 나타낸 것이다.



(a) 2회로 LED 모듈



(b) 3회로 LED 모듈

그림 4.1 시제작 LED 모듈

Fig. 4.1 Prototype LED modules



(a) 노출 · 방수형



(b) 매입 · 비방수형

그림 4.2 시제작 LED 등기구의 사진

Fig. 4.2 Photographs of the prototype LED luminaires

제작한 LED 등기구의 전기·광학적 특성을 측정, 분석하였으며, 결과는 그림 4.3 및 표 4.1과 같다. 광확산 PC를 적용하여 눈부심이 없도록 제작했기 때문에 배광분포는 그림 4.3에서와 같이 수직 및 수평면에 대해서 균일한 특성을 나타내었으며, 빔각은 약 $115 [^\circ]$ 를 나타내었다.

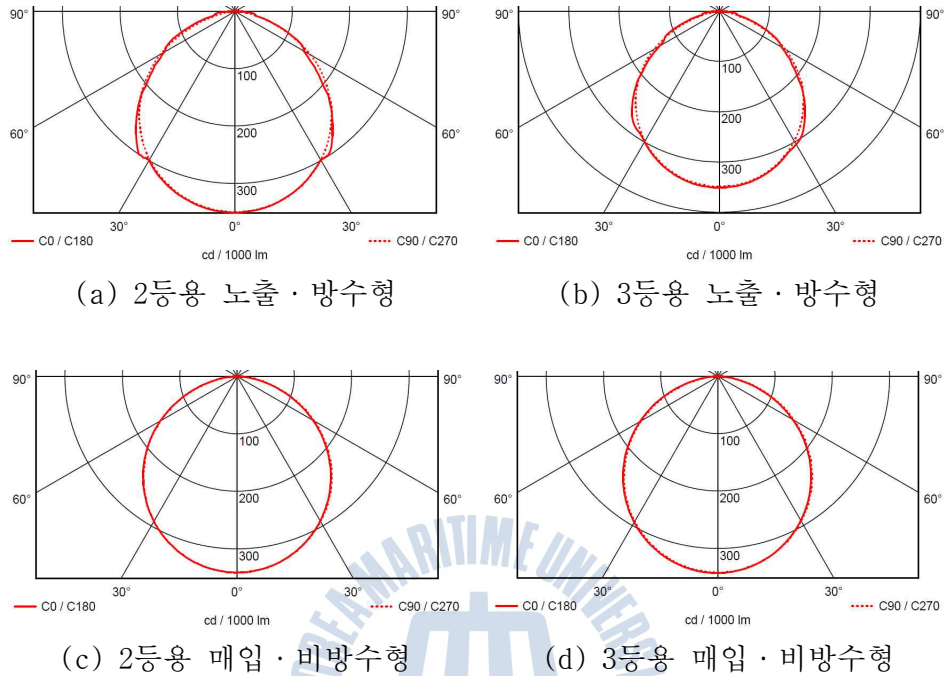


그림 4.3 시제작 LED 등기구의 배광곡선

Fig. 4.3 Illumination curve of the prototype LED luminaires

표 4.1 시제작 LED 등기구의 특성

Table 4.1 Characteristics of the prototype LED luminaires

항목	구분	노출 · 방수형		매입 · 비방수형	
		2등용	3등용	2등용	3등용
소비전력 [W]		32.0	46.3	32.2	47.5
총광속 [lm]		2,321	3,431	1,947	2,986
광효율 [lm/W]		72.5	74.1	60.4	62.8

표 4.2와 표 4.3은 앞서 측정한 형광등기구와 시제작 LED 등기구의 전기 · 광학적 특성을 상호 비교, 정리한 것이다.

노출·방수형 등기구의 경우, 시제작 LED 등기구의 광효율이 2등용 72.5 [lm/W], 3등용 74.1 [lm/W]로 기존 형광등기구의 2배 이상임을 알 수 있다. LED 등기구에 관한 한국산업규격 KS C 7653에서 기술하고 있는 광효율과 비교하면 색온도 5,000 [K] 이상의 경우, 2등용은 60 [lm/W] 이상 (10 [W]초과~30 [W]이하), 3등용은 65 [lm/W] 이상 (10 [W]초과~60 [W]이하) 보다 높은 수준이다. 제안한 LED 등기구의 설계안을 적용한다면 LED 모듈을 구성하는 LED 패키지의 종류에 따라 등기구의 광효율은 일정한 범위 내에서 가감이 가능하다. 하지만 광발산면적이 동일한 상태에서 광량을 증가시키면 결국 휘도가 높아지기 때문에 함정원들에게 눈부심으로 인한 불편감을 줄 수 있다. 따라서 광학적 설계안은 한국산업규격의 기준을 따르는 것이 타당하다. 매입·비방수형 등기구의 경우, 일반형 LED 패키지를 적용했음에도 불구하고 시제작 LED 등기구의 광효율이 60 [lm/W] 이상으로 기존 대비 2배 이상이므로 광학적으로 개선된 성능을 나타내었다.

시제작한 노출·방수형 등기구의 경우, 기존 형광등기구 대비 소비전력이 2등용은 43 [%], 3등용은 51 [%] 절감하면서, 총광속을 2등용은 25~39 [%], 3등용은 34~47 [%]까지 향상시킬 수 있다.

매입·비방수형 등기구의 경우, 기존 형광등기구 대비 소비전력이 2등용은 37 [%], 3등용은 38 [%] 절감하면서, 총광속을 2등용은 44 [%], 3등용은 57 [%]까지 향상시킬 수 있다.

결론적으로, LED 등기구는 기존 형광등기구에 비해 전기적·광학적 특성이 우수하기 때문에 총광속은 20~30 [%] 향상된 범위에서 한국산업규격에서 규정하고 있는 광효율을 준수한다면 전력소비는 40~50 [%] 절감하면서 기존 등기구를 대체할 수 있다.

표 4.2 노출·방수형 등기구의 특성 비교

Table 4.2 Characteristic comparison of surface and watertight LED luminaires

구분		항목	소비전력[W]			총광속[lm]			광효율[lm/W]	
			FL	LED	%	FL	LED	%	FL	LED
2 등 용	반투명	53	32.0	43 ↓	1,671	2,321	39 ↑	31.5	72.5	
	투명				1,855			25 ↑		35.0
3 등 용	반투명	81	46.3	51 ↓	2,338	3,431	47 ↑	28.8	74.1	
	투명				2,567			34 ↑		31.7

표 4.3 매입·비방수형 등기구의 특성 비교

Table 4.3 Characteristic comparison of flush and non-watertight LED luminaires

구분		항목	소비전력[W]			총광속[lm]			광효율[lm/W]	
			FL	LED	%	FL	LED	%	FL	LED
2 등 용	반투명	51	32.2	37 ↓	1,356	1,947	44 ↑	26.5	60.4	
3 등 용	반투명	77	47.5	38 ↓	1,897	2,986	57 ↑	24.8	62.8	

기존 형광등기구를 LED 등기구로 대체하기 위해서는 고효율 광원을 사용함에 따라 에너지 절감을 실현할 수 있는 반면 제안한 LED 등기구의 배광 특성으로 인하여 균제도가 변할 수 있다.

따라서 제작된 LED 등기구의 배광 특성에 대하여 적용 타당성을 평가하기 위해서 그림 4.4와 같이 함정의 사병 침실을 대상으로 조명 시뮬레이션을 수행하였다. 비교 대상 등기구는 반투명 2등용 노출·방수형 형광등기구

와 이에 대응하는 시제작 LED 등기구이다.

시뮬레이션 조건은 천정의 높이 2 [m], 벽체의 반사율은 0.35, 천정 및 바닥은 0.3을 적용하였다. 조도 측정지점은 가로·세로 0.2 [m] 간격으로 하고, 바닥으로부터 0.85 [m] 높이에서 측정하였다. 표 4.4는 평균조도, 소비전력 및 균제도에 대해 기존 형광등기구와 LED 등기구를 비교한 결과를 나타낸 것이다.

시제작한 LED 등기구의 광효율이 형광등기구에 비해 2배 이상이기 때문에 평균조도는 504 [lx]로 기존 대비 65 [%] 향상되었으며, 소비전력은 224 [W]로 40 [%]를 절감할 수 있다. 또한 균제도 u1과 u2는 각각 0.24, 0.14로 그림 4.5에서 보는 바와 같이 형광등기구를 적용했을 때와 거의 유사한 특성을 나타내었다.

이러한 결과로부터, 함정에 제안한 LED 등기구를 형광등기구 대체용으로 적용하더라도 균제도에는 거의 영향이 없으며 소비전력은 낮추고 조도는 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

표 4.4 시뮬레이션 결과

Table 4.4 Simulation results

타입 \ 항목	형광등기구	LED 등기구
소비전력 [W]	371	224
평균조도 [lx]	305	504
균제도 u1	0.25	0.24
균제도 u2	0.15	0.14

* u1 = 최소 조도/평균 조도, u2 = 최소 조도/최대 조도



(a) 2차원



(b) 3차원

그림 4.4 등기구 배치 예

Fig. 4.4 Example lay-out of luminaires

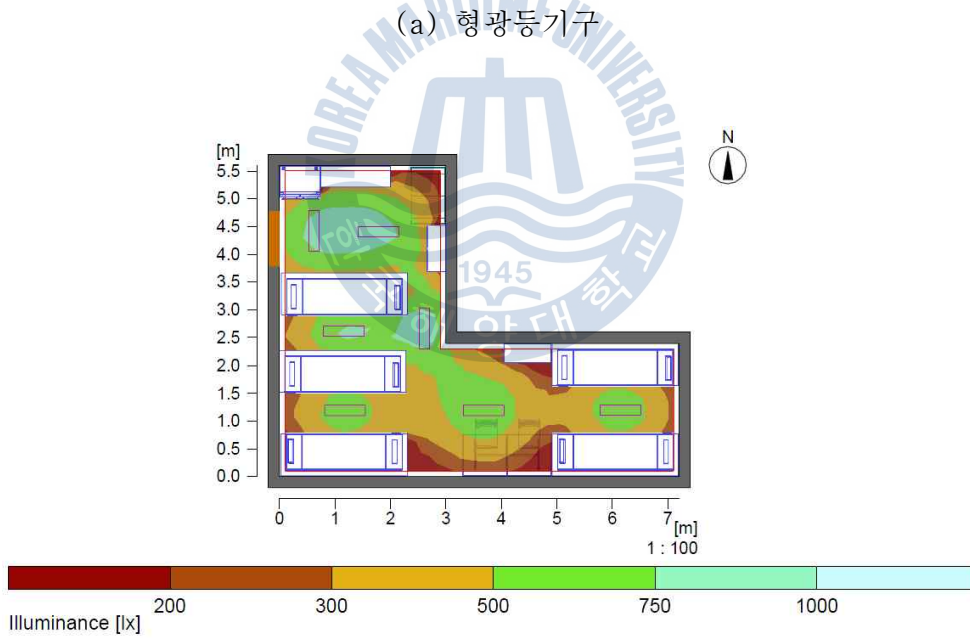
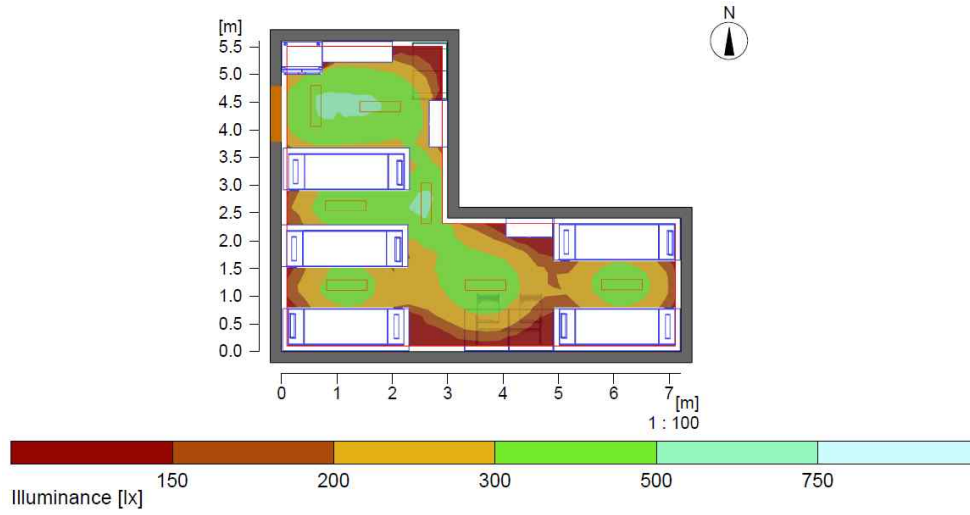


그림 4.5 조도 분포

Fig. 4.5 Illuminance distribution

4.2 안전 요구사항

함정에서 사용되는 기존 등기구는 한국산업규격에 기초하여 국방규격과 미국방규격을 따른다. 2장에서 수행한 기존 함정용 등기구에 대한 국방규격과 LED 관련 한국산업규격(KS C 7653)의 비교 결과를 활용하여 함정 및 민수 선박과의 공동 활용을 고려 한국산업규격을 기초로 국방규격 및 미국방규격의 내용을 추가하여 감전, 화재, 상해, 전자파 등의 위험성 감증을 위한 안전요구사항을 제시하였다.

기존 형광등기구를 LED 조명으로 대체하기 위한 관점에서 사용 환경은 변화가 없으므로 온도, 습도, 진동, 충격 등은 기존 국방규격과 동일하며, 전자파에 대한 사항이 추가로 요구된다^[15-17]. 전자기 적합성은 함정에 탑재되는 전기·전자·통신 기기의 전도 및 방사에 대해 미국방규격 MIL-STD-461F를 따른다^[3,5~7,18].

등기구의 감전보호를 위한 절연저항 및 절연내력 요구사항은 국방규격을 기준으로 시험전압 500 [V]에서 20 [MΩ] 이상의 절연저항을 확보하고, 1,500 [V]의 시험전압에서 절연과피는 없어야 한다.

공급전원의 변동 및 순시정전에 대한 정상동작을 유무를 정격전압 +6 [%] 및 -10 [%]에 대한 정격주파수 +5 [%] 또는 -5 [%]의 조합 조건에서 정상동작 되고, 5분 동안 3회의 전원차단 후 점등에 이상이 없어야 한다^[14,19].

등기구의 외각은 견고히 설계 제작되어 외부의 기계적 환경에 대하여 분리, 파손 또는 변형이 없어야 한다. 시험은 테스트 핑거를 이용하여 30 [N]의 힘과 임팩트 햄머를 통한 0.5 [J]의 충격으로 확인한다^[13,20].

함정의 운용 특성상 등기구가 작동하는 구역의 온도 및 습도의 조건은 MIL-STD-1399/ SEC.302에 따라 외기온도는 -30~40 [°C], 해수온도는 -2~30 [°C]이며, 상대습도는 10~100 [%]이다^[21]. 환경에 대한 등기구의 적합

성은 기존 국방규격과 동일하게 고온고습, 건조고온, 저온 및 염수분무에 대하여 MIL-STD-810G의 시험방법에 따라 적합성을 검증하고, 진동은 MIL-STD-167-1에 따라 공진을 찾고, 그 개수에 따른 진동 시험조건을 만족하여야 한다^[5-7,22,23].

충격에 대해서는 MIL-STD-901D의 규정에 따라 일반조명용 형광등기구의 경우, 함정의 안전 및 전투능력에 필수적이지 않지만, 충격에 노출됨으로서 함정 내 인원, 안전 및 구조안정성을 유지해야 하는 장비의 등급으로 간주하여 shock grade B, Class I, Type A의 조건에 의한 시험에 이상 및 파손이 없어야 한다^[24].

KS C IEC 60092-306에 의하면 등기구의 형태는 거친 돌출물, 날카로운 각, 가파른 곡면 등을 피하도록 설계, 제작되어야 한다^[25]. 또한 함정내의 화재는 치명적인 인적, 물적 피해를 줄 수 있으므로 램프의 소켓 내부 충전부를 지지하는 부분 및 표면에 적용한 플라스틱은 적어도 난연성 또는 불연성 재료를 사용하여야 하며, 접지를 위한 적절한 단자를 갖추도록 규정하고 있다. 난연성에 대한 시험은 KS C IEC 60092-101 또는 KS C IEC 60695-11-5에 따라 확인하며, 12 [V] 이하의 전압과 10 [A] 이하의 전류를 흘렸을 때 저항은 0.1 [Ω], 전압 강하는 0.25 [V] 이하여야 한다^[20,25,26].

방진 및 방수에 대한 보호등급은 장소에 따라 기본적으로 IP20, IP44 및 IP56을 갖도록 규정하고 있다^[27]. 노출·방수형 형광등기구의 경우 IP56으로 내경 12.5 [mm]의 노즐을 사용하여 전 방향에서 물을 장비에 분사할 시 장비내부에 물이 침투되어 절연물과 접촉하여 유해한 영향을 끼치지 않아야 한다^[28].

이와 같이 함정용 LED 등기구는 상기 특수조건을 제외하면 대부분 한국 산업규격에 기초한다.

4.3 성능 요구사항

합정용 LED 등기구의 성능 요구사항은 기존 등기구 대비 LED 등기구의 전기적·광학적 특성 측정 및 시뮬레이션 결과를 바탕으로 소비전력, 광효율, 색온도 및 빔각에 대한 기준을 도출하였다. 또한 KS C 7653의 내구성검증을 위한 광속유지율, 열충격 및 개폐 요구사항을 추가하였다.

기본적으로 모든 성능 시험은 KS C 7653에 따라 등기구의 최대사용 온도에서 100시간 에이징 후 측정하여 적합성 여부를 판단한다^[8,13].

소비전력은 정격전력 및 정격전류의 측정값이 표시값의 ± 10 [%] 이내이고, 역률은 정격전력을 입력하여 소비전력 및 전류를 측정한 뒤 식 (1.1)을 적용하여 0.9 이상이어야 한다. 등기구에 대한 정격을 과대 표시하여 높은 효율을 나타내는 것을 방지하는데 목적이 있다^[8].

$$\text{역률} = \frac{\text{측정 입력전력}}{\text{정격전압} \times \text{측정 입력전류}} \quad (1.1)$$

초기광속은 정격광속의 95 [%] 이상이어야 하며, 광효율은 표 4.5 및 4.6에 따라 등기구 형태별 총광속, 색온도 및 빔각 요구사항을 만족하여야 한다. 또한 노출·방수형 및 매입·비방수형 2등용 및 3등용 LED 등기구의 LED 및 전원장치는 25~30 [W] 이하 2회로, 30~40 [W] 이하 3회로로 구성하며, 홍등을 포함하는 LED 등기구는 30 [W] 및 35 [W] 이하로 제한한다. LED 및 전원장치는 독립회로로 구성하며, 홍등의 파장은 630 [nm] ± 30 [nm]를 만족하여야 한다.

표 4.5 노출·방수형 LED 등기구 효율

Table 4.5 Efficiency of surface and watertight LED luminaire

소비전력 [W]	총광속 [lm]	색온도 [K]	빔각 [°]
30 이하	1,800 ~ 2,100	5,500 ±500	115 이상
40 이하	2,600 ~ 2,800	5,500 ±500	115 이상
5 이하	40 ~ 60		100 이상

표 4.6 매입·비방수형 LED 등기구 효율

Table 4.6 Efficiency of flush and non-watertight luminaire

소비전력 [W]	총광속 [lm]	색온도 [K]	빔각 [°]
25 이하	1,500 ~ 1,700	5,500 ±500	115 이상
30 이하	2,000 ~ 2,200	5,500 ±500	115 이상
5 이하	40 ~ 60		100 이상

LED 등기구의 성능은 광속유지율, 열충격, 개폐의 요구사항을 만족하여 일정기간 성능유지를 확보하여야 한다. 광속유지율은 2,000시간 에이징 후 초기광속 측정값에 90 [%] 이상을 확인한 후 -10 [°C]에서 1시간 방치 후 즉시 50 [°C]의 온도에 1시간 방치를 1주기로 하여 열충격을 5회 반복한다. 마지막으로 30초 ON, 30초 OFF를 1회로 하여 수명보증시간의 1/2에 해당되는 시간을 횡수로 개폐시험을 한다. 시험 후 정상 점등 확인을 통해서 등기구의 성능 유지 및 내구성을 검증한다^[13].

이와 같이 함정용 LED 등기구 국방규격(안)을 위하여 제시된 안전 및 성능 요구사항은 표 4.7과 같고, 자세한 사항은 부록으로 첨부하였다.

표 4.7 안전 및 성능 요구사항

Table 4.7 Requirements of safety and performance

No.	요구사항	No.	요구사항	No.	요구사항
1	표시사항 및 외관검사	8	기계적 강도 (30 [N], 0.5 [J])	15	염수분무(해당 시) (MIL-STD-810F)
2	충전부에 대한 감전 보호	9	고온고습 (1주기 48시간, 최소 5주기)	16	방수방진(해당 시) (KS C IEC 60529)
3	절연저항 500 [V], 20 [MΩ]	10	건조고온 (1주기 24시간, 7주기)	17	온도상승 (KS C IEC 60092-306)
4	절연내력 1,500 [V]	11	저온 (1주기 24시간, 2주기)	18	전원고장 (5분간 3회, 차단시간 30초)
5	전원변동 정격 전압 +6 [%] or -10 [%] 정격주파수 +5 [%] or -5 [%]	12	진동 (MIL-STD-167-1)	19	광학적 특성 (초기광속, 총광속, 색온도, 빔각)
6	전원고장 5분간 3회 (차단시간 30초)	13	충격 (MIL-STD-901D)	20	역률 (0.9 이상)
7	전자파 (MIL-STD-461F)	14	난연성 (연소 or 니들프레임)	21	내구성 (광속유지율, 열충격, 개폐)

제 5 장 결 론

본 논문에서는 함정용 LED 조명규격을 수립하기 위하여 기존 조명관련 규격의 조사 분석, 시제품 제작을 통한 전기·광학적 특성분석 및 함정내 등기구 설치 공간에 대한 시뮬레이션을 수행하여, 함정에서 LED 등기구를 사용하기 위한 성능 및 안전 요구사항을 제안하였다.

국방규격, 미국방규격 및 민수 선박과의 공동 활용을 위하여 한국산업 규격을 기초로 감전, 화재, 상해, 전자파, 폭발 등의 위험성 검증을 위한 요구사항을 도출하였다. 최적의 전기·광학적 성능기준은 총광속, 배광분포 및 소비전력을 비교하여 최대의 에너지 절감효과와 조도개선 및 눈부심 방지 등을 고려한 등기구별 광속기준을 제시하였다. 본 논문에서는 기존 형광등 용량별 20 [W] 2등용 및 3등용, 글로브 형태별 투명 및 반투명과 노출·방수형 및 매입·비방수형으로 구분하여 총광속을 산정하였으며, 최저 광효율은 한국산업규격을 적용하였다. 제시한 규격(안)에 따르면 등기구에 따라 기존 등기구 대비 소비전력은 44~51 [%], 평균조도는 8~13 [%] 향상된다. 또한 감전, 환경 및 전자파, 온도 등 환경적 성능과 입력 전력, 전류, 역률, 광효율 및 색온도 등 광학적 성능, 광속유지율, 열충격, 개폐 등 내구성에 대한 시험방법도 제시하였다. 본 제시안은 한국산업규격을 기초하여 작성된 것으로 함정용 LED 등기구는 물론 민수 선박용에도 공통적으로 활용될 수 있다.

향후 본 논문에서 다루지 못했던 함정의 위험지역에 설치되는 LED 등기구에 대한 개별 요구사항과 복합 환경을 고려한 가속 수명시험방법에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 장운용, 김선재, 정광석, 차현규, 길경석, 류길수, “LED 광원의 선박 적용 및 실증”, 2010년도 마린엔지니어링학회 학술대회 논문집, pp.423-424, 2010.
- [2] 지홍근, 최성국, 김선재, 박성주, 길경석, “고휘도 LED의 선박조명 적용에 관한 연구”, 2009년도 마린엔지니어링학회 학술대회 논문집, pp.93-95, 2009.
- [3] 김일권, 조향은, 길경석, 조흥기, “함정용 노출 · 방수형 LED 등기구의 설계방안”, 2011년도 한국조명 · 전기설비학회 춘계학술대회 논문집, pp.112-113, 2011.
- [4] 차현규, 김동건, 차상욱, 길경석, “선박용 매입형 LED 등기구의 제작 및 응용”, 2011년도 한국조명 · 전기설비학회 춘계학술대회 논문집, pp.114-115.
- [5] 방위사업청 표준관리부, KDC 6210-R4001 - 안전등, 함정용, 2006.
- [6] 방위사업청 표준관리부, KDC 6210-R4005 - 선박용 형광등, 2006.
- [7] 국방표준 천정형광등, 2006.
- [8] 한국표준협회, 중소기업을 위한 LED조명 KS인증 실무가이드 북(I), 2009.
- [9] 지식경제부 기술표준원, KS C IEC 61347-2-13 - 램프 구동장치- 제2-13부 : LED 모듈용 DC/AC 전원 전자 구동장치에 대한 개별 요구사항, 2008.
- [10] 지식경제부 기술표준원, KS C IEC 61347-1 - 램프구동장치 - 제1부 : 일반 및 안전요구사항, 2008.
- [11] 지식경제부 기술표준원, KS C IEC 62031 - 일반 조명용 LED 모듈- 안전 요구사항, 2008.
- [12] International Electrotechnical Commission, IEC 62560-Self-Ballasted LED-Lamps for General lighting services by voltage > 50 V -safety specifications, 2011.
- [13] 지식경제부 기술표준원, KS C 7653 - 매입형 및 고정형 LED 등기구의 안전 및 성능 요구사항, 2010.
- [14] 지식경제부 기술표준원, KS C 0418 - 선박용 LED 조명 안전 및 성능 요구사항, 2010.

- [15] 권혁상, 조향은, 김선재, 차현규, 길경석, “선박용 LED 조명기기의 진동 내구성 요구 분석”, 2010년도 마린엔지니어링학회 학술대회 논문집, pp.409-410, 2010.
- [16] 장운용, 박성주, 박대원, 길경석, 류길수, “선박용 LED 조명기기의 서지보호기술”, 2010년도 마린엔지니어링학회 학술대회 논문집, pp.425-426, 2010.
- [17] 김선재, 장운용, 길경석, 한주섭, 권혁상, “선박용 LED 조명기구의 전자파 요구분석”, 2010년도 마린엔지니어링학회 학술대회 논문집, pp.395-396, 2010.
- [18] United States Department of Defense, MIL-STD-461F-requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystems and equipment, 2007.
- [19] International Association of Classification Societies, IACS E10 - test specification for type approval, 2006.
- [20] 지식경제부 기술표준원, KSC IEC 60598-1 - 등기구- 제1부 : 일반 요구사항 및 시험, 2008
- [21] United States Department of Defense, MIL-STD-1399(NAVY) Sec. 302 - interface standard for shipboard systems section 302 weather environment, 1988.
- [22] United States Department of Defense, MIL-STD-810G- environmental engineering considerations and laboratory tests, 2008.
- [23] United States Department of Defense, MIL-STD-167-1A- mechanical vibrations of shipboard equipment, 2005.
- [24] United States Department of Defense, MIL-STD-901D - provisions for evaluating quality of caps, garrison, men's , 1989
- [25] 지식경제부 기술표준원, KSC IEC 60092-306 - 선박용 전기설비-제 306부:기기-조명 및 부속품, 2007.
- [26] 지식경제부 기술표준원, KSC IEC 60092-101 - 선박용 전기설비 - 제 101부 : 정의 및 일반 요구사항, 2007.
- [27] 지식경제부 기술표준원, KSC IEC 60092-201 - 선박용 전기설비 - 제 201부 시스템 설계 - 일반, 2007.
- [28] 지식경제부 기술표준원, KSC IEC 60529 - 외곽의 방진 보호 및 방수 보호 등급(IP 코드), 2006.

부 록

함정용 LED 등기구 안전 및 성능요구사항(안)

1. 적용범위

본 표준은 AC 250 V 이하, 60 Hz 전원을 사용하는 함정용 LED 등기구(이하 “LED 등기구” 라 한다)의 안전 및 성능에 대하여 규정한다.

2. 인용표준

다음의 인용 표준은 이 규격의 적용을 위해 필수 표준이며, 인용된 표준의 최신판을 적용 한다.

- MIL-STD-810 Environmental engineering considerations and laboratory tests
- MIL-STD-461 Electro magnetic interference characteristics, requirement for equipments
- MIL-STD-167 Mechanical Vibrations of Shipboard Equipment
- MIL-STD-901 Provisions for Evaluating Quality of Caps, Garrison, Men's
- KS C IEC 60598-1 등기구-제1부 : 일반요구사항 및 시험
- KS C IEC 60529 외곽의 방진 보호 및 방수 보호 등급(IP 코드)
- KS C IEC 60092-306 선박전기설비-제306부 기기-조명 및 부속품
- KS C 7653 매입형 및 고정형 LED 등기구의 안전 및 성능 요구사항
- IACS E10 Test Specification for Type Approval

3. 용어 정의

이 표준에서 사용하는 주된 용어와 정의는 다음과 KS C IEC 60598-1 및 KS C 7653에 따른다.

3.1 합정용 LED 등기구

합정에서 사용을 목적으로 하는 LED 등기구

3.2 LED 등기구

하나 이상의 LED 모듈에서 나오는 빛을 퍼트리고 이를 지지 및 고정, 보호하는 데 필요한 모든 부분 및 LED 모듈 또는 LED 램프와 전원장치 및 전원에 연결하는 데 필요한 부속회로를 포함하는 기기

3.3 LED 모듈

하나 이상의 LED와 전기적, 전자적 구성요소를 포함하여 광원으로 사용되는 장치로서 컨버터는 제외

3.4 정격전압

LED 등기구에 표시된 전압 또는 전압의 범위를 나타내며 단위로 [V]를 사용한다.

3.5 정격전력

LED 등기구에 표시된 전력이며 단위로 [W] 또는 [kW]를 사용한다.

3.6 정격주파수

LED 등기구에 표시된 주파수이며 단위로 [Hz]를 사용한다.

3.7 정격 최대 사용 허용온도

LED 등기구를 통상 사용 상태에서 이상 없이 사용할 수 있는 가장 높은 온도로 제조자가 표시한 온도이며 단위로 [℃]를 사용한다.

3.8 정격광속

제조자가 표시한 광속이며 단위로 [lm]을 사용한다.

3.9 초기광속

100시간 에이징 후 측정된 광속

3.10 광속유지율

LED 램프의 수명 이내에 주어진 시간에서 측정된 광속을 초기광속으로 나눈 값

3.11 형식시험 시료

형식시험을 목적으로 제조자에 의해 제출된 LED 등기구

3.12 형식시험

제품에 해당되는 표준의 요구사항에 적합 여부를 검사할 목적으로 수행되는 일련의 시험

4. 종류(형식)

함정용 LED 등기구의 종류는 정격전력, 방수보호여부 및 부착방법에 따라 표 1과 같이 나눈다.

표 1 등기구 분류

Table 1 Classification of luminaires

구분	종류
정격 전력[W]	10 이하
	10 초과 30 이하
	30 초과 60 이하
	60 초과 100 이하
	100 초과 300 이하
방수보호	비방수형
	방수형
부착방법	고정형
	매입형

5. 시험에 관한 일반사항

이 규격의 시험은 형식시험이다. 이 규격에서 허용하는 요구사항과 허용값은 제조자가 해당 목적을 위해 제출한 형식시험 시험품의 시험을 기준으로 하며, 원칙적으로 하나의 시험품으로 모든 요구사항에 대한 시험을 진행한다. 단, 별도의 시험품으로 진행 가능하다고 명시된 시험(내열, 내화, 내트래킹 및 난연성, 염수분무, 성능요구사항, 내구성요구사항)은 별도로 진행하여도 무관하다.

모든 시험은 별도의 규정이 없는 한 주위온도 (10 ~ 30) °C 사이에서 시험한다. 시험전압은 ±3 %의 허용오차를 가질 수 있다. 전압 범위의 경우 평균값에서 측정한다. 또한 전체 고조파 성분은 3 %를 초과할 수 없다. 고조파 성분은 기본파를 100 %로 사용해 각 고조파 성분의 r.m.s 값으로 정의된다. LED 등기구는 통상 사용 시 안전하게 동작하고 사람과 주변 환경에 어떠한 위험도 주지 않도록 설계, 제조 되어야한다.

적합성은 육안 또는 이 규격에 규정된 모든 시험을 통해서 판단한다.

5.1 표시사항

시험품에는 제품의 정보를 보기 쉬운 곳에 지워지지 않게 명확하고 견고하게 표시하여야 한다. 표시사항은 다음과 같다.

- 제조자명 또는 제조자 기호
- 품명 및 모델명
- 정격 또는 정격범위
(전압 [V], 주파수 [Hz], 전류 [A], 전력 [W], 광속 [lm], 사용온도 [°C])
- 광효율 [lm/W]
- IP 등급
- 수명보증시간
- 기타 안전에 필요한 사항(예; 배선도, 결선도, 부착방법 등)

표시는 내구성이 있어야 하며 쉽게 읽을 수 있어야 한다. 적합성 여부는 물에 적신 천으로 15초 동안 문지른 후 석유 알코올용액에 적신 천으로 15초 동안 문질러 육안 판정한다. 시험 후 표시된 문구를 읽을 수 있어야 하며, 표시 라벨은 쉽게 제거되지 않아야 한다.

비고) 석유 알코올은 최대 0.1%의 향료를 포함하고 큐리-부탄올 29%, 65 °C 정도의 끓는점, 69 °C 정도의 건조 온도 및 약 0.68 g/cm³의 밀도를 가진 헥산 용매로 구성되어 있어야 한다.

5.2 외관 검사

시험품은 제출된 도면과 일치하여야 하며, 위험을 가져올 수 있는 날카로운 외각이 있어서는 안 되며, 모든 부위가 견고히 조립되어 있어야 한다. 또한 컨버터의 출력선은 (+)는 붉은색, (-)는 검은색으로 하며, 컨버터의 경우 반대로 끼울 수 없는 구조이어야 한다.

접지는 반드시 접지단자에 표시가 되어 있어야 하며, 접지선은 녹색 또는 녹색/노랑색으로 혼합 된 전선을 사용하여야 한다.

육안 검사 및 시험용 손가락 30N의 힘으로 외각의 연결 부위에 가했을 때 분리되지 않아야 하며, 스프링 햄머를 통하여 외각의 주요 부위에 3회 0.5J 인가시 외각의 파손이나 변형이 없어야 한다.

5.3 점등

정격(전압 및 주파수)을 인가하였을 때 정상 점등 되어야 한다. 점등 시간은 15분으로 하며, 안전 요구사항의 모든 시험 후 확인한다.

6. 안전 요구사항

6.1 감전에 대한 보호

LED 등기구는 충분한 감전에 대한 보호가 마련되어 있어야 한다. 구조적으로 IP20이상 이어야 하며, 감전보호 목적으로 쓰인 보호막 또는 보호 커버는 유연히 분리 될 수 없는 구조이거나 도구를 사용하여 분리되어야 한다. 감전에 관련 된 보호 대책에 대한 만족 여부는 하기 시험을 통하여 판정한다.

6.1.1 절연거리

KS C IEC 60598-1의 11.절에 따라 시험 하였을 때 적합하여야 한다. 충전부와 접촉가능 부분의 연면거리는 5mm, 공간거리는 3mm 이상이어야 하며, 해당 절연물의 트래킹지수는 PTI 175V이상이어야 한다.

접촉가능부분이 접지가 되어져 있는 부분이면 절연거리는 1/2로 감소 될 수 있다. 또한 PTI 지수가 600V이상이면 연면거리를 1/2로 감해 줄 수 있다.

6.1.2 접지

KS C IEC 60598-1의 7.절에 따라 시험 하였을 때 적합하여야 한다. 접지 나사는 풀림 방지 기능을 가지고 있어야 하며, 자기 스스로 나사산을 내는 나사는 접지 나사로 사용할 수 없고 나사산이 형성된 나사를 사용하여야 한다. 또한 선체와 접지가 되어야 한다. 12V이하의 전압과 10A이하의 전류를 흘렸을 때 저항 값은 0.1Ω, 전압강하는 0.25 V이하 이어야 한다.

6.1.3 충전부에 대한 감전보호

KS C IEC 60598-1의 8.절에 따라 시험 하였을 때 적합하여야 한다. 매입형 등기구의 경우 빈 공간에 노출되는 부분은 등기구 전면의 노출 부위와 동일한 절연 등급을 가지고 있어야 한다. 또한, 어떠한 경우에도 등기구는 충전부에 대한 감전보호 대책이 마련되어 있어야 한다.

6.1.4 절연저항

도전부와 접촉 가능한 외곽 및 접지 사이의 절연저항을 시험전압 500V에서 절연저항계로 측정한다. 절연저항 측정은 절연내력, 방수방진, 진동, 습도, 온도상승, 고온, 저온 시험 전·후에 실시한다. 시험전압을 가하는 것이 바람직하지 않은 회로(전자부품 등을 사용)를 포함하는 시험품에 대하여는 해당 회로를 분리한 다음 시험할 수 있다. 절연저항 측정값은 20MΩ보다 커야한다.

6.1.5 절연내력

도전부와 접촉 가능한 외곽 및 접지 사이에 60Hz, 1500V의 시험전압을 1분 동안 인가한다. 시험에 사용되는 고전압 변압기에 대하여 출력 전

류는 적어도 200 mA가 되어야 하며, 과전압 계전기는 출력 전류가 100 mA보다 작을 때 작동되어서는 안 된다. 시험전압을 인가하는 것이 바람직하지 않은 회로(전자부품등을 사용)를 포함하는 시험품에 대하여는 해당 회로를 분리한 다음 시험할 수 있다. 시험 중 섬락이나 절연의 파괴가 있어서는 안 되며 시험품에 이상이 없어야 한다.

6.2 전자파

MIL-STD-461에 따라 시험 하였을 때 적합하여야 한다. LED 등기구의 특성에 따라 EMI에 해당되는 방출(방사)시험을 적용 한다. 그러나 LED 등기구의 동작여부가 함정 안전에 영향을 주는 경우는 EMS(6.2.5절 부터 6.2.10절)에 해당되는 내성 시험을 추가 할 수 있고, 시험 중 시험품의 오동작이 있어서는 안 된다.

6.2.1 전도방출(전류) : CE101

전원케이블을 통하여 전도되어 방출 되는 전류성분 전자파를 측정한다. 적용 주파수 범위는 30 Hz에서 10 kHz사이에서 연속 측정한다. 그림 1의 한계치를 측정값은 넘지 않아야 한다.

6.2.2 전도방출(전압) : CE102

전원케이블을 통하여 전도되어 방출 되는 전압성분 전자파를 측정한다. 적용 주파수 범위는 10 kHz에서 10 MHz사이에서 연속 측정한다. 그림 2의 한계치를 측정값은 넘지 않아야 한다.

6.2.3 복사방출(자기장) : RE101

외함을 통하여 방사되어 방출되는 자기장성분 전자파를 측정한다. 적용

주파수 범위는 30 Hz에서 100 kHz사이에서 연속 측정한다. 그림 3의 한계치를 측정값은 넘지 않아야 한다.

6.2.4 복사방출(전기장) : RE102

외함 및 관련 케이블을 통하여 방사되어 방출되는 전기장성분 전자파를 측정한다. 적용 주파수 범위는 10 kHz에서 18 GHz사이에서 연속 측정한다. 설치 장소에 따라 그림 4의 한계치를 측정값은 넘지 않아야 한다.

6.2.5 전도내성 : CS101

외부로부터 전원을 공급받는 시험품에 한하여 왜곡된 전원전압파형 및 리플전압을 주입하여 시험품의 내성을 검증한다. 주파수 범위는 30 Hz에서 150 kHz이다. 적용 제한 레벨은 그림 5와 같다.

6.2.6 전도내성 : CS106

입력전원으로 결합되는 트랜지언트를 주입하여 시험품의 내성을 검증한다. 적용 제한 전압 레벨은 그림 6과 같다.

6.2.7 전도내성 : CS114

시험품과 관련된 입/출력 케이블에 RF신호를 결합시켜 시험품의 내성을 검증한다. 적용 주파수 범위는 10 kHz에서 200 MHz이다. 적용 제한 레벨은 그림 7과 같다.

6.2.8 전도내성 : CS116

시험품과 관련된 입/출력 케이블에 RF신호를 결합시켜 시험품의 내성을 검증한다. 적용 주파수 범위는 10 kHz에서 100 MHz이다. 적용 제한 레벨은 그림 8과 같다.

6.2.9 복사내성 : RS101

자기장성분 전자파를 시험품 외함에 방사시켜 내성을 검증한다. 적용 주파수 범위는 30 Hz에서 100 kHz이다. 적용 제한 레벨은 그림 9와 같다.

6.2.10 복사내성 : RS103

전기장성분 전자파를 시험품 외함 및 관련 케이블에 방사시켜 내성을 검증한다. 적용 주파수 범위는 2 MHz에서 40 GHz이다. 적용 제한 레벨은 표 2와 같다.

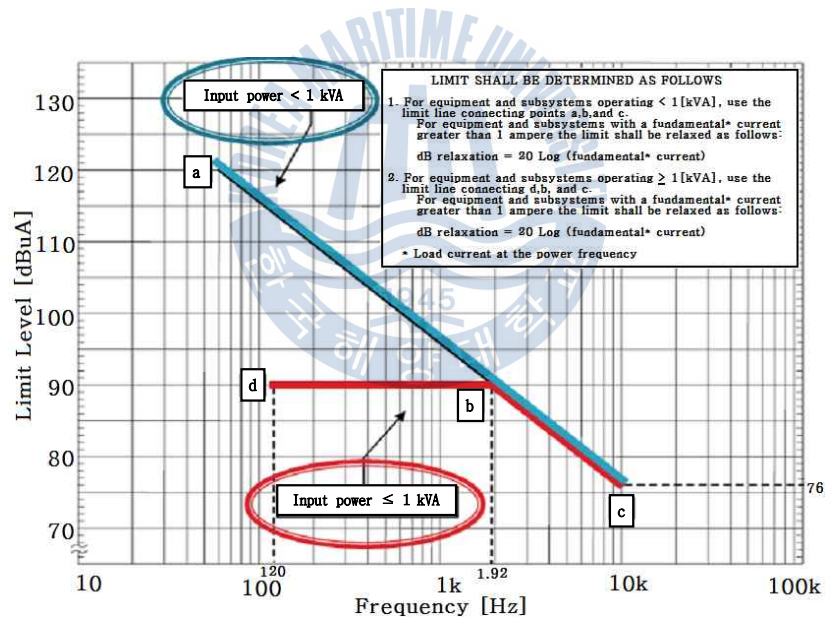


그림 1 수상함 및 잠수함용 60 Hz기기의 CE101 한계

Fig. 1 CE101 limit for surface ships and submarine applications, 60 Hz

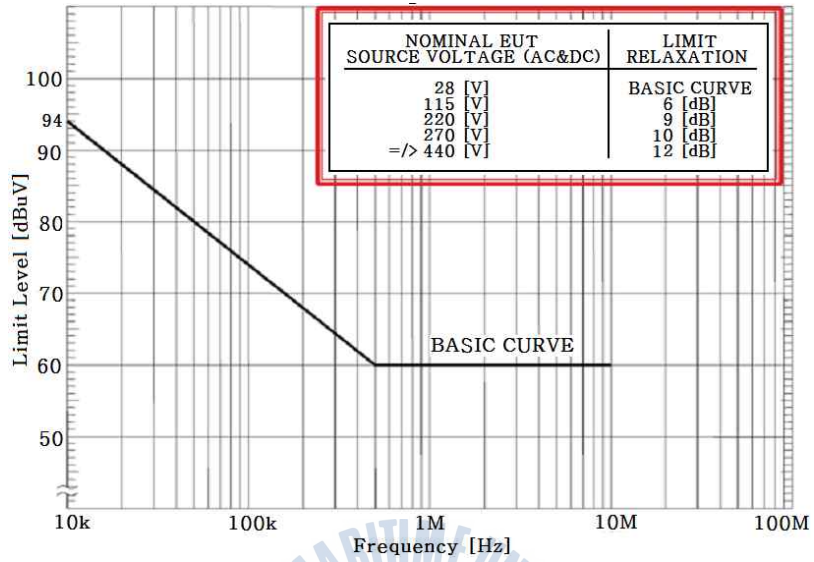


그림 2 CE102 한계 (AC 및 DC 용 EUT)

Fig. 2 CE102 limit (EUT power leads, AC and DC) for all applications

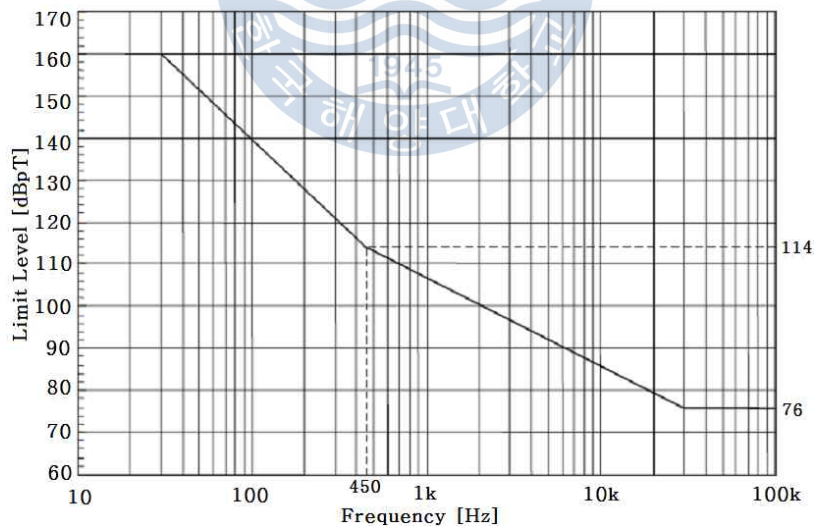


그림 3 해군용 기기의 RE101 한계

Fig. 3 RE101 limit for all Navy applications

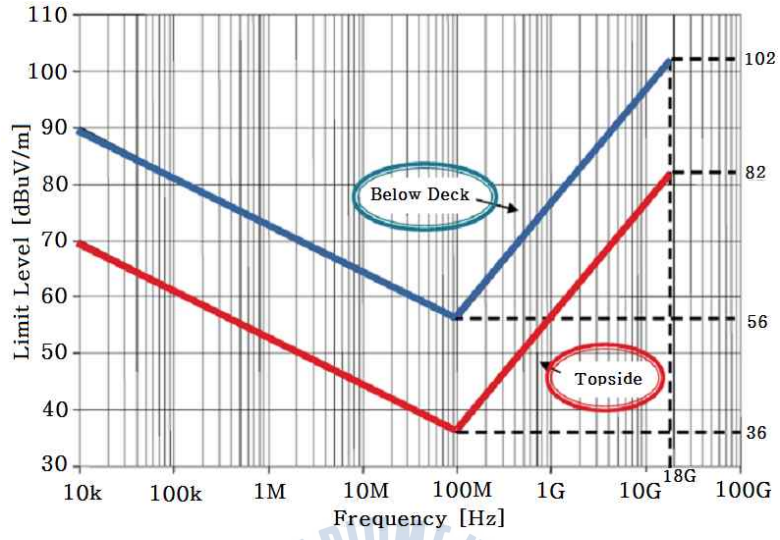


그림 4 수상함용 기기의 RE102 한계
 Fig. 4 RE102 limit for surface ship applications

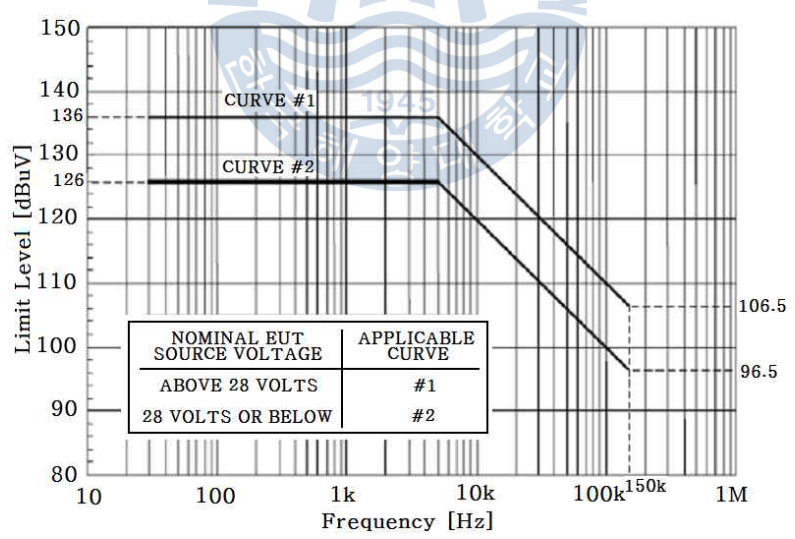


그림 5 CS101 전압 한계
 Fig. 5 CS101 voltage limit for all applications

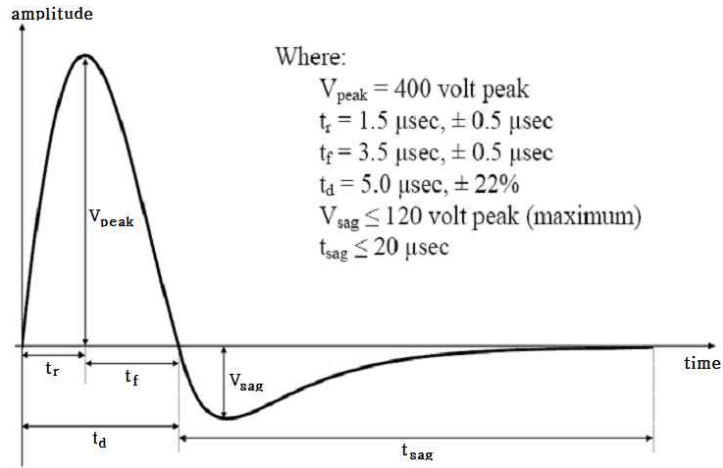


그림 6 CS106 전압 한계
Fig. 6 CS106 voltage limit

표 2 CS114 제한 곡선
Table 2 CS114 limit curves

PLATFORM		LIMIT COUVE NUMBERS SHOWN FIGURE CS-114-1 AND LIMITS							
		AIRCRAFT (EXTERNAL OR SAFETY CRITICAL)	AIRCRAFT INTERNAL	ALL SHIPS (ABOVE DECKS) AND SUBMARINES (EXTERNAL) *	SHIPS (METALLIC) (BELOW DECKS)	SHIPS (NON METALLIC) (BELOW DECKS)**	SUB MARINES (INTERNAL)	GROUND	SPACE
FREQUENCY RANGE									
4 kHz	N	-	-	77 dBuA	77 dBuA	77 dBuA	77 dBuA	-	-
to									
1MHz									
10 kHz	A	5	5	2	2	2	1	3	3
to	N	5	3	2	2	2	1	2	3
2 MHz	AF	5	3	-	-	-	-	2	3
2 MHz	A	5	5	5	2	4	1	4	3
to	N	5	5	5	2	4	1	2	3
30 MHz	AF	5	3	-	-	-	-	2	3
30 MHz	A	5	5	5	2	2	2	4	3
to	N	5	5	5	2	2	2	2	3
200 MHz	AF	5	3	-	-	-	-	2	3

KEY: A = Army * For equipment located external to the pressure hull
 N = Navy of a submarine but within the superstructure, use
 AF = Air Force SHIP (METALLIC) (BELOW DECKS)
 ** For Equipment located in the hanger deck of Aircraft
 Carriers

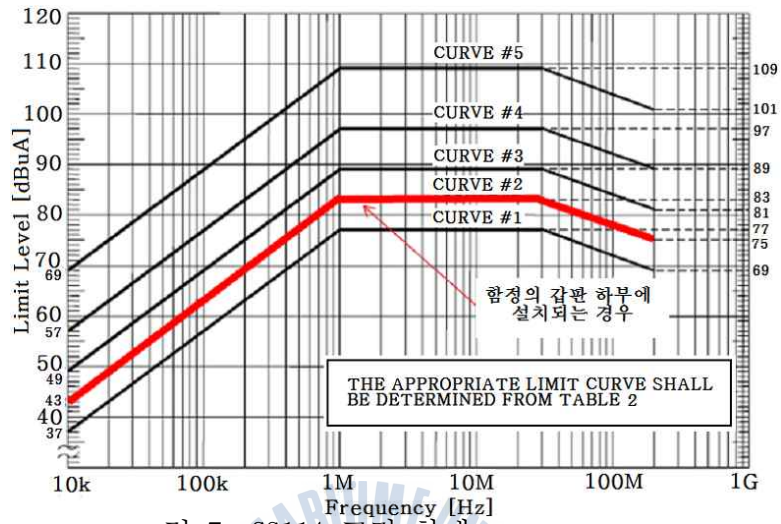


그림 7 CS114 교정 한계

Fig. 7 CS114 calibration limits

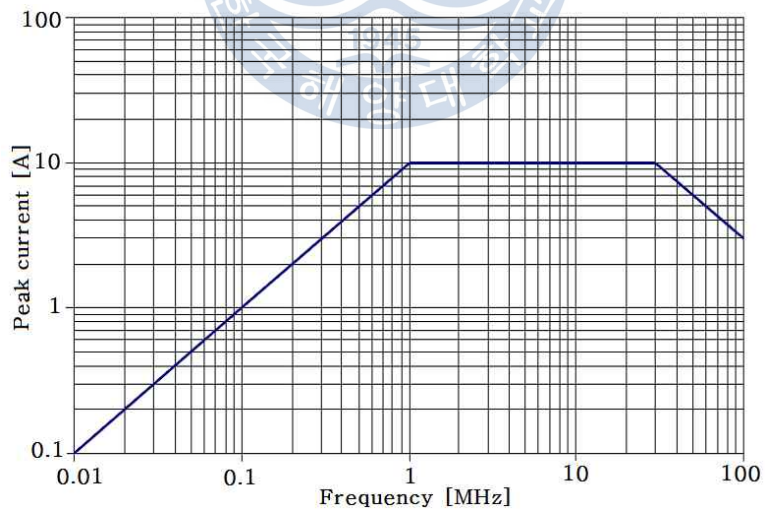


그림 8 CS116 한계

Fig. 8 CS116 limit for all applications

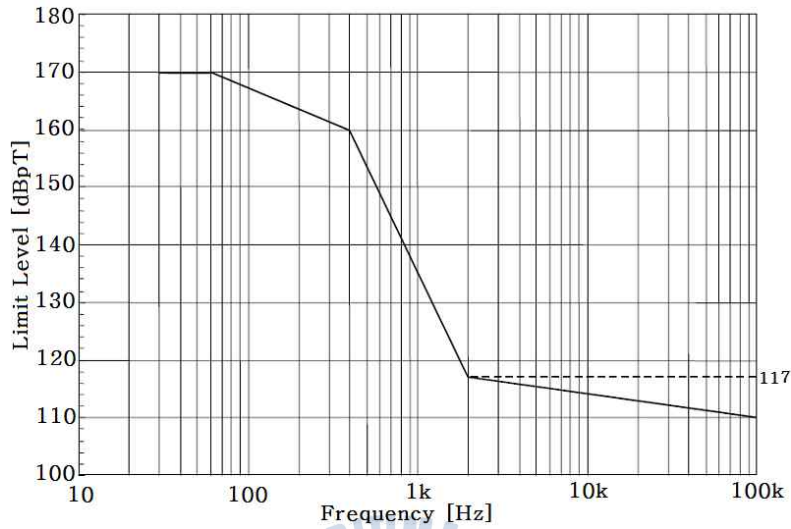


그림 9 해군용 기기의 RS101 한계
 Fig. 9 RS101 limit for all Navy applications

표 3 RS103 한계
 Table 3 RS103 limits

PLATFORM FREQ. RANGE		LIMIT LEVEL (VOLTS/METER)							
		AIRCRAFT (EXTERNAL OR SAFETY CRITICAL)	AIRCRAFT INTERNAL	ALL SHIPS (ABOVE DECKS) AND SUBMARINES (EXTERNAL)*	SHIPS (METALLIC) (BELOW DECKS)	SHIPS (NON METALLIC) (BELOW DECKS)**	SUB MARINES (INTERNAL)	GROUND	SPACE
2 MHz to 30 MHz	A	200	200	200	10	50	5	50	20
	N	200	200	200	10	50	5	10	20
	AF	200	20	-	-	-	-	10	20
30 MHz to 1 GHz	A	200	200	200	10	10	10	50	20
	N	200	200	200	10	10	10	10	20
	AF	200	20	-	-	-	-	10	20
1 GHz to 18 GHz	A	200	200	200	10	10	10	50	20
	N	200	200	200	10	10	10	50	20
	AF	200	60	-	-	-	-	50	20
18 GHz to 40 GHz	A	200	200	200	10	10	10	50	20
	N	200	60	200	10	10	10	50	20
	AF	200	60	-	-	-	-	50	20

KEY: A = Army * For equipment located external to the pressure hull
 N = Navy of a submarine but within the superstructure, use
 AF = Air Force SHIP (METALLIC) (BELOW DECKS)
 ** For Equipment located in the hanger deck of Aircraft
 Carriers

6.3 방수방진(IP)

해당 IP등급을 KS C IEC 60529에 따라 시험 하였을 때 적합하여야 한다. 단, 해당 함정의 요구 조건에 따라 MIL-STD-810의 시험방법을 따를 수 있다. IP등급에 대한 다른 요구 조건이 없다면 함정의 LED 등기구 설치 장소에 따른 IP등급을 따른다. 등급별 요구사항은 표 4과 같다.

표 4 IP등급 (KS C IEC 60529)
Table 4 IP Grade (KS C IEC 60529)

제1특성 숫자	보호 등급	
	간단한 설명	정의
0	비보호	-
1	지름 50 mm 이상의 외부 분진에 대한 보호	지름 50 mm 구모양의 검사용 프로브가 완전히 통과하지 않아야 한다.
2	지름 12.5 mm 이상의 외부 분진에 대한 보호	지름 12.5 mm 구모양의 검사용 프로브가 완전히 통과하지 않아야 한다.
3	지름 2.5 mm 이상의 외부 분진에 대한 보호	지름 2.5 mm 구모양의 검사용 프로브가 완전히 통과하지 않아야 한다.
4	지름 1.0 mm 이상의 외부 분진에 대한 보호	지름 1.0 mm 구모양의 검사용 프로브가 완전히 통과하지 않아야 한다.
5	먼지 보호	먼지 침투를 완전히 막는 것은 아니나 안전을 해치는 양의 먼지는 통과해선 안 된다.
6	방진	먼지 침투 없음
※ 분진 검사용 프로브의 전체 지름이 외곽의 틈을 통과하지는 않아야 한다.		
제2특성 숫자	보호 등급	
	간단한 설명	정의
0	비보호	-
1	수직으로 떨어지는 물방울에 대한 보호	수직으로 떨어지는 물방울은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.
2	외곽이 15도 기울어져 수직으로 떨어지는 물방울에 대한 보호	외곽이 15도 기울어져 있는 경우, 수직으로 떨어지는 물방울은 해로운 영향이 없어야 한다.
3	물 분무에 대한 보호	수직면에 양쪽 60도 까지의 각도로 분무된 물은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.
4	물 튀김에 대한 보호	모든 방향에서 외곽으로 튀긴 물은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.
5	물 분사에 대한 보호	모든 방향에서 외곽에 분사하여 내뿜어진 물은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.
6	강한 물 분사에 대한 보호	모든 방향에서 외곽에 강한 분사로 내뿜어진 물은 해로운 영향을 미치지 않아야 한다.
7	일시적인 침투의 영향에 대한 보호	외곽이 표준화된 압력과 시간 조건하에서 물에 일시적으로 침수될 경우, 해로운 영향을 일으킬 물의 침투는 없어야 한다.
8	연속 침투의 영향에 대한 보호	외곽이 7보다 심하지만 제조자와 사용자 간에 협의한 조건하에서 물에 연속적으로 침투하는 경우 해로운 영향이 없어야 한다.

6.4 진동

MIL-STD-167-1에 따라 시험하였을 때 적합하여야 한다.

해당 시험 뒤에는 5.2절 외관검사, 5.3 점등 및 6.1.4 절연저항 및 6.1.5 절연내력 요구사항에 만족하여야 한다. 시험절차는 다음과 같다.

1. 공진탐색 시험

진동대를 표 5에서 주어진 조건으로 가진하여 시료의 공진을 찾는다.

표 5 공진탐색 시험조건

Table 5 Test condition for resonance search

시험 방향	주파수 범위 [Hz]	단진폭 [mm]	Sweep rate [sec/Hz]
X 축	4 ~ 33	0.254 ± 0.051	15
Y 축			
Z 축			

2. 가변주파수 시험

진동대를 표 6에서 주어진 조건으로 가진하고 공진탐색 시험에서 발견되지 않는 공진을 찾는다.

표 6 가변주파수 시험조건

Table 6 Test condition for variable frequency

시험 방향	주파수 범위 [Hz]	단진폭 [mm]	Sweep rate [min/Hz]
각각의 X 축, Y 축, Z 축	4 ~ 15	0.762 ± 0.152	5
	16 ~ 25	0.508 ± 0.102	
	26 ~ 33	0.254 ± 0.051	

3. 진동내구 시험

공진탐색 시험 및 가변주파수 시험에서 발생한 공진주파수에서 내구시험을 실시한다. 공진이 발생되면 표 6에서 공진이 포함되는 주파수범위의 단진폭으로 공진의 개수에 따라 표 7에서 해당되는 시간을 적용하여 가진한다. 공진이 없으면 33 Hz에서 0.254 ± 0.051 mm의 단진폭으로 2시간 동안 가진한다.

표 7 공진 개수에 따른 진동시험 시간
Table 7 Vibration test time by the number of resonance

공진의 개수	각 공진에서의 시험시간 [분]	총 시험시간 [분]
1	120	120
2	60	120
3	40	120
4	40	160
n>2	40	40 × n

6.5 충격

MIL-STD-901에 따라 시험 하였을 때 적합하여야 한다. 단, 해당되지 않을 경우 생략 될 수 있다.

1. 시험 종류 선택

- 경 중량 충격 시험 (Lightweight shock machine) : 경 중량 충격 시험기 설치판에 지탱되는 총 무게(모든 장비 및 구조물의 무게 - 지그 포함)가 250 kg을 넘지 않도록 하며, 또한 시료의 크기가 설치대의 크기를 초과하지 않아야 한다. 또한 시료의 장비가 모든 방향으로 25.4 mm - 12.7 mm

이상의 충격 하중 변형성능을 가진 탄성 마운트 또는 유연지지요소에 설치되면 안 된다.

- 중간 중량 충격 시험 (Mediumweight shock machine) : 경 중량 충격 시험기 설치판에 지탱되는 총 무게(모든 장비 및 구조물의 무게 - 지그 포함)가 3 357 kg을 넘지 않도록 하며, 또한 크기가 설치대의 크기를 초과하지 않아야 한다. 또한 시료의 장비가 모든 방향으로 76 mm 이상의 충격 하중 변형성능을 가진 탄성 마운트 또는 유연지지요소에 설치되면 안 된다.

- 중 중량 충격 시험 (Heavyweight shock machine) : 중간 중량으로도 측정할 수 없는 경우에 중 중량 충격 시험을 실시한다. 그러나 호수에서 실제 폭발을 통한 시험이기에 시험실에서의 시험이 불가 하다.

2. 충격 등급 선택

Grade A : 함정의 안전 및 지속적인 전투 능력에 필수적인 장비, 시험 기준 충격하중에 대해서 작동 및 구조안정성을 유지해야 하는 장비

Grade B : 함정의 안전 및 전투 능력에 필수적이진 않지만, 충격에 노출됨으로서 함정 내 인원, Grade A, 혹은 배 자체에 위협이 될 수 있는 장비

3. 장비 등급 선택

Class I : 장비와 함정의 구조나 받침대 사이에 탄성마운트를 사용하지 않고 충격성능 허용기준을 만족해야 하는 장비

Class II : 탄성마운트를 사용하여 충격성능 허용기준을 만족해야하는 장비

Class III : 탄성마운트를 사용할 수도 혹은 사용하지 않을 수도 있는 장비로서 Class I 및 Class II의 요구조건을 모두 만족해야 하는 장비

Class I/II : 탄성마운트에 의해 지지된 주요 구성품 또는 Subassembly를 갖는 Class I 장비

4. 시험 유형 선택

Type A : 주요 장치의 시험으로 우선적인 시험이다. 여기서 주요장치란 구조에 직접 지지되거나 선체 구조에 직접 부착된 기초에 의해 지지되는 장비, 혹은 파이프 시스템, 덕트 시스템 및 선체 구조에 의해 지지되는 유사 시스템에 지지되는 장치 (디젤발전기 세트, 공기조화 장치, 증기 발생기, 미사일 발사대 및 밸브 등)

Type B : 보조 구성품(주요 장치의 주요부품)의 시험이다. 보조 구성품의 충격 응답은 관련 주요 장치 및 나머지 보조 구성품의 영향을 크게 받는다. (발전기 세트의 엔진, 공기조화 장치의 전기 모터 등)

Type C : 소조립 부품(주요 장치 혹은 보조 구성품의 부품)의 시험이다. 소조립 부품의 충격 응답은 관련 주요 장치 혹은 보조 구성품에 크게 영향을 받지만, 주요 장치 및 보조 구성품은 소조립 부품의 영향을 많이 받지 않는다. (온도계, 게이지, 계기, 릴레이, 저항기 등)

5. 시험 방법 - 경량 충격

고정대를 사용하여 설치판에 실험 장비를 부착한다.

충격 시 A급 장비인 경우는 정상 운전 중 일 때의 시험을 실시하며, B급 장비는 운전 도중 충격에 노출 되었을 때 충격으로 인해 허가 기준을 반하는 손상이 일어날 가능성이 큰 장비에 대해서만 충격 시험 시 작동시킨다.

설치판에 상면, 후면, 옆면 총 3개의 축(X, Y, Z) 방향과 평행한 상태에서 1, 3, 5 feet의 해머 높이에서 각각 3번씩 충격(총 27회)을 가한다. 이때 시험의 순서는 계약 조직 및 계약자의 판단에 따른다.

계약자가 원한다면 장비들은 9번 충격 시 마다 교체를 할 수 있다.

6. 시험 방법 - 중간 중량 충격

모든 장비는 최소 6번의 충격을 준다.

Group I 과 Group III 의 충격 중에만 정상 운전 모드를 나타내고, 나머지 작동 모드들에 대해서는 Group II 충격 중에 나타낸다. (3개의 작동 모드를 나타내야 한다면, Group II 의 2 series가 요구됨)

설치판에 시료를 정상 자세로 설치한 후, 시료 충격 시 해머의 높이 및 침골대의 이동거리에 따라서 총 3번을 측정하며, 이때의 해머의 높이 및 침골대의 이동거리는 표 8에 명시되어 있는 대로 진행한다.

설치판에 시료를 경사 자세로 설치한 후, 시료 충격 시 해머의 높이 및 침골대의 이동거리에 따라서 총 3번을 측정하며, 이때의 해머의 높이 및 침골대의 이동거리는 표 8에 명시되어 있는 대로 진행한다.

이때 서로 다른 경사진 위치에서 시험을 요구하는 장비에 대해서는 해머의 높이 및 침골대의 이동거리에 따라 3번의 충격을 가한다.

충격 시 장비가 운전하고 있을 때 충격 시험을 실시한다.

6회 이상의 충격 시험을 행한 장비의 개별 부품은 허가 당국의 승인 후 교체 할 수 있다. 해당 시험 뒤에는 5.2절 외관검사에 만족하여야 한다.

표 8 중간 중량 충격기의 시험 일람

Table 8 Test schedule for medium weight shock machine

그룹 번호 _____	I	II	III
타격 횟수 _____	2	2	2
칩콜대의 이동거리, 인치 _____	3	3	1.5
칩콜대의 총 중량 (파운드)	해머 낙하 높이 (피트)		
1 000 이하	0.75	1.75	1.75
1 000 - 2 000	1.0	2.0	2.0
2 000 - 3 000	1.25	2.25	2.25
3 000 - 3 500	1.5	2.5	2.5
3 500 - 4 000	1.75	2.75	2.75
4 000 - 4 200	2.0	3.0	3.0
4 200 - 4 400	2.0	3.25	3.25
4 400 - 4 600	2.0	3.5	3.5
4 600 - 4 800	2.25	3.75	3.75
4 800 - 5 000	2.25	4.0	4.0
5 000 - 5 200	2.5	4.5	4.5
5 200 - 5 400	2.5	5.0	5.0
5 400 - 5 600	2.5	5.5	5.5
5 600 - 6 200	2.75	5.5	5.5
6 200 - 6 800	3.0	5.5	5.5
6 800 - 7 400	3.25	5.5	5.5

6.6 염수분무

MIL-STD-810에 따라 시험 하였을 때 적합하여야 한다. 단, 조명의 설치 장소에 따른 염수분무에 대한 요구사항이 적용되지 않을 때는 생략 할 수 있다.

염수는 달리 확인되지 않았다면, $5 \pm 1\%$ 의 염수농도를 사용한다. 지속 시간은 최소 염수 표준 노출 48시간 및 건조 48시간으로 한다. 염수 노출 24시간 및 건조 24시간 2주기(건조 2회 및 습윤 2회)로 한다. 적절하다면 주기수를 추가 할 수 있다. 챔버 조건은 온도 $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 상대습도 50 % 이하로 한다. 시험 전 및 종료 후 6.1.4 절연저항 및 성능시험을 실시하고, 시험 완료 후 시험품에 이상이 없어야 한다.

6.7 온도상승

KS C IEC 60092-306에 따라 시험하였을 때 적합하여야 한다.

등기구가 열적으로 가장 부담을 주는 조건으로 정격전압의 1.06배의 시험전압을 공급하여 동작 시키며, 측정부위의 온도가 일정하게 되었을 때 까지 시험하여 측정한다.

최대온도상승은 사람의 접촉이 가능한 표면의 경우 60 °C 이하, 전선이나 접속용 단자의 온도는 40 °C이하를 만족하고, 시험 완료 후 외관검사 및 6.1.4 절연저항 및 6.1.5 절연내력 요구사항을 만족해야 한다.

6.8 습도

MIL-STD-810의 시험방법 507에 따라 시험하였을 때 만족하여야 한다.

시험에 대한 주기(시간) 및 적용 온도는 해당 함정에 따라 달라 질 수 있다. 기본적으로 작동과 보관 모드로 나뉘어 그림 10과 같이 1주기 48시간으로 최소 5주기 시험한다. 시험 중 이상이 없고, 완료 후 정상 동작을 확인 후 6.1.4 절연저항 및 6.1.5 절연내력 요구사항을 만족해야 한다.

6.9 저온

MIL-STD-810의 시험방법 502에 따라 시험하였을 때 만족하여야 한다.

시험에 대한 주기(시간) 및 적용 온도는 해당 함정에 따라 달라 질 수 있다. 기본적으로 작동과 보관 모드로 나뉘어 시험한다.

시험은 1주기 24시간으로 총 2주기 시험을 한다. 작동 모드에서 (-21 °C ~ -33 °C) ± 2 °C를 1주기 시험하고, 보관 모드에서 (-25 °C ~ 0 °C) ± 2 °C를 1주기 시험한다. 시험 중 이상이 없고, 완료 후 정상 동작을 확인 후 6.1.4 절연저항 및 6.1.5 절연내력 요구사항을 만족해야 한다.

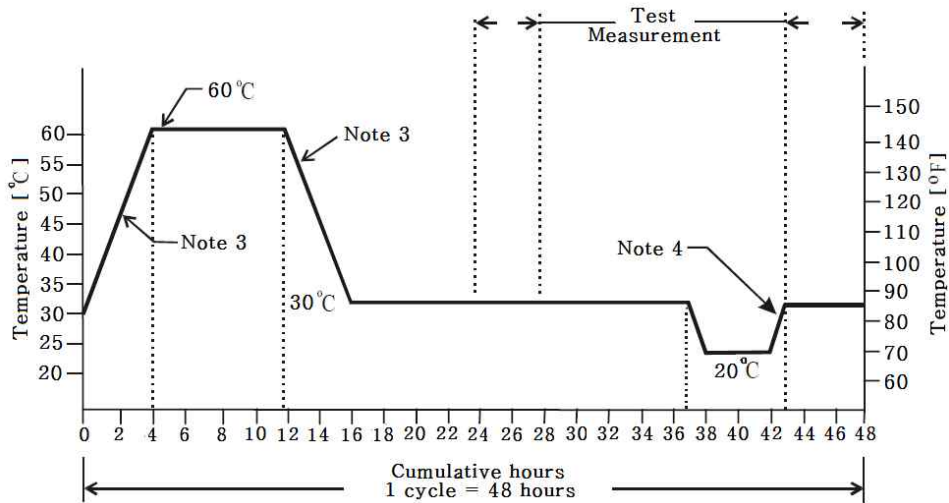


그림 10 가중 온습도 주기

Fig. 10 Aggravated temperature-humidity cycle

- Note) 1. 온도변화는 3 °C를 넘지 않는 편차를 사용할 것
 2. 하강 온도 기간 중 상대습도가 85 % 까지 떨어질 수 있다는 것을 제외 하고, 모든 시간에 (95±4) %로 상대습도 유지.
 3. 시간 당 최소 8 °C의 30 °C와 60 °C 사이의 온도 변화율 사용.
 4. 시간 당 10 °C 이하인 곡선을 이 지점에서 증가하는 온도로 사용하지 말 것.

6.10 고온

MIL-STD-810의 시험방법 501에 따라 시험하였을 때 만족하여야 한다. 시험에 대한 주기(시간) 및 적용 온도는 해당 함정에 따라 달라 질 수 있다. 기본 적으로 작동과 보관 모드로 나뉘어 시험한다. 시험은 1주기 24 시간으로 총 7주기 시험을 한다. 작동 모드에서 (30 °C ~ 43 °C) ± 2 °C를 3주기 시험하고, 보관 모드에서 (30 °C ~ 63 °C) ± 2 °C를 4주기 시험한다. 시험 중 이상이 없고, 완료 후 정상 동작을 확인 후 6.1.4 절연 저항 및 6.1.5 절연내력 요구사항을 만족해야 한다.

6.11 난연성

난연성의 경우 IACS E 10에 따라 시험 하였을 때 적합하여야 한다. 전기가 통하는 부분이나 SELV 부분을 지지하는 부분, 감전을 방지하기 위해 사용된 절연재는 난연성을 가지고 있어야 한다. 하기 시험 중 1가지를 선택하여 안전성 여부를 판단한다.

*SELV (Safety extra low voltage)

- 연소시험

준비된 시편 (120 X 10 X 3) mm에 시험장비를 이용하여 15초 불꽃인가 15초 대기 5회 실시 하여 60 mm 이상의 불에 탄 자국 또는 손상부분이 있어서는 안 된다.

- 바늘 불꽃(Needle-flame) 시험

등기구의 전기가 통하는 부분을 지지하는 절연재에 대하여 시험한다. 시험장비를 이용하여 30초 동안 시료에 불꽃을 인가 불꽃제거 후 30초 이내에 불꽃이 연소되어야 한다. 시료가 타서 떨어지는 부분으로 인하여 200 mm 하단의 티슈에 불이 붙어서는 안 된다.

6.12 전원변동 및 전원고장

전원변동시험은 인가된 전원이 표 9과 같이 변동할 때 시험품의 작동상태를 확인 한다. 시험 후 시험품에 이상이 없으며, 지정된 작동을 행하여야 한다.

표 9 전원변동

Table 9 Variation of power source

조합	전압변동[%]	주파수변동[%]
1	+6	+5
2	+6	-5
3	-10	-5
4	-10	+5
	전압변동[%](1.5초)	주파수변동[%](5초)
5	+20	+10
6	-20	-10

전원고장시험은 인가된 전원을 5분 동안 3회 차단할 때(1회의 차단시간 30초), 시험품의 작동상태를 확인한다. 전원상실시 또는 전원회복 후 시험품의 사양에 따라 정상동작 하여야 한다.

7. 성능요구사항

LED 등기구의 성능 요구조건에 명기된 하기 시험은 100시간 에이징 후 측정하여 적합하여야 한다. 에이징 조건은 등기구의 최대 사용 온도 또는 해당 함정의 요구사항에 따른다.

7.1 입력전력 및 입력전류

정격전압 및 정격주파수를 인가하여 입력전력 및 입력전류를 측정한다. 측정값은 표시값의 $\pm 10\%$ 이내이어야 한다.

7.2 역률

역률은 0.9 이상이어야 한다. 단 5 W 이하는 0.85 이상이면 된다. 역률은 다음과 같이 계산한다.

$$\text{역률} = \frac{\text{측정 입력전력}}{\text{정격전압} \times \text{측정 입력전류}}$$

7.3 초기광속

KS C 7653에 따라 시험 하였을 때 적합하여야 한다. 초기 광속은 정격 광속의 95 % 이상이어야 한다.

7.3 광효율 및 색온도

KS C 7653에 따라 시험 하였을 때 다음에 적합하여야 한다. 광효율은 하기 조건에 만족 하여야 한다.

- 10 W 이하는 55 lm/W 이상
- 10 W 초과 30 W 이하는 60 lm/W 이상
- 30 W 초과 60 W 이하는 65 lm/W 이상
- 60 W 초과 100 W 이하는 70 lm/W 이상
- 100 W 초과 300 W 이하는 75 lm/W 이상

위의 광효율을 만족하는 LED 등기구는 발광면을 육안으로 바라보았을 때, 휘도 차이를 느낄 수 없어야 한다. 위의 조건을 만족하는 함정용 등기구의 세부 조건은 표 10 및 표 11에 만족하여야 한다.

표 10 방수 노출형 LED 등기구 효율 기준

Table 10 Efficiency standard of a watertight surface type LED luminaire

소비전력[W]	총광속[lm]	색온도[K]	빔각[°]
30 이하	1 800 ~ 2 100	5 500 ± 500	115 이상
40 이하	2 600 ~ 2 800	5 500 ± 500	115 이상
5 이하	40 ~ 60		100 이상

- * LED 및 전원장치는 30 W 이하는 2회로, 40 W 이하는 3회로로 구성한다.
- * 홍등을 포함하는 LED 등기구는 35 W이하로 제작하여야 하며, LED 및 전원장치는 독립회로로 구성한다.
- * 홍등의 파장은 630 nm ± 30 nm

표 11 비방수 매입형 LED 등기구 효율 기준

Table 11 Efficiency standard of a non-watertight flush type LED luminaire

소비전력[W]	총광속[lm]	색온도[K]	빔각[°]
25 이하	1 500 ~ 1 700	5 500 ± 500	115이상
30 이하	2 000 ~ 2 200	5 500 ± 500	115이상
5 이하	40 ~ 60		100이상

- * LED 및 전원장치는 25 W 이하는 2회로, 30 W 이하는 3회로로 구성한다.
- * 홍등을 포함하는 LED 등기구는 30 W이하로 제작하여야 하며, LED 및 전원장치는 독립회로로 구성한다.
- * 홍등의 파장은 630 nm ± 30 nm

8. 내구성 요구사항

내구성 시험은 하기 순서대로 시험한다. 모든 시험 후 LED 등기구는 점등 시험을 실시하여 정상 동작을 확인하여야 한다.

8.1 광속유지율

KS C 7653에 따라 시험하였을 때 적합하여야 한다. 정격전압에서 2 000 시간(성능 요구사항의 에이징 100시간 포함) 에이징 후 초기광속 측정값에 90 % 이상이어야 한다.

8.2 열 충격

KS C 7653에 따라 시험하였을 때 적합하여야 한다. 등기구를 미 점등 상태로 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 1시간 동안 방치 후 즉시 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 온도에 1시간 동안 방치 한다. 이 과정을 5회 반복 한다. 시험 후 등기구는 정상 점등되어야 한다.

8.3 개폐시험

KS C 7653에 따라 시험하였을 때 적합하여야 한다. 등기구에 정격전압을 인가 후 30초 On, 30초 Off하는 조건을 1회로 하여, 수명보증시간의 1/2에 해당하는 회수를 반복한다(예, 정격수명보증시간이 2만 시간, 시험 회수 : 1만회). 시험 후 등기구는 정상 점등되어야 한다.

