



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

선박용 LED 등기구의 적용에 따른
경제성 분석

Economic Analysis on the Application
of Shipboard LED Luminaires



2016年 02月

韓國海洋大學校 大學院

電氣電子工學科

卞 盛 煥

本 論文을 卞盛煥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 金 一 權 ㉠



2015年 12月

韓國海洋大學校 大學院

電氣電子工學科

卞 盛 煥

목 차

목 차	i
그림 및 표 목차	iii
Abstract	v
제 1 장 서 론	1
제 2 장 선박 조명	3
2.1 선박 전원시스템	3
2.2 선박용 등기구	4
2.3 LED 등기구	12
제 3 장 경제성 분석	17
3.1 실습선	21
3.2 함정	34
3.3 비교 분석	40
제 4 장 결 론	42
참 고 문 헌	43

그림 및 표 목차

<그림 목차>

그림 2.1	전원 계통도	3
그림 2.2	선박용 등기구 분류	5
그림 3.1	시뮬레이션	20
그림 3.2	손익분기점 (실습선)	29
그림 3.3	Bridge 구역 전원 계통도	31
그림 3.4	손익분기점 (함정)	39



<표 목차>

표 1.1	선박용 LED 등기구 사업화 현황	2
표 2.1	백열등기구 종류	6
표 2.2	형광등기구 종류	7
표 2.3	항해등 종류	8
표 2.4	신호등 종류	9
표 2.5	투광등 종류	10
표 2.6	탐조등 종류	11
표 2.7	LED 등기구 종류	14
표 2.8	LED 투광등 및 탐조등 종류	16
표 3.1	등기구의 수명	18
표 3.2	등기구별 광속	18
표 3.3	구역별 등기구 종류	22
표 3.4	Main deck 구역 LED 등기구 종류	23
표 3.5	등기구 비용 (실습선)	24
표 3.6	LED 등기구 비용 (실습선)	25
표 3.7	등기구 교체 비용 (실습선)	26
표 3.8	LED 등기구 교체 비용 (실습선)	26
표 3.9	연간 유류비 (실습선)	27
표 3.10	연간 탄소배출량 (실습선)	30
표 3.11	등기구별 전선 단면적	32
표 3.12	KS C IEC 60227-3 공칭 단면적	33
표 3.13	등기구 종류	34
표 3.14	LED 등기구 종류 (함정)	34

표 3.15	등기구 비용 (합정)	35
표 3.16	LED 등기구 비용 (합정)	35
표 3.17	등기구 교체 비용 (합정)	36
표 3.18	LED 등기구 교체 비용 (합정)	36
표 3.19	연간 유류비 (합정)	37
표 3.20	연간 탄소배출량 (합정)	40
표 3.21	선박별 비교	40



Economic Analysis on the Application of Shipboard LED Luminaires

by Sung-Hwan Byun

Department of Electrical & Electronics Engineering
The Graduate School of Korea Maritime and Ocean University
Busan, Republic of Korea



Abstract

This thesis dealt with the economic analysis on the application of shipboard LED (Light Emitting Diode) luminaires to replace incandescent and fluorescent lamp, which account for over 80 % of light source on a training and a naval vessel. The saving rate of power consumption, initial investment, maintenance and management cost, and cost of fuel were analyzed. The break-even points and the CO₂ emissions were also calculated. For the training vessel, the initial investment was increased by 3.8 times, while 51 % of the maintenance and management cost for five years was reduced. When 40 %, 50 %, and 60 % of luminaires were turned on, the calculated break-even

points were 11 months, 9 months, and 7 months, respectively. On the other hand, the initial investment was increased by 3.5 times and the maintenance and management cost for five years was saved by 55% for the naval vessel. The break-even points were calculated as 15 months, 12 months, and 10 months, respectively. Moreover, the CO₂ emissions of the training and the naval vessel were reduced by 69% and 65%, respectively.

From the result, it was revealed that the maintenance and management cost can be saved more than 50%, and the power consumption, cost of fuel, and CO₂ emissions can be reduced more than 65% if LED luminaires are applied on of two types of vessels.



제 1 장 서 론

21세기 최고의 기술 혁신으로 대두되고 있는 LED(Light Emitting Diode) 조명산업은 기존의 저효율 광원에 대한 대체 솔루션이며, 2000년대부터 친환경, 장수명 및 고효율의 슬로건으로 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 점차 LED조명의 효율과 수명이 증가하고, 수요급증으로 공급이 늘어나면서 가격이 낮아졌다. 이로 인해 육상용 LED 등기구는 관공서나 공공기관을 중심으로 활발하게 적용하고, 빠른 속도로 기존 저효율 광원을 대체하고 있다. 이와 대조적으로 선박에서는 여전히 백열램프(Incandescent lamp, IL), 할로겐 램프(Halogen lamp), 형광램프(Fluorescent lamp, FL), 메탈 할라이드 램프(Metal halide lamp, MHL), 고압나트륨 램프(High pressure sodium lamp, HPS) 및 제논 램프(Xenon lamp) 등의 광원을 사용한다. 이러한 광원은 대부분 유리로 구성되어 있어, 선박의 롤링(Rolling)과 피칭(Pitching)으로 인한 진동 및 충격의 발생으로 수명이 저하된다. 하지만 LED 등기구는 진동 및 충격에 대해 내구성이 높아, 장수명이 보장되어 유지관리에 용이하다. 이러한 이유로 일부 선박 조명 업체는 기존 등기구를 대체하고자 선박용 LED 등기구에 대한 규격을 적용하는 연구개발이 이루어지고 있다. 그 중 실증을 통해 선박용 LED 등기구의 적용이 표 1.1과 같이 점진적으로 일부 상선 및 함정에서 적용하고 있으며, 이에 따라 LED 등기구의 적용효과에 대한 경제성 분석이 필요하다^{[1]-[3]}.

본 논문에서는 지금까지 해양산업분야에서 한 번도 시도되지 않은 기존 등기구를 대체하는 LED 등기구의 적용효과를 정량적으로 제시한다. 기존 선박 조명계통과 조명기구의 특성을 분석하고, 현재 개발되어 있는 LED

등기구의 대체범위를 설정하여 소비전력을 낮추고 발전기에 소모되는 연료의 비용과 등기구 수명의 차이로 유지관리비용을 산출함으로써 손익분기점을 확인할 수 있으며, 전 세계적인 CO₂ 배출량 감소의 환경규제 정책에도 부합한다. 그리고 선박의 구역을 선정하여 각 등기구를 적용했을 경우, 전압강하 계산을 통해 전선의 단면적을 선정하여 설치되는 전선 비용을 절감할 수 있다.

표 1.1 선박용 LED 등기구 사업화 현황

Table 1.1 Commercialization status of shipboard LED luminaires

항 목	사업화 현황
LED 방수등	<ul style="list-style-type: none"> ○ 13,900 TEU CONTAINER SHIP <ul style="list-style-type: none"> - 10척 적용 (23억원) ○ 156,000 DWT LIGHTERING TANKER <ul style="list-style-type: none"> - 2척 적용 ○ KOTC OIL TANKER <ul style="list-style-type: none"> - LED 직관형 램프 / 침대등 534개 적용 ○ 차기상륙함 (LST) <ul style="list-style-type: none"> - 7,463개 적용 ○ 말레이시아 군함 <ul style="list-style-type: none"> - 2척으로 척당 723개 적용
LED 방폭등	<ul style="list-style-type: none"> ○ RORO CARRIER <ul style="list-style-type: none"> - 6척으로 척당 1141개 적용 (31.2억원)
LED 작업등 / 투광등	<ul style="list-style-type: none"> ○ 어업지도선 무궁화 2호 <ul style="list-style-type: none"> - LED 작업등 / 투광등 외 413개 적용

제 2 장 선박 조명

2.1 선박 전원시스템

선박의 전력 계통의 규정과 지침은 한국선급(Korean register of shipping, KR)에서 규정하고 인증하며 전력계통 구성은 각각의 규칙에서 적용되는 요구조건을 근거로 설계한다. 실습선(한나라호)의 전원 계통을 그림 2.1로 나타내었다.

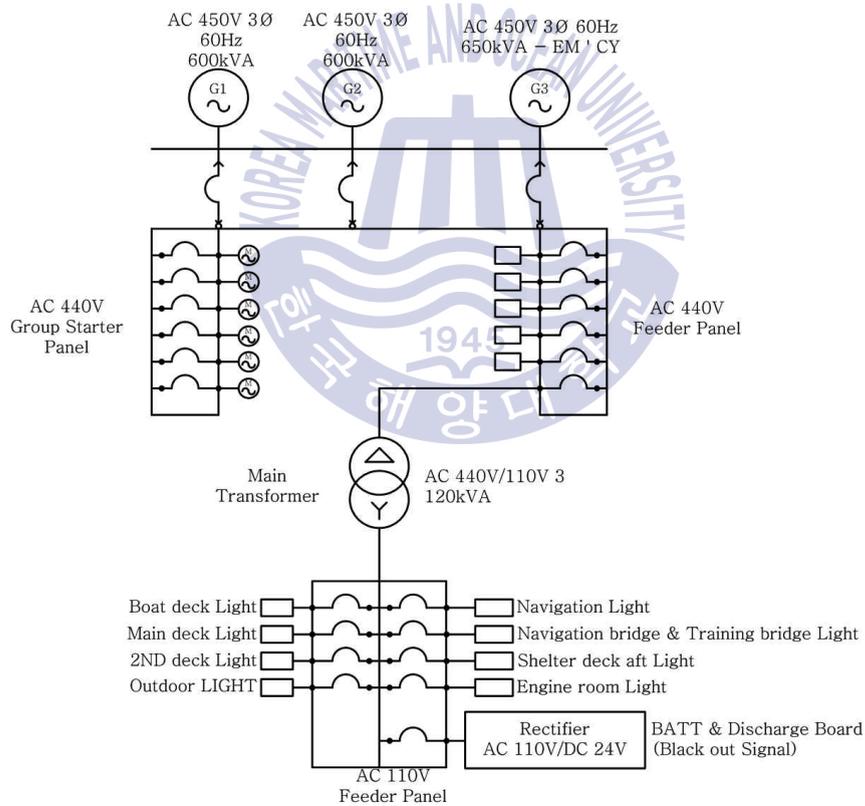


그림 2.1 전원 계통도

Fig. 2.1 Diagram of a power system

선박의 전력계통은 AC 110 V, 220 V 및 440 V 와 DC 24 V를 사용한다. 실습선의 경우, 평상시 G1 및 G2의 2개 발전기가 병렬로 연결되어 AC 450 V 발전한다. 그리고 발전된 전력은 AC 440 V Group starter Panel을 통해 Main Engine이 시동하기 위한 연료 및 냉각수 펌프 등과 같이 동력 기기와 AC 440 V Feeder Panel을 통해 에어컨과 Bow Thruster를 작동한다. 나머지 G3 발전기는 650 kVA로 선박의 비상시 운항에 필수적인 장치에 전력을 공급한다. 그리고 DC 24 V는 축전지에 충전하여 비상 통신 및 조명기기에 전력을 공급한다. 실습선의 등기구 전원은 AC 110 V Feeder Panel을 통해 각 구역별 실내·외 등기구에 전력을 공급한다. 그리고 정류기를 통해 DC 24 V는 평상시 축전지에 연결하여 충전을 하고, 긴급 상황이나 발전기가 정지하는 Black Out이 발생하면 축전지를 통해 비상조명 및 신호등이 작동한다.

2.2 선박용 등기구

선박용 등기구는 환경적인 특성에 대한 KS V 8427, KS C 7653 및 KS C IEC 60598-1을 만족하도록 설계되어야한다. 실외 등기구는 IP 56을 만족하도록 방진, 방수 성능을 향상시켜 적용한다^[4]. 선박용 등기구는 일반 조명, 신호조명 및 특수조명으로 구분되고 이는 백열등기구, 형광등기구, 항해등, 신호등, 투광등 및 탐조등으로 용도에 따라 분류한다. 등기구의 분류를 그림 2.2에 나타내었다.



그림 2.2 선박용 등기구 분류

Fig. 2.2 Classification of shipboard luminaires

가. 일반조명

선박의 실내·외 조명으로 백열램프와 형광램프를 사용한다.

① 백열등기구(Incandescent luminaires)

광원의 원리는 필라멘트에 전류가 흘러 수백도로 가열하여 열 진동에 의해 빛을 방사한다. 연색성이 100에 근접하지만, 15lm/W 이하의 저효율 이므로 전 세계적으로 백열램프의 퇴출이 단계적으로 시행되고 있다. 국내에서 2014년부터 생산과 수입이 전면 중단되면서 백열램프의 수요가 많은 선박에서 이를 대체할 수 있는 LED를 이용한 조명의 개발이 진행 중이다^{[5]-[8]}. 실습선에 적용하는 백열등기구를 표 2.1에 나타내었다.

표 2.1 백열등기구 종류

Table 2.1 Types of incandescent luminaires

정격 전압	광 원	용 도	비 고
AC 110 V	IL 60 W	- 통로 및 화장실 등 실내·외 사용.	 <현측등>  <다운라이트>
DC 24 V	IL 60 W	- 비상 통로에 사용. - Black Out시 축전지를 통해 점등.	 <비상등>

② 형광등기구(Fluorescent luminaires)

형광램프는 백열램프와 달리 유리관에 수은을 봉입한다. 광원의 점등 방식은 양극의 필라멘트를 예열하고 안정기를 통해 승압된 전압이 전극사이에서 글로우 방전을 일으켜 증발된 수은이 자외선을 발생시켜 유리벽 내부의 도포된 형광물질에서 빛을 방출한다. 광원의 종류는 직관형, 환형 및 U자형 등 많은 형태가 있으며, 모두 동일한 원리로 점등한다^{[9],[10]}. 백열등기구와 비교하여 낮은 연색성을 나타내지만, 광효율은 80 lm/W 이하로 높고 방전을 통해 점등되기 때문에 안정기를 반드시 포함한다. 육상조명에서는 고효율 반사판을 적용하여 매입등으로 많이 사용하고 있으나,

선박에서는 외부환경으로 인해 밀폐형 기구를 적용하여 먼지와 수분의 접촉을 차단하고 안전사고를 방지한다^[11]. 실습선에 적용하는 형광등기구를 표 2.2에 나타내었다.

표 2.2 형광등기구 종류
Table 2.2 Types of fluorescence luminaires

정격 전압	광 원	용 도	비 고
AC 110 V	FL 26 W×1 FL 26 W×2	- 매입등과 노출등으로 실내·외 사용.	 <매입등>
	FL 48 W×1 FL 48 W×2		 <노출등>
	FPL 8 W	- 침대등, 책상등으로 사용.	 <침대등>

나. 신호조명

선박의 정박이나 운항에 필요한 등화장치로 색을 나타하기 위해 유색 외함을 사용하고, 육안으로 쉽게 확인할 수 있도록 특수 성형한 렌즈형 글로브로 휘도를 높여 먼 곳에서도 식별이 용이하여 사고를 예방한다. 신호조명은 항해등과 신호등으로 나누어지며, 광원은 IL 20 W, 40 W 및 60 W를 사용한다^[12].

① 항해등(Navigation light)

어선, 상선 및 군함 등 모든 선박의 마스트나 현측, 선미에 설치되어 야간에 항해 시 충돌을 예방하기 위해 선박의 위치를 알리고 진로방향을 표시하기 위하여 사용한다. 항해등의 종류를 표 2.3에 나타내었다.

표 2.3 항해등 종류

Table 2.3 Types of navigation light

정격 전압	광 원	용 도	비 고
AC 110 V	IL 60 W	- 선박의 진로 방향이나 크기를 표시.	 <장등>  <현등>

② 신호등(Signal light)

선박 내 선원 및 작업자가 선박의 상태 및 현황을 보여주며, 작업 시 미리 인지하도록 하여 안전사고를 방지하고 선박의 운항불가나 비상시 신호등을 점등하여 타 선박이 이를 인지하고 주의하도록 하기 위해 사용한다. 그리고 선박 간 통신장비의 고장이나 기타 교신을 할 수 없는 경우, 발광신호기를 통해 교신을 한다. 신호등의 종류를 표 2.4에 나타내었다.

표 2.4 신호등 종류

Table 2.4 Types of signal light

정격 전압	광 원	용 도	비 고
AC 110 V	IL 20 W IL 40 W	- 경고용으로 사용하며 선원이나 작업자들이 육안으로 확인하여 사고를 예방.	 <경고등>
	IL 60 W	- 선박의 정박 상태를 외부에 나타내기 위해 사용.	 <정박등>
	IL 500 W	- 야외 발광신호기에 사용.	 <신호등>

다. 특수 조명

선박의 야간 운항 중 익수자 발생 등과 같이 위급상황이나, 헬기 이착륙 또는 입출항 작업구역에 빛을 조사하는 조명으로 사용한다.

① 투광등(Floodlight)

투광등에 적용되는 방전 램프로는 고압나트륨 램프와 메탈 할라이드 램프가 있으며, 이는 각각 나트륨 및 메탈 할라이드 가스가 봉입되어 있다. 글로우 방전으로 빛이 방출하는 형광등기구와 달리 안정기에서 승압된 전압으로 아크 방전을 일으켜 높은 전류가 흐르고 이로 인해 빛이 방출되는 원리다. 고압나트륨 램프의 광효율은 100 lm/W 이상으로 매우 높지만, 연색성이 떨어지는 단점이 있으며 입출항 시 선박의 선수와 선미 부분의 작업구역을 투광하고, 메탈 할라이드 램프는 비교적 높은 광효율과 연색성을 가져, 색을 구분할 수 있는 작업에 외부 투광등으로 사용한다^[13]. 투광등의 종류를 표 2.5에 나타내었다.

표 2.5 투광등 종류
Table 2.5 Types of floodlight

정격 전압	광 원	용 도	비 고
AC 110 V	HPS 400 W	- 입출항이나 외부 작업 시 실외작업등으로 사용.	 <투광등>
	MHL 400 W		

② 탐조등(Searchlight)

빛을 멀리 조사하여 협수로나 운하 통과 시 선박의 안전 운항 및 인명 구조 활동에 사용한다. 탐조등에 적용하는 광원으로 할로겐 램프와 제논 램프가 있으며, 할로겐 램프는 텅스텐 필라멘트를 사용하기 때문에 백열 램프와 동일한 광원의 특성을 가지며, 할로겐 가스를 봉입하여 외벽간 온도차이로 할로겐 사이클을 형성하여 백열램프 대비 높은 수명을 가진다. 제논 램프는 내부에 제논 가스를 봉입하여 방전으로 스펙트럼(Spectrum)을 얻는다. 이는 태양광과 비슷하여 해상의 부유 물체 식별에 적합하다 [14]-[16]. 탐조등의 종류를 표 2.6에 나타내었다.

표 2.6 탐조등 종류
Table 2.6 Types of searchlight

정격 전압	광 원	용 도	비 고
AC 110 V	Halogen lamp 3 kW	서치 라이트 용도로 쓰임.	 <Halogen 탐조등>
	Xenon lamp 1 kW	<ul style="list-style-type: none"> - 태양광과 같은 연색성을 가짐. - 해상 부유 물체 식별에 용이. 	 <Xenon 탐조등>

2.3 LED 등기구

LED는 반도체의 물질에 따라 점등색이 달라지며, 수은을 사용하지 않아 친환경적인 소자이다. 점등원리는 AC 110 V 및 220 V를 인가하면, 정류기를 통해 AC에서 DC 전압으로 전력을 변환하여 광원부에 인가한다. 그리고 PN접합(P: 정공, N: 전자)의 반도체인 LED 광원부에 전자가 정공으로 결합한다. 이때 전자들은 다시 가전자대역의 정공과 재결합하여 에너지 갭만큼의 에너지를 빛으로 방출하여 점등한다^[17]. LED는 DC로 점등하므로 AC / DC 정류기인 SMPS(Switching Mode Power Supply)가 필요하며, 이로 인해 전자파 장애가 발생한다. 이에 따라 진동시험의 규격인 KS X IES 60945 및 적합성(EMC)의 KS C CISPR 15를 만족하여야 한다^{[18],[19]}. 이러한 규격을 적용하여 내구성 및 안정성을 실증하는 사례가 늘어나고 있다^{[20]-[22]}.

선박용 LED 등기구로 LED Bulb, LED 직관형 램프, LED 평판(Flat), LED 투광등 및 LED 탐조등이 있으며, 기존 등기구의 광학적 성능을 만족한다. 실외에 적용하는 LED 등기구는 기존 등기구와 마찬가지로 IP 56을 만족하도록 설계되며, 고효율 및 장수명으로 80 lm/W 이상의 광효율과 35,000시간의 수명을 나타내어 기존 등기구를 대체한다. 육상 LED 조명은 일반적으로 50,000시간의 수명을 보장하지만, 선박의 환경적 특성인 염분 및 습도로 인해 국방규격에서 LED 등기구의 수명을 명시하고 있다. 그리고 LED를 구동시 정격 전류를 인가하면 접합 온도가 상승하고 이때 접합 온도가 기준치보다 상승할수록 순방향 전압 및 광출력이 낮아지고 이로 인해 수명이 저하된다. 이는 기존 등기구와 달리 열에 취약한 LED는 접합 온도를 낮추고 장수명을 보장하기 위해 LED 등기구의 출력에 따라 공랭식인 방열판 또는 수랭식인 워터재킷(Water jacket)을 이용한 방열시스템을 적용한다.

가. 일반조명

일반조명에서 백열 및 형광등기구의 기존 외함을 활용하는 LED Bulb와 LED 직관형 램프가 있으며, LED 등기구의 방열성능이 확보된다면, 경량화 소형화로 광원과 외함의 일체형이 가능하다. 이러한 외함과 일체형 등기구로 LED 평판과 다운라이트 등이 있으며, 매입 등기구를 대체한다. LED Bulb는 방열판에 LED를 배열하고 확산시트를 덮으며 방열판 내부 공간에 SMPS가 고정되는 구조이며, 기존 등기구의 외함을 적용하기 위해 백열램프와 같이 치수 및 베이스(Base)를 동일하게 한다. 그리고 백열램프와 동일한 색온도를 나타내기 위해 적백색(Warm white) LED Package를 적용하며 50 % 이상의 소비전력을 절감한다. LED 다운라이트는 일반적으로 기존 백열램프를 사용하는 매입형 다운라이트 외함에 LED Bulb를 적용한 형태와 외함을 소형화하여 LED 모듈(Module)을 적용한 일체형이 있다. 일체형 LED 다운라이트는 눈부심을 억제하기 위해 아크릴을 이용한 유백색 확산판을 적용하였으며, LED 모듈과 확산판 사이에 일정한 높이를 두어 빛을 직접 조사하여 확산시키는 직하형과 확산판의 테두리에 LED가 빛을 조사하여 빛을 확산시키는 엣지형(Edge type)이 있다. LED 직관형 램프는 방열판에 LED를 배열하고 확산시트를 덮는 구조로 형광램프와 치수가 동일하여 기존 매입 및 노출형광등기구의 외함을 활용하여 대체한다. 그리고 LED 평판은 실내 매입형광등기구를 대체하며, 다운라이트와 마찬가지로 LED 모듈에 확산판을 적용하는 일체형 등기구이다. LED 등기구의 종류를 표 2.7에 나타내었다.

표 2.7 LED 등기구 종류
Table 2.7 Types of LED luminaires

광 원	용 도	비 고
LED 8 W	- IL 대체 LED 등기구.	 <현측등>  <다운라이트>
LED 10 W×1 LED 10 W×2	- FL 대체 LED 직관형 램프.	 <매입등>
LED 20 W×1 LED 20 W×2		 <노출등>
LED 18 W LED 40 W	- FL 매입등 대체 LED 평판.	 <LED 평판>

나. 특수조명

특수조명에서 기존 고압나트륨 램프 및 메탈 할라이드 램프 투광등과 제논 및 할로겐 램프 탐조등을 대체하는 LED 투광등 및 탐조등이 있으며, LED 투광등은 공랭식 방열판에 고출력 COB 또는 LED Package 및 렌즈 또는 반사갓을 적용한다. 일반적으로 점광원을 사용하는 기존 등기구와 달리 직하광원으로 렌즈 또는 반사판을 사용하여 원하는 배광제어를 구현할 수 있다. 이로 인해 소비전력과 광속이 낮지만, 기존 조명의 배광을 동일하게 구성 또는 작업구역에 필요한 조도를 효과적으로 분배할 수 있다. 마찬가지로 빛을 멀리 조사하기 위해 고출력 광원을 사용한다. LED 투광등은 메탈 할라이드 램프 대비 높은 광효율과 배광제어를 나타내며, 순시점등이 가능하여 효과적으로 대응하고, 고압나트륨 램프와 비교하여 동일한 광효율을 나타내지만, 높은 연색성을 가지고 있어, 일부 작업구역에서 다양한 구역으로 적용이 가능하여 활용성을 높인다. LED 탐조등은 고출력 LED Package에 일체형 렌즈를 적용한 구조이다. 점등 시 제논 램프와 비교하여 응답속도가 빨라, 긴급 상황에 빠르게 대처가능하다. 마찬가지로 탐조등 특성상 빛을 멀리 조사하여야하므로 LED에 렌즈 또는 반사판을 이용하여 집광도를 높여 기존 탐조등의 광학적 성능을 만족한다. 그리고 기존 투광등 및 탐조등과 동일한 외함을 사용하므로 선박의 실외에 적용하기 적합한 IP 56을 만족한다. LED 투광등 및 탐조등의 종류를 표 2.8에 나타내었다.

표 2.8 LED 투광등 및 탐조등 종류

Table 2.8 Types of LED floodlight and searchlight

광 원	용 도	비 고
<p>LED 50 W LED 80 W</p>	<p>- MHL 및 HPS 투광등 대체 LED 투광등.</p>	 <p><LED 투광등></p>
<p>LED 150 W</p>	<p>- 제논 및 할로겐 램프 대체 LED 평판.</p>	 <p><LED 탐조등></p>

제 3 장 경제성 분석

선박의 전체 전력에서 조명이 차지하는 부하는 일부분이지만, 대체 했을 시 절감효과가 크고, 조명 부하 중 백열등기구와 형광등기구가 차지하는 비중이 80%이상이므로 매우 높기 때문에 이를 기준으로 분석하였다. 백열등기구는 저항 손실만 있어 실질적인 소비전력과 정격 전력이 동일하지만, 형광등기구는 안정기를 포함하므로 안정기 손실이 있다. 형광등기구의 안정기는 점등 정상상태에서 FL 40 W는 48 W와 FL 20 W은 26 W로 나타내며, 이를 산출에 반영하였다. 항해 및 신호등은 백열램프에 적합한 프레넬(Fresnel) 렌즈를 사용하므로 LED 벌브로 광학적 특성을 만족하기 어렵다. 따라서 해당 등기구의 대체를 제외하여 실습선과 함정(ATS)을 대상으로 비교 분석하였다.

경제성 분석을 하기 위해 선박용 등기구의 부하설비분석과 초기투자비용, 운용비용인 유지관리비용 및 소비전력에 따른 유류비를 산출하였다. 이때 선박 운용 시, 창고 및 빈 격실은 항시 점등하지 않는 것과 같이 선박 전체의 등기구를 모두 사용하지 않으므로 등기구의 40%, 50% 및 60% 점등율을 운영비용 및 손익분기점의 산출에 반영하였다. 각 선박별 등기구에 대한 소비전력인 부하설비와 선박의 운용시간 및 등기구의 수명에 따라 교체한 비용인 유리관리비용을 산출하였다. 선박용 등기구의 수명은 국제전기기술위원회(International electrotechnical commission, IEC)에서는 조명의 수명에 대해 초기광속의 70%라고 규정하고 있다. 이에 따라 선박에서 기존 등기구와 LED 등기구의 수명을 표 3.1에 나타내었다.

표 3.1 등기구의 수명

Table 3.1 Lifetime of luminaires

항 목	종 류	수 명 [hrs]
백열등기구	-	1,000
형광등기구	형광램프	4,000
	안정기	15,000
LED 등기구	-	35,000

유류비를 산출하기 위해 대부분의 선박은 발전기의 연료로 벙커C유를 사용하고 있으며, 실습선 및 함정에서도 동일한 연료를 사용하고 있다. 발전기는 벙커C유 기준으로 4.3kWh/ℓ의 효율을 가지고 있으며, 한국석유공사에서 2015년 7월 기준으로 벙커C유의 세전가격을 521원으로 책정하였다. 그리고 백열 및 형광등기구의 광학적 성능을 만족하는 LED 등기구를 선정하였으며, 각 등기구별 광속을 표 3.2에 나타내었다.

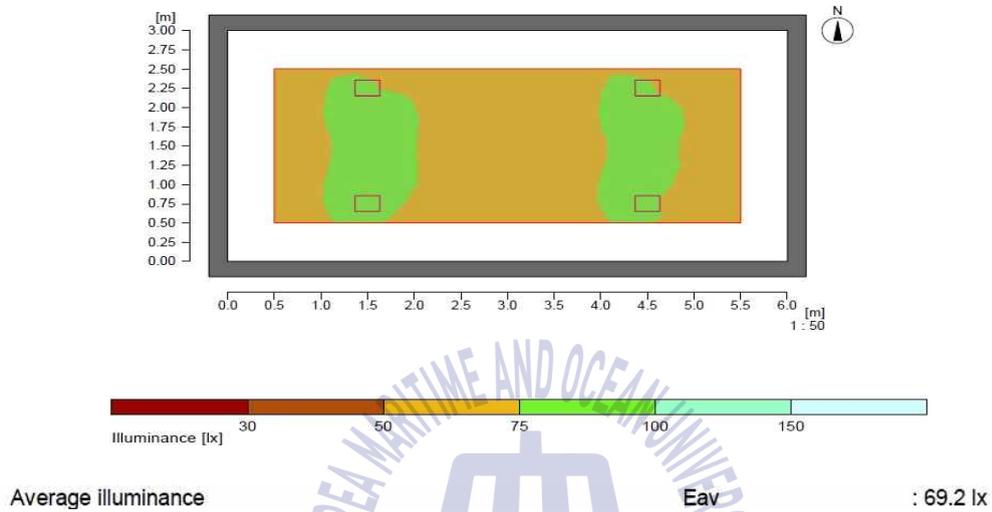
표 3.2 등기구별 광속

Table 3.2 Luminous flux by luminaires

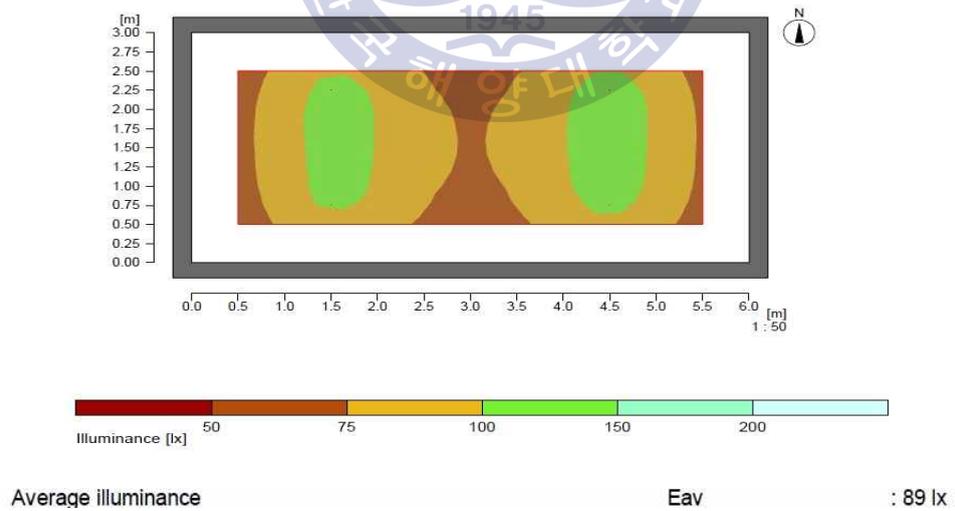
광 원	광 속 [lm]	광 원	광 속 [lm]
IL 60 W	700	LED 8 W	785
FL 26 W×2	1,840	LED 10 W×2	1,850
FL 48 W×2	3,600	LED 20 W×2	3,735

기존 등기구 대비 높은 광속을 나타내며, 백열등기구 및 형광등기구는 빛이 전반 확산하므로 반사갓을 적용하여 광효율을 높이며, 반면 LED 등기구는 직하 광원으로 모든 빛을 필요한 구역에 조사할 수 있다. 이때 기

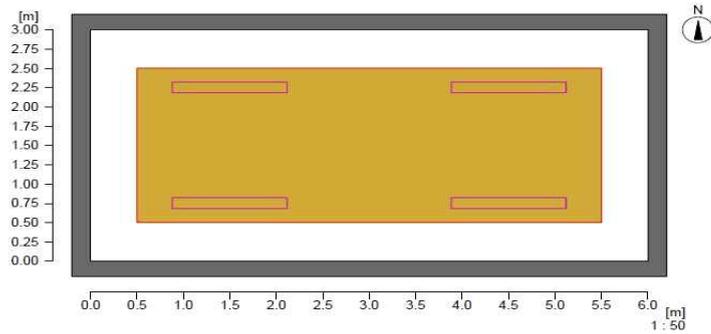
존 등기구 및 LED 등기구의 조도를 확인하기 위해 광학시뮬레이션을 그림 3.1과 같이 나타내었다.



(a) IL 60 W

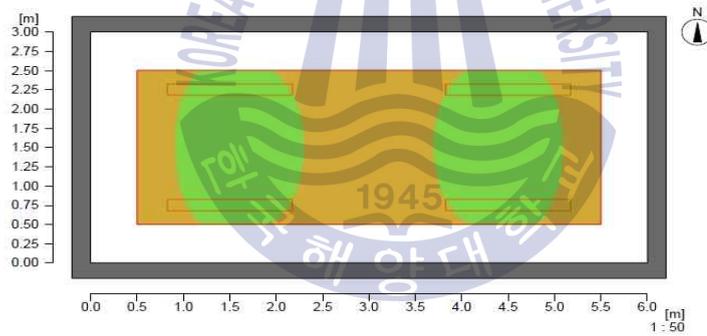


(b) LED 8 W



Average illuminance Eav : 416 lx

(c) FL 48 W×2



Average illuminance Eav : 494 lx

(d) LED 20 W×2

그림 3.1 시뮬레이션

Fig. 3.1 Simulation

동일한 공간 및 수량에서 기존 등기구 및 LED 등기구의 광학시뮬레이션 결과, IL 60 W 및 LED 8 W의 평균조도는 각 69.2 lx 및 89 lx이며, FL 48 W×2 및 LED 40 W의 평균조도는 각 416 lx 및 494 lx로 기존 등기구 대비 LED 등기구에서 높은 평균조도를 나타내었으며, 이는 광효율이 높은 LED 등기구의 특성으로 소비전력을 최대 90% 절감에도 불구하고 높은 광속을 나타내었다. 그리고 선정된 LED 등기구는 기존 등기구의 광학적 성능을 만족하였으며, 이를 대상으로 기존 등기구와 LED 등기구의 초기투자비용, 유지관리비용 및 유류비를 산출하였고 이를 바탕으로 손익분기점을 확인하였으며, 탄소배출량 및 전선의 단면적을 분석하였다.

3.1 실습선

가. 부하설비분석

실습선의 구역은 Bridge, Boat deck, Shelter deck, Main deck, 2ND deck 및 Engine room으로 나누어지며, 각 구역의 실내·외 조명으로 백열등기구 및 형광등기구가 배치되어 사용한다. 이러한 실습선의 구역별 기존 등기구의 종류 및 수량을 바탕으로 소비전력을 산출하여 표 3.3에 나타내었다.

표 3.3 구역별 등기구 종류

Table 3.3 Types of luminaires by area

구역	광원	수량[개]	총 소비전력 [W]
Navigation bridge, Training bridge	IL 60 W	8	480
	IL 20 W	2	40
Boat deck	IL 60 W	43	2,580
Shelter deck aft	IL 60 W	46	2,760
Main deck	IL 60 W	83	4,980
	IL 60 W	46	2,760
2ND deck	IL 60 W	46	2,760
	IL 40 W	2	80
Engine room	IL 60 W	17	1,020
Navigation bridge, Training bridge	FL 48 W×2	7	672
	FL 26 W×2	11	572
Boat deck	FL 48 W×2	14	1,344
	FL 26 W×1	3	78
	FL 26 W×2	17	884
Shelter deck aft	FL 48 W×2	32	3,072
	FL 26 W×1	16	416
	FL 26 W×2	34	1,768
Main deck	FL 48 W×2	51	4,896
	FL 26 W×1	101	2,626
	FL 26 W×2	56	2,912
2ND deck	FL 48 W×1	2	96
	FL 48 W×2	27	2,592
	FL 26 W×1	32	832
	FL 26 W×2	14	728
Engine room	FL 48 W×2	13	1,248
	FL 26 W×1	4	104
	FL 26 W×2	82	4,264
합 계		763	43,804

비율적으로 소비전력이 증가하므로 실습선의 전 구역 대신 기존 등기구

의 적용이 많은 Main deck 구역을 선정하였고, 기존 광원에 광학적 성능을 만족하는 LED 등기구를 동일한 수량으로 대체 한 결과를 표 3.4에 나타내었다. 이 때, 20 W, 40 W 및 60 W의 백열등기구를 8 W LED 등기구로 대체하고, 48 W를 20 W로, 26 W를 10 W로 각각 형광등기구에서 LED 등기구로 대체하였다.

표 3.4 Main deck 구역 LED 등기구 종류
Table 3.4 Types of LED luminaires in main deck

구역	광원	수량[개]	총 소비전력[W]
Main deck	LED 8 W	83	664
	LED 10 W×1	101	1,010
	LED 10 W×2	56	1,120
	LED 20 W×2	51	2,040
합계		291	4,834

Main deck의 구역에서 기존 등기구 및 LED 등기구의 소비전력은 각 15,414 W 및 4,834 W로 산출되었다.

나. 초기투자비용

전 구역에서 기존 등기구 및 LED 등기구의 가격을 반영하여 산출하였다. 이때, 시공 비용과 등기구의 외함은 동일하므로 비교대상에서 제외한다.

실습선의 등기구 종류별 가격을 바탕으로 기존 등기구와 LED 등기구의

단가와 초기투자비용을 각각 표 3.5과 표 3.6에 나타내었다.

표 3.5 등기구 비용 (실습선)

Table 3.5 Cost of luminaires (Training vessel)

광 원	수 량[개]	단 가[원]	비 용[원]
IL 60 W	243	1,000	243,000
IL 40 W	2	600	1,200
IL 20 W	2	300	600
FL 26 W×1	156	5,200	811,200
FL 26 W×2	214	6,400	1,369,600
FL 48 W×1	2	6,000	12,000
FL 48 W×2	144	8,200	1,180,800
합 계			3,618,400

표 3.6 LED 등기구 비용 (실습선)

Table 3.6 Cost of LED luminaires (Training vessel)

광 원	수 량 [개]	단 가 [원]	비 용 [원]
LED 8 W	247	8,500	2,099,500
LED 10 W×1	156	12,000	1,872,000
LED 10 W×2	214	24,000	5,136,000
LED 20 W×1	2	16,000	32,000
LED 20 W×2	144	32,000	4,608,000
합 계			13,747,500

기존 등기구 및 LED 등기구의 초기투자비용은 각 3,618천원 및 13,747천원이며, 차액은 10,129천원으로 산출되었다.

다. 운용비용

실습선을 연간 24시간을 지속 운용 했을 시, 기존 등기구와 LED 등기구의 수명 및 단가에 따라 5년간 유지관리비용인 교체 비용을 표 3.7과 표 3.8에 나타내었다.

표 3.7 등기구 교체 비용 (실습선)

Table 3.7 Cost of replacement of luminaires (Training vessel)

점등율	교체 비용 [천원]
40 %	11,377
50 %	13,363
60 %	16,142

표 3.8 LED 등기구 교체 비용 (실습선)

Table 3.8 Cost of replacement of LED luminaires (Training vessel)

점등율	교체 비용 [천원]
40 %	5,499
50 %	6,873
60 %	8,248

실습선을 5년간 운용했을 시, 등기구 유지관리비용의 차액은 점등율에 따라 5,878천원, 6,490천원 및 7,894천원으로 산출되었다.

실습선에서 365일 24시간 기준으로 발전기를 운용 할 경우, 연간 유류비를 표 3.9에 나타내었다.

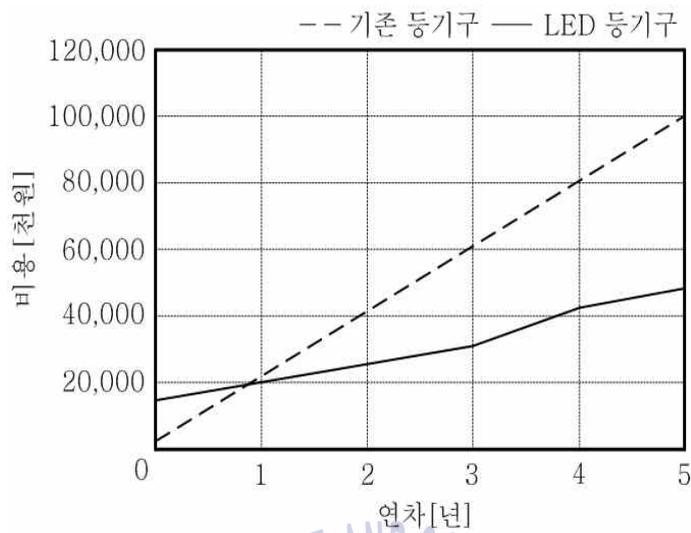
표 3.9 연간 유류비 (실습선)

Table 3.9 Annual cost of fuel (Training vessel)

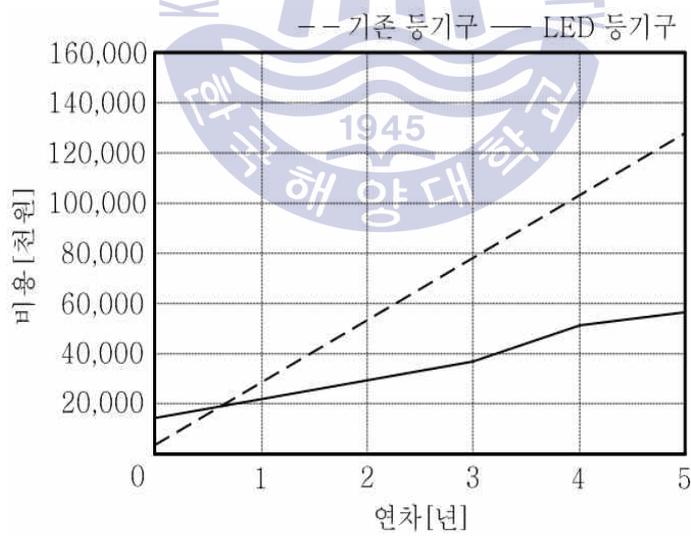
점등율	구 분	전력량 [kWh]	연료 소비량 [ℓ]	유류비 [천원]
40 %	기존 등기구	153,489	35,695	18,597
	LED 등기구	47,962	11,154	5,811
50 %	기존 등기구	191,861	44,619	23,246
	LED 등기구	59,953	13,942	7,263
60 %	기존 등기구	230,233	53,542	27,895
	LED 등기구	71,943	16,731	8,716

점등율에 따라 연간 유류비 차액이 12,786천원, 15,983천원 및 19,179천원으로 산출되었다.

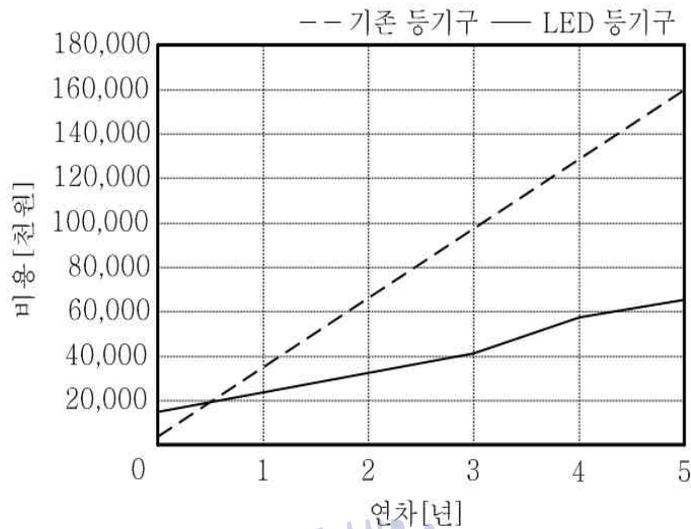
LED 등기구로 대체 하였을 시, 점등율을 고려하여 손익분기점을 산출하기 위해 미리 산출했던 초기투자비용과 점등율에 따른 유지관리비용 및 유류비를 합산하여 손익분기점을 그림 3.2에 나타내었다.



(a) 40% 점등율



(b) 50% 점등율



(c) 60% 점등율

그림 3.2 손익분기점 (실습선)

Fig. 3.2 Break-even point (Training vessel)

실습선의 손익분기점은 점등율에 따라 각각 11개월, 9개월 및 7개월 후에 초기투자비용을 회수한다.

라. CO₂ 배출량

연간 탄소배출량을 산출하기 위해 병커C유의 특성은 석유환산계수 0.936으로 원유와 가깝고 탄소배출계수도 0.875로 매우 높다. 에너지관리 공단에 따르면 병커C유 리터당 0.003 tCO₂로 배출한다. 연간 병커C유의 소비량으로 탄소배출량을 환산하여 표 3.10에 나타내었다.

표 3.10 연간 탄소배출량 (실습선)

Table 3.10 Annual CO₂ emissions (Training vessel)

점등율	구 분	연료 소비량 [ℓ]	탄소배출량 [tCO ₂]
40 %	기존 등기구	35,695	107.08
	LED 등기구	11,154	33.46
50 %	기존 등기구	44,619	133.85
	LED 등기구	13,942	41.82
60 %	기존 등기구	53,542	160.62
	LED 등기구	16,731	50.19

탄소배출량은 점등율에 따라 연간 각각 73.62, 92.03 및 110.43 tCO₂로 감소되었다.

마. 전선의 단면적

변압기에서 조명까지에 대한 전선의 단면적을 분석해야 하지만, 변압기에 조명뿐만 아니라 다른 전기설비도 함께 있어, 조명에 대한 전선의 단면적을 확인하기 어렵다. 그리하여 분전반에서 조명까지의 거리로 산출하였다. 실습선과 함정에 적용되어 있는 전선의 단면적 산출은 동일하므로 실습선을 바탕으로 전선의 단면적을 선정하였다. 실습선에 적용된 조명설비의 전선 길이를 100m와 역률을 0.9로 가정하며, Bridge 구역에서 분전반은 FL 26 W×2 및 FL 48 W×2의 등기구를 각각 3개 및 5개로 전원계통도를 그림 3.3에 나타내었다.

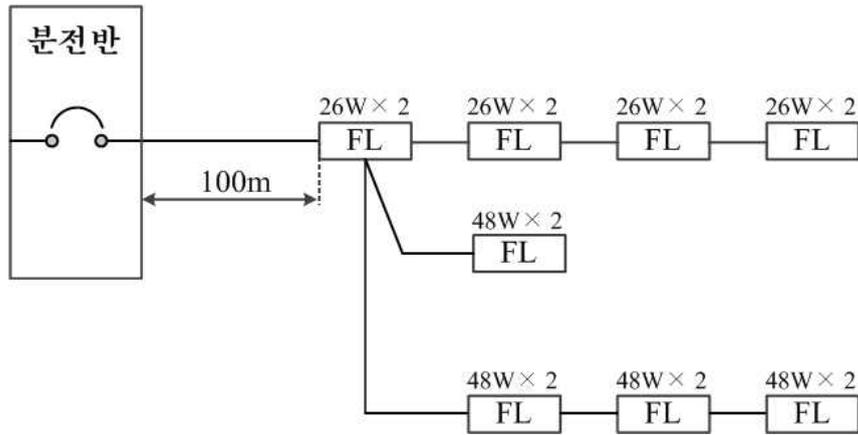


그림 3.3 Bridge 구역 전원 계통도
 Fig. 3.3 Diagram of a power system in bridge

국내 선박 전기설비는 해양수산부에서 선박전기설비기준을 고시하고 있으며, 선박 안전법 26조의 규정으로 조명설비에 대한 전압강하 기준을 다음과 같이 규정하고 있다^[23].

제75조(전압강하) 조명설비, 동력설비 및 전열설비의 전로에 의한 전압강하는 설비의 정격전압의 5퍼센트이하이어야 한다. 다만, 전로전압이 24볼트이하인 전로에 대하여는 그러하지 아니하다.

전압강하는 경동선 기준으로 20℃에서 고유저항 17.8 Ω의 값을 가지며, 단상 2선식에서 식 3.1을 통해 전압강하를 계산할 수 있다.

$$e = \frac{35.6 \times I \times L}{1000 \times A} \quad (3.1)$$

이때 e 는 전압강하 [V], I 는 부하 전류 [A], L 는 선로의 길이 [m], A 는 전선 단면적 [mm^2]이다.

전선의 단면적을 계산하기 위해 부하 전류를 산출하며 단상 2선식에서 부하 전류는 식 3.2를 통해 계산 할 수 있다.

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\theta} \quad (3.2)$$

이때 I 는 부하 전류 [A], P 는 소비전력 [W], V 는 정격 전압 [V], $\cos\theta$ 는 역률이다.

분전반에서 식 3.2를 이용하여 부하 전류를 계산하고, 산출된 부하 전류와 전압강하 규정인 5%를 적용하여 기존 등기구와 LED 등기구의 전선 단면적을 식 3.1을 이용하여 표 3.11에 나타내었다.

표 3.11 등기구별 전선 단면적

Table 3.11 Cross sectional areas of cable by luminaires

구 분	소비전력 [W]	부하 전류 [A]	전선 단면적 [mm^2]
기존 등기구	636	6.42	4.1
LED 등기구	260	2.62	1.7

등기구별 전선의 단면적은 각각 4.1 mm^2 과 1.7 mm^2 로 산출되었다. 전선을 선정하기 위해 450 V이하 염화비닐절연전선의 표준 규격인 KS C IEC 60227-3에서 공칭 단면적을 표 3.12에 나타내었다.

표 3.12 KS C IEC 60227-3 공칭 단면적

Table 3.12 Nominal cross sectional areas in KS C IEC 60227-3

공칭 단면적 [mm ²]	절연체 두께 기준값 [mm]
1.5	0.7
2.5	0.8
4	0.8
6	0.8
10	1.0
16	1.0
25	1.2
35	1.2
50	1.4

KS C IEC 60227-3 규격을 바탕으로 기존 등기구와 LED 등기구의 전선은 각각 6 mm², 2.5 mm²으로 선정한다. LED 등기구는 기존 등기구보다 전류가 낮으므로 공칭 단면적이 얇은 전선을 사용하며, 기존 등기구의 전선 굵기인 6 mm²의 1 m당 단가는 3,200원이고, LED 등기구의 전선 굵기인 2.5 mm²의 1 m당 단가는 1,550 원으로, 기존 등기구와 비교하여 LED 등기구는 약 51 %의 비용 절감한다.

3.2 합정

가. 부하설비분석

합정은 실습선과 달리 등화관제를 실시하므로 1개가 홍등인 3등용 형광 등기구를 사용한다. 실습선과 비교하기 위해 기존 등기구와 LED 등기구의 부하를 표 3.13와 표 3.14에 나타내었다.

표 3.13 등기구 종류

Table 3.13 Types of luminaires

광 원	수 량 [개]	총 소비전력 [W]
IL 60 W	143	8,580
FL 26 W×2	642	33,384
FL 26 W×3	417	32,526
합 계	1,202	74,490

표 3.14 LED 등기구 종류 (합정)

Table 3.14 Types of LED luminaires (Naval vessel)

광 원	수 량 [개]	총 소비전력 [W]
LED 8 W	143	1,144
LED 10 W×2	642	12,840
LED 10 W×3	417	12,510
합 계	1,202	26,494

실습선과 동일한 방식으로 기존 등기구는 74,490 W이며, LED 등기구를 대체 하면 총 26,494 W으로 산출되었다.

나. 초기투자비용

함정의 등기구 종류별 가격을 바탕으로 기존 등기구와 LED 등기구의 단가와 초기투자비용을 각각 표 3.15과 표 3.16에 나타내었다.

표 3.15 등기구 비용 (함정)

Table 3.15 Cost of luminaires (Naval vessel)

광 원	수 량[개]	단 가[원]	비 용[원]
IL 60 W	143	1,000	143,000
FL 26 W×2	642	6,400	4108,800
FL 26 W×3	417	11,600	4,837,200
합 계			9,089,000

표 3.16 LED 등기구 비용 (함정)

Table 3.16 Cost of LED luminaires (Naval vessel)

광 원	수 량[개]	단 가[원]	비 용[원]
LED 8 W	143	8,500	1,215,500
LED 10 W×2	642	24,000	15,408,000
LED 10 W×3	417	36,000	15,012,000
합 계			31,635,500

기존 등기구의 초기투자비용은 9,089천원이고, LED 등기구는 31,635천원이며, 차액은 22,546천원으로 산출되었다.

다. 운용비용

등화관제로 야간에 홍등을 점등하므로 3등용 형광등기구(일반조명)는 일반조명을 16시간 사용하며, 홍등을 8시간 사용한다. 연간 운용하였을 시, 3등용 형광등기구는 5,840시간, 홍등은 2,920시간을 점등하며, 나머지 조명은 8,760시간을 점등한다. 그리고 실습선과 동일한 방법으로 각 등기구의 5년간 교체 비용을 표 3.17과 표 3.18에 나타내었다.

표 3.17 등기구 교체 비용 (함정)

Table 3.17 Cost of replacement of luminaires (Naval vessel)

점등율	교체 비용 [천원]
40 %	14,746
50 %	18,311
60 %	22,120

표 3.18 LED 등기구 교체 비용 (함정)

Table 3.18 Cost of replacement of LED luminaires (Naval vessel)

점등율	교체 비용 [천원]
40 %	6,649
50 %	8,311
60 %	9,973

함정을 5년간 운용했을 시, 등기구 유지관리비용의 차액은 점등율에 따라 8,097천원, 10,000천원 및 12,147천원으로 산출되었다.

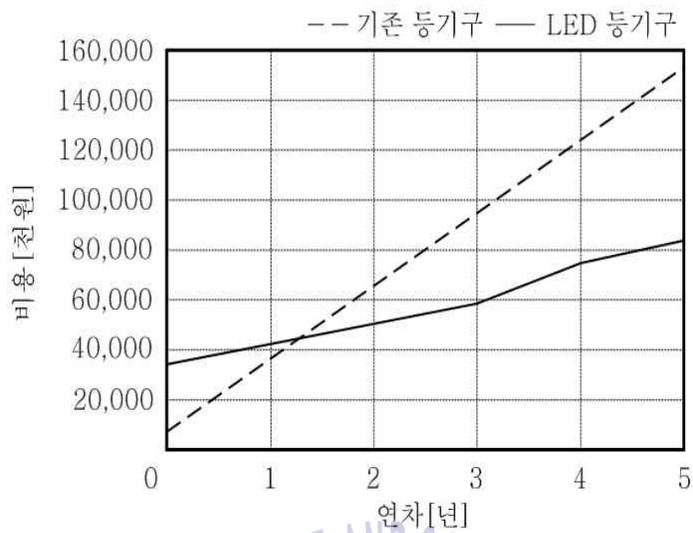
유류비는 실습선과 동일한 방법으로 산출하여 표 3.19에 나타내었다.

표 3.19 연간 유류비 (합정)

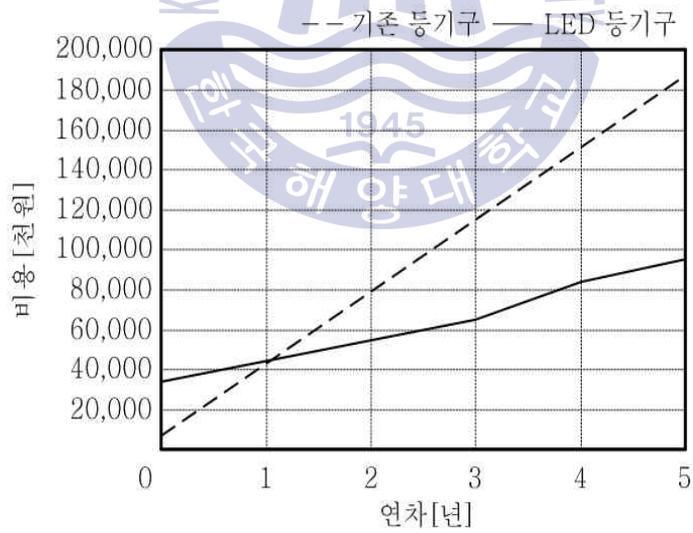
Table 3.19 Annual cost of fuel (Naval vessel)

점등율	구 분	전력량 [kWh]	소비 연료 [ℓ]	유류비 [천원]
40 %	기존 등기구	210,359	48,920	25,487
	LED 등기구	73,352	17,058	8,887
50 %	기존 등기구	262,949	61,151	31,859
	LED 등기구	91,691	21,323	11,109
60 %	기존 등기구	315,538	73,381	38,231
	LED 등기구	110,029	25,588	13,331

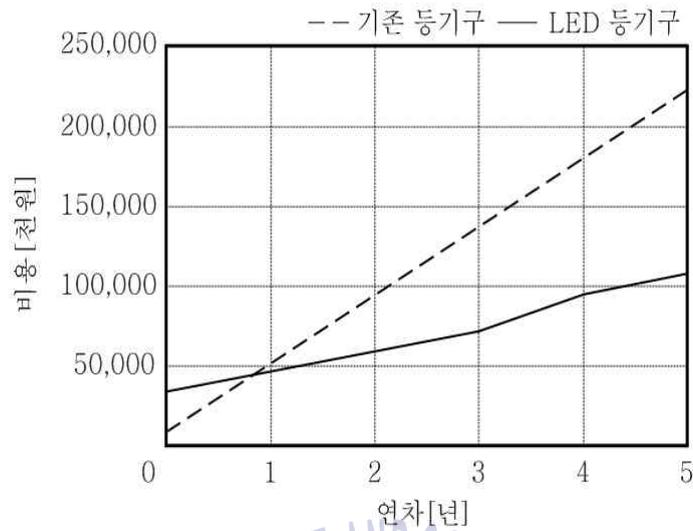
LED 등기구로 대체하였을 시, 손익분기점을 산출하기 위해 미리 산출했던 초기투자비용 차액 22,546천원이며, 유류비의 차액은 점등율에 따라 연간 16,600천원, 20,750천원 및 24,900천원으로 산출하였다. 초기투자비용, 유지관리비용 및 유류비를 합산하여 손익분기점을 그림 3.4에 나타내었다.



(a) 40% 점등율



(b) 50% 점등율



(c) 60% 점등율

그림 3.4 손익분기점 (함정)

Fig. 3.4 Break-even point (Naval vessel)

손익분기점은 점등율에 따라 각각 15개월, 12개월 및 10개월 후에 초기 투자비용을 회수한다.

라. CO₂ 배출량

CO₂ 배출량은 실습선과 동일한 방법으로 산출하였으며, 함정의 연간 병커 C유의 소비량으로 탄소배출량을 환산하면 표 3.20에 나타내었다.

표 3.20 연간 탄소배출량 (함정)

Table 3.20 Annual CO₂ emissions (Naval vessel)

점등율	구 분	소비 연료 [ℓ]	탄소배출량 [tCO ₂]
40 %	기존 등기구	48,920	146.76
	LED 등기구	17,058	51.17
50 %	기존 등기구	61,151	183.45
	LED 등기구	21,323	63.67
60 %	기존 등기구	73,381	220.14
	LED 등기구	25,588	76.76

탄소배출량의 차이는 연간 각각 92.59, 119.78 및 143.38 tCO₂로 산출되었다.

3.3 비교 분석

기존 등기구를 LED 등기구로 대체 하였을 시 얻을 수 있는 경제적 효과에 대해 실습선과 함정을 대상으로 부하설비, 초기투자비용, 유지관리비용 및 유류비를 바탕으로 손익분기점을 산출하였으며, 선박별 비교를 표 3.21에 나타내었다.

표 3.21 선박별 비교

Table 3.21 Comparison by vessel

구 분	실습선	함정
초기투자 비용 차액	10,129천원	22,546천원
유지관리 비용(5년간)	51 % 절감	55 % 절감
회수기간(40 % 점등율)	11개월	15개월
탄소배출량	69 % 절감	65 % 절감

실습선의 소비전력 및 탄소배출량은 69% 감소되었으며, 초기투자비용은 3.8배 증가되었다. 유지관리비용은 5년간 51% 절감되었고, 손익분기점은 점등율에 따라 11개월, 9개월, 7개월로 분석하였다. 함정의 소비전력 및 탄소배출량은 65% 감소되었으며, 초기투자비용은 3.5배 증가되었고 유지관리비용은 5년동안 55% 절감되었고, 손익분기점은 점등율에 따라 15개월, 12개월, 10개월로 분석하였다. 점등율이 높을수록 단기간에 초기투자비용을 회수하며, 장기간 운용할수록 차액이 크게 발생하였다. 그리고 등기구의 수량이 많은 함정에서 초기투자비용이 높게 나타났으며, 유지관리비용이 더 절감되는 것을 확인하였고, 백열등기구의 비율이 높은 실습선에서 손익분기점이 앞당겨지며, 탄소배출량이 더 절감되는 것을 확인하였다.



제 4 장 결 론

본 논문에서는 선박 조명의 80%를 차지하는 백열등 및 형광등 기구를 LED 등기구로 대체 시, 소비전력, 초기투자비용, 유지관리비용 및 유류비를 분석하여 손익분기점을 산출하였으며, 결론은 다음과 같다.

실습선의 초기투자비용은 3.8배로 증가하였지만, 5년간 유지관리비용은 51% 절감되었으며, 점등율에 따른 손익분기점은 각각 11개월, 9개월 및 7개월로 산출되었다. 전압강하에 따른 전선의 단면적을 선정하여 전선 비용이 51%로 절감한다.

함정의 초기투자비용은 3.5배로 증가하였지만, 5년간 유지관리비용은 55% 절감되었으며, 점등율에 따른 손익분기점은 각각 15개월, 12개월 및 10개월로 산출되었다. 실습선 및 함정의 탄소배출량은 연간 각 69% 및 65%로 감소한다.

실습선 및 함정의 적용효과를 비교분석한 결과, 유지관리비용은 50% 이상으로 절감되었으며, 소비전력, 유류비 및 탄소배출량은 65% 이상의 절감 및 감소를 나타내었다.

본 논문에서는 외함을 동일하게 사용하는 것으로 가정하고 산출하였으나, LED 등기구는 외함과 일체형으로 외함에 대한 비용절감이 가능하다. 또한 LED는 직류구동 소자로 선박의 전력계통인 DC 24V를 활용하여 적용한다면, SMPS를 사용하지 않으므로 전력 손실과, 초기투자비용 및 유류비를 절감할 수 있어 손익분기점을 앞당길 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 김윤식, 심재석, 이기승, “지하 역사 LED조명기구의 적용에 대한 경제성 분석”, 한국철도학회 학술발표대회논문집, pp.1868-1872. 2010.
- [2] 천우영, 김진홍, 김재환, 구복재, 전재성, 김영철, “선박용 LED조명 실증에 대한 연구”, 한국조명·전기설비학회 학술대회논문집, pp.83-85, 2011.
- [3] 극동일렉콤주식회사, 한국해양대학교, 첨단마린조명연구센터, “선박용 LED 조명 기술개발협력 및 사업화 성과”, 한국마린엔지니어링학회 학술대회 논문집, p.p141-143, 2012.
- [4] 국방기술품질원, “한국산업표준(KS) LED 조명규격의 국방규격 대체 방안 및 함정용 LED 조명국방규격(안) 제안”, pp.33-90, 2012.
- [5] 진세환, 성시정, 김정현, 정재우, 조광섭, 김성인, “60 [W] 백열등 대체 LED A-19 램프의 비교 분석”, 한국조명·전기설비학회 학술대회논문집, pp.105-108, 2012.
- [6] 장낙원, “선박용 LED 조명의 최신 동향”, 조명·전기설비, Vol. 29, No. 1, pp.9-13, 2015.
- [7] “백열전구 퇴출”, 산업통산자원부, 에너지관리과, pp.1-3, 2013.
- [8] US DOE, “Solid_state Lighting Research and Development”, 2011.
- [9] 조현춘, 손종구, “형광등 점등방식의 기술적 비교 검토”, 조명·전기설비, Vol. 11, No. 3, pp.56-60, 1997.
- [10] KS C 7601 형광 램프(일반 조명용), 한국산업표준, 2009.
- [11] KS C IEC 60092-306 선박용 전기설비-제306부 : 장비-조명기기 및 조명 부속품, 한국산업 표준, 2012.
- [12] 맹필재, 장재현, 김근율, 유영문, 김종수, 김종대, “LED 광원을 이용한 마스트 항해등 조명광학계 개발”, 조명·전기설비학회논문지, Vol. 28,

- No. 8, pp.24-31, 2014.
- [13] 김동건, “함정용 LED 투광등 개발에 관한 연구”, 석사학위논문, 한국해양대학교대학원, pp.4-7, 2012.
- [14] 김세진, “고출력 LED 탐조등의 설계에 관한 연구”, 석사학위논문, 한국해양대학교대학원, pp.4-10, 2014.
- [15] 정봉만, “반도체 LED조명기술의 특성과 응용”, 한국조명·전기설비학회, 조명·설비학회지, Vol. 20, No. 3, pp.29-33, 2006.
- [16] 이아람, 유영문, 허인성, 여정규, “선박용 LED 탐조등 개발을 위한 고출력 LED 모듈의 방열설계”, 대한전기학회 학술대회 논문집, pp.1441-1442, 2013.
- [17] 박승남, “LED의 원리와 컬러측정”, 한국색채학회 학술대회, pp.9-15, 2015.
- [18] 조향은, 김선재, 차현규, 길경석, 권혁상, “선박용 LED 조명기기의 진동 내구성 요구 분석”, 한국마린엔지니어링학회 학술대회 논문집, pp.409-410, 2010.
- [19] 김선재, 장운용, 길경석, 한주섭, 권혁상, “선박용 LED 조명기구의 전자파 요구분석”, 한국마린엔지니어링학회 학술대회 논문집, pp.395-396, 2010.
- [20] 남대근, 이수형, 정창일, 윤형표, 조형호, “선박용 LED 조명등 제작을 위한 요소기술 개발동향”, 한국신재생에너지학회 학술대회논문집, pp.164, 2010.
- [21] 유병룡, “친환경 조선 기술의 진화”, 해양국토21, Vol. 6, pp.42-52, 2010.
- [22] 김상현, 고창두, “친환경 선박의 개념과 개발 동향”, 대한조선학회지, Vol. 136, pp.75-84, 2003.
- [23] 해양수산부고시 제2013 - 063호, “선박전기설비기준”, 2013.