
GPS기반 동기점멸방식의 해상용 LED등명기의 설계 및 제작

변기식* · 김관형** · 김민*** · 김춘호****

Design and Manufacturing a Synchronous Flash of LED Marine Lantern based on GPS-based

Gi-Sig Byun* · Gwan-Hyung Kim** · Min Kim*** · Chun-Ho Kim****

이 논문은 2009학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임(PK-2009-PK-2009-46)

요 약

해상용 등명기의 동기 점멸은 해상에서 선박이 운항할 때, 다른 위험 표시기의 점등 패턴과 구분하여 선박의 안전한 운항을 지원한다. 일반적인 해상용 등명기의 점등기법은 낮과 밤을 감지하여 정해진 점등 규약에 따라 점등하는 방식으로 시간이 지남에 따라 등명기들의 시간 오차가 발생하여 등명기 전체의 동기 점멸이 이루어지지 못하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 GPS의 위성시간을 기준으로 하여 모든 등명기들이 개별적으로 동기시간을 일정하게 맞추는 동기식 점등기법을 사용한 정전류방식의 해상용 LED 등명기를 설계하였으며, LED등명기 내부의 제한되고 밀폐된 공간에서 효율적인 방열성능을 갖는 방열방법을 제시하였다.

ABSTRACT

The synchronous flash of a marine lantern, differentiated from the flash pattern of other risk indicators, supports the safe sailing of vessels. General marine lanterns flash according to the flash protocol through sensing the day and the night. Thus, there can be time error over time and the marine lantern does not synchronously flash as a whole. To resolve this problem, this study designed LED marine lantern based on constant-current system using synchronous flash technique enabling all marine lanterns to keep its time based on GPS satellite time. Also we suggested a radiation method with an effective heat emission performance in the restricted and closed space of a marine lantern.

키워드

GPS, 동기점멸, LED 램프, LED 방열, LED 정전류

Key word

GPS, Synchronous flash, LED lamp, LED heat sink, LED constant current

* 정회원 : 부경대학교 제어계측공학과

접수일자 : 2012. 03. 31

** 중신회원 : 동명대학교 컴퓨터공학과 (교신저자, kimgh69@nate.com)

심사완료일자 : 2012. 04. 16

*** 준회원 : 부경대학교 제어계측공학과

**** 정회원 : 뉴마린엔지니어링

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.5.885>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

선박의 안전한 항해를 위해서는 항상 선박의 위치와 선박의 자세를 알고 있어야 한다. 선박의 안전 운항을 지원하기 위한 기술은 선박의 위치정보를 나타내는 GPS(Global Positioning System) 데이터, 선박의 운항 방향을 나타내는 방향키, 선박이 위치한 지점에 대한 풍향/풍속, 선박의 운항정보에 해당하는 메인엔진모니터링 등을 들 수 있다. 그러나 선박 내부의 정보 외에도 선박 외부의 조건에 따라 다양한 위험요소를 가지고 있는 것이 현실이다. 이러한 위험요소를 선박에 알리기 위하여 항로표지를 설치하고 안전한 항로를 표시해 줌으로써 해상 사고를 미연에 방지하고 있다.

항로표지라 함은 등광, 형상, 색채, 음향, 전파 등의 수단으로 하여 항구, 만, 해협, 그 밖의 내수, 연안 및 배타적 경제 수역을 항해하는 선박에게 지표가 되는 등대, 등표, 입표, 부표, 안개신호, 전파표지, 특수신호 등을 말한다. 항로표지에는 형상, 색채 및 등관을 이용하는 광표지, 형상과 색채만을 이용하는 형상표지, 음향을 이용하는 음표지, 전파를 이용하는 전파표지, 특별한 정보의 제공을 위하여 설치하는 특수신호표지가 있다[1]. 특히 야간에는 육안으로 식별이 어려워 광파를 이용한 항로표지를 설치·운영·관리하고 있는데, 해상등명기의 광파구동은 항만도시 배후광과 소형선의 등화등과의 혼선과 오인 때문에 해상등명기의 동기식 점멸이 매우 중요한 요소라 할 수 있다.[2]

현재 해상등명기의 광원은 백열전구가 대부분이며 유지보수 문제와 높은 소비 전력으로 인하여 큰 태양광판넬과 큰 용량의 축전지를 요구하고 있다. 그러나, 최근에는 저전력 LED(Light Emitting Diode) 광원으로 교체해 나가고 있다. 이러한 LED 기반의 해상 등명기의 제품 설계 요구조건은 지방 해양수산청에서 공시하고 관리하고 있으며 그중 고려해야 할 몇 가지 요소를 아래와 같이 정리하였다.

- (1) LED 모듈 구조는 직·병렬회로로 구성하여 1개의 소자에 고장 발생하더라도 모듈 전체의 LED 점등에는 이상이 없어야 한다.
- (2) LED 모듈은 렌즈 초점부와 LED 소자의 간격이 일정하게 설치되어 배광에 이상이 없어야 한다.

- (3) 부동광에서 1시간 이상 LED의 광도가 저하되는 등 성능에 이상이 없어야 한다.
- (4) 필요한 경우에는 GPS 시각정보 또는 무선시각정보를 이용하여 동기점멸을 시킬 수 있어야 한다.

해상용 LED 등명기의 설계조건을 만족하기 위하여 본 연구에서는 GPS의 정확한 시각정보 정확한 동기화 시간을 구현하여 다수의 LED 등명기를 동시에 점멸할 수 있도록 하였다. 또한, LED의 광도를 일정하게 유지하기 위한 정전류 제어회로와 효과적인 방열설계를 제안하였고, 해상용 등명기의 전원공급을 위한 안정적인 전원 공급장치를 구현하여 해상용 LED 등명기의 상용화를 제시하였다.

II. 해상 등명기 동기점멸 설계

해상 등명기의 정확한 동기점멸의 주요한 목적은 항만이나 교량 등에 설치하여 다른 장애표지와 구별될 수 있도록 하여 비동기 점멸로 인한 오판을 줄이는데 있다. 일반적인 동기화 방법은 GPS의 시간정보를 지속적으로 읽어서 GPS 시간에 맞추어 등명기들의 동기점멸 주기를 맞추고 있다. 그러나 지속적인 GPS 데이터 수신으로 인하여 많은 전력소모가 발생할 수 있으며, 더욱 정확한 동기화를 위하여 주기적인 동기화의 보정 과정이 필요하다.

GPS 모듈이 정상 동작하게 되면 메인 μ PC(micro Programmable Controller)를 통하여 GPS 시간을 읽고 이를 기준으로 μ PC의 내부 타이머를 통하여 등명기내의 시간이 카운트되기 시작한다. 본 연구에서는 등명기내의 설정된 시간(짜수시간 혹은 홀수시간)이 되면 GPS 시간을 읽어서 등명기 내의 시각을 보정한다. 이렇게 보정된 등명기내의 시각을 이용하여 등명기를 점멸한다. 등명기의 등질 패턴은 표 1과 같이 등명기는 단섬광, 군섬광, 급섬광 등에서 1주기 내의 섬광형태가 다르므로 복수의 등명기들이 동기화되어 점멸하기 위해서는 섬광형태에 따른 섬광 주기와 섬광형태를 설정하여 두고 등명기내의 각 시간에 대응한 섬광스텝을 식(1)을 사용하여 결정한다.

$$nstep = (h \times 3600 + m \times 60) \bmod mstep \quad (1)$$

의 기준시각과 PIC18F6520칩의 내부 시각을 동기화 하도록 하였다.

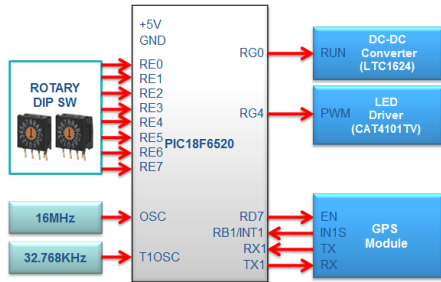


그림 3. 동기 시스템 구성도
Fig. 3 The synchronous system architecture of marine lantern

III. 해상용 등명기 방열설계

LED의 광효율과 균일한 광질의 유지를 위한 중요한 요소 중의 하나가 LED 시스템의 방열에 있다. 특히 충분한 방열판을 사용이 제한되고 밀폐된 공간에 LED로 구동되는 해상용 등명기의 경우 발열이 심하기 때문에 충분한 방열 대책을 세워야 한다.

냉각팬과 같은 송풍기에 의한 강제대류냉각으로 LED 등명기 내부에서 외부 대기로 방출되는 열률을 식(2)로 정의 할 수 있다.

$$q = \dot{m}c_p(T_o - T_i) \tag{2}$$

q 는 LED 등명기에서 발생하는 열률, c_p 는 정압비열, \dot{m} 은 공기의 질량 유량, T_o 는 등명기에서 외부로 방출되는 공기의 온도, T_i 는 등명기 내부에서 유입되는 공기의 온도이다. 공기의 질량 유량을 확보하기 위해 필요한 냉각팬의 공기의 속도는 식(3)으로 정의할 수 있다[5][6].

$$u = \frac{\dot{m}/N}{\rho A_c} \tag{3}$$

ρ 는 공기밀도, A_c 는 냉각팬의 유효단면적이며, N 은 팬의 개수이다. 본 연구에서는 이러한 이론적 근거를

바탕으로 충분한 공기의 속도와 용량을 만족하는 냉각팬을 선정하여 강제대류냉각방식을 통한 LED시스템의 방열설계를 하였다. 그림 4는 본 연구에서 설계된 냉각팬을 이용한 강제대류냉각방식의 LED 방열모듈을 나타내었다.

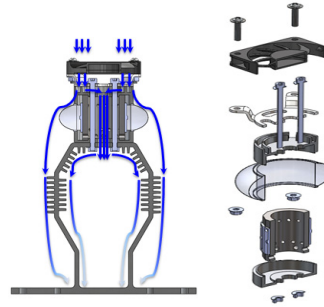


그림 4. 냉각팬을 이용한 대류 순환 방식의 LED 방열 모듈
Fig. 4 The LED heat sink module of forced convection cooling method using a cooling fan

그림 5는 해상용 LED 등명기를 90분 동안 연속 구동할 때 강제대류냉각방식으로 방열시켰을 때 온도변화와 LED의 광도변화를 제시하였다.

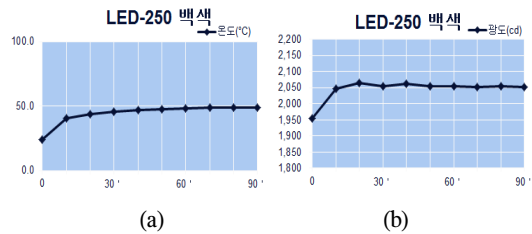


그림 5. LED모듈의 (a) 온도 변화, (b) 광도 곡선
Fig. 5 (a) Temperature change, (b) Luminosity curve of the LED module

그림 5의 결과로부터 냉각팬이 없을 때에는 등명기 내부온도는 지속적으로 80[°C] 이상으로 상승하였지만 등명기 내부를 냉각팬으로 강제대류 시켰을 때는 등명기 내부 온도가 50[°C]로 일정하게 안정화 된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 내부온도의 안정화는 LED 등명기의 광도 및 수명에 많은 영향을 줄 수 있으며, 본 논문의 경우는 2,050[cd]로 안정화되어 강제대류냉각방식의 유효성을 확인할 수 있다.

IV. 해상용 등명기 제작 및 성능 고찰

4.1. 해상용 LED 등명기 제작

본 연구에서 제작되는 해상용 LED 등명기는 그림 6과 같이 12면을 가지도록 설계하여 12개의 파워 LED로 구성되며, LED 모듈을 구동하기 위한 정전압/정전류 회로는 그림 7과 같이 설계한다.

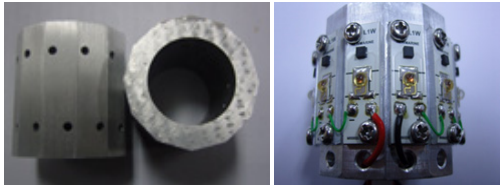


그림 6. 해상용 등명기용 LED 모듈
Fig. 6 The LED module of marine lantern

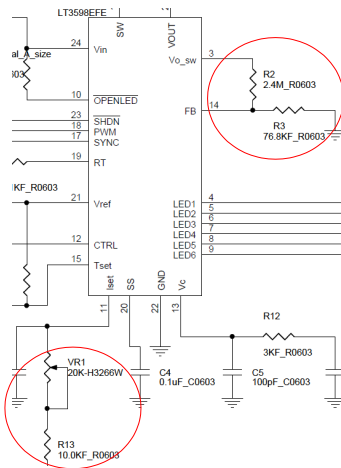


그림 7. LED 점멸 제어용 정전압/정전류 회로
Fig. 7 The constant voltage/current control circuit of LED flash control

해상용 LED 등명기는 백색, 적색, 황색 및 녹색 LED를 사용하므로 인가되는 전압이 다르다. 이를 위해 저항 R2, R3의 의해 LED에 공급하는 전압을 조정하며 식(4)에 의해 전압을 설정한다.

$$V_{out(MAX)} = 1.230 V \left(1 + \frac{R2}{R3} \right) \quad (4)$$

전류의 경우는 식 (5)와 같이 $R_{ISET} = VR1 + R13$ 의 저항 값의 의해 전류를 설정하여 정전류를 LED에 공급하여 LED의 수명과 안정된 광도를 유지 할 수 있도록 한다.

$$I_L = \frac{294 V}{R_{ISET}} \quad (5)$$

그림 8은 그림 7의 회로에 대한 제작 보드이며, 이 보드에 배터리 충전 회로와 과충전 및 과방전 보호회로를 추가하였다.

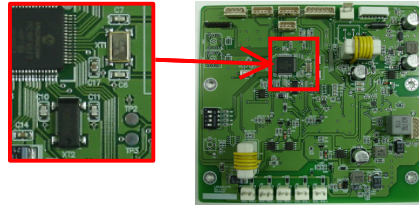


그림 8. LED 점멸 제어 보드
Fig. 8 LED flash control board

그림 9는 해상용 LED 등명기의 제어모듈로서 방열팬 구동회로 보드, 정전압/정전류회로 보드와 GPS 동기신호 수신보드로 구성된다.

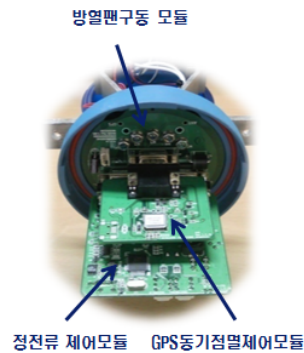


그림 9. 해상용 LED 등명기 제어모듈
Fig. 9 Control Module for LED Marine Lantern

그림 10은 실제 제작된 해상용 등명기 본체 내부를 보여주고 있다.



그림 10. 해상용 LED 등명기 본체
Fig. 10 Main Structure for LED marine lantern

4.2. 해상용 등명기의 동기화 성능 고찰

해상용 LED 등명기의 동기점멸 성능은 GPS 수신신호를 기준시간으로 동기 알고리즘을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우로 실험하였다. 그림 11은 동기화 알고리즘이 적용되지 않은 두 등명기의 동기 상태를 보여준다. 아래 두데이터는 GPS에서 수신되는 신호이고, 위의 두 데이터는 두 등명기의 F14S 섬광 점멸을 실행하는 결과이다. 시간이 경과함에 따라 비동기적으로 점멸되고 있음을 보여준다. 반면 그림 12의 경우는 동기화 알고리즘을 적용한 모델에 대한 실험 결과로 F14S 섬광 점멸을 실행하는 등명기의 출력이 정확하게 동기화되고 있는 것을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 회로, 방열설계 및 동기알고리즘으로 구현된 등명기 50대를 그림 13과 같이 구성하여 전체적인 동기화 응답 특성이 잘 이루어 졌으며, 이들을 경인 아라뱃길 운하에 적용한 것을 그림 14에 제시하였다.

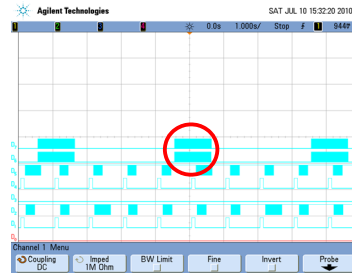


그림 12. 동기 점멸 신호
Fig. 12 The synchronous flash signal



그림 13. 등명기들의 동기 점멸 동작 상태
Fig. 13 The synchronous flashing state of marine lanterns

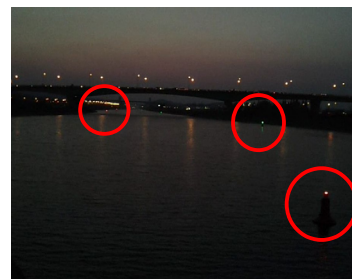


그림 14. 경인아라뱃길에 설치된 해상용 LED 등명기
Fig. 14 The installed LED marine lanterns on Kyung-In-Ara waterway

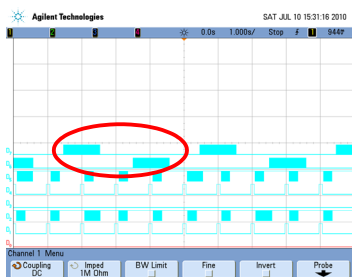


그림 11. 비동기 점멸 신호
Fig. 11 The asynchronous flash signal

V. 결 론

본 논문은 GPS를 이용하여 해상용 LED 등명기의 동기점멸 알고리즘과 안정된 전압/전류를 제공할 수 있는 제어회로를 제시하였으며, 등명기 내부의 온도를 일정

하게 유지하기 위해 방열판을 이용한 강제대류순환방식을 적용하여 내부 온도를 안정하게 유지할 수 있어 본 논문에서 제안한 해상용 LED 등명기의 수명 및 동기점멸에 대한 성능이 우수하다는 것에 연구 개발의 의의를 들 수 있다.

본 논문을 통하여 개발된 LED 기반의 저전력 해상용 LED 등명기는 관련 법규에서 요구하는 등질의 용도에 맞게 점멸이 가능하도록 시스템을 구현할 수 있으며 다양한 용도로 상용화 가능성을 확인하였으며, 향후 기술 개발은 보다 지능화된 시스템으로 발전시켜 내부 충전지의 수명 및 등명기 고장에 대한 자동 인식 및 경보 시스템을 연구해 나갈 계획이다.

참고문헌

- [1] 한국항로표지기술회회, “URL:http://www.kaan.or.kr”, 2006
- [2] 우리해양, “URL:http://woorimarin.com”, 2006
- [2] 장혜영, “GPS를 이용한 LED 동기점멸등 제어 및 충전 시스템”, 동서대학교 석사학위논문, 2007
- [3] 이용창, 강준목, “GPS 수신기를 이용한 등부표 동기점멸등 설계 및 구현”, 한국해양대학교, 2004
- [4] 전세모, “항로표지 장기개발 계획에 관한 조사 연구”, 해양수산부, 1998
- [5] 정태용, 박복춘, 박형구, 부준홍, 서정세, “열전달”, 교보문고, 2003
- [6] F. Incropera, D. Dewitt et al., “Fundamentals of Heat and Mass Transfer”, 6th edition, John Wiley & Sons, Inc., 2008

감사의 글

이 논문은 2009학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임(PK-2009-PK-2009-46)

저자소개

변기식(Gi-Sig Byun)



1990년 Wichita State University
전기공학과 공학박사
1990년~현재 부경대학교 공과대학
제어계측공학과 교수

※관심분야: 신호처리, 임베디드시스템 설계, 디지털 제어, 센서네트워크

김관형(Gwan-Hyung Kim)



2001년 한국해양대학교
전자통신공학과 공학박사
2000년~ 현재 동명대학교
컴퓨터공학과 전임강사

※관심분야: 최적제어, 인공지능, 임베디드시스템 설계, 신호처리, 영상처리

김민(Min Kim)



2010년 8월 한국방송통신대학
컴퓨터공학과
2010년 9월~ 현재 부경대학교
제어계측공학과 석사과정

※관심분야: 센서네트워크, 신호처리

김춘호(Chun-Ho Kim)



1999년 2월 부경대학교
정밀기계공학과 학사
2001년 2월 부경대학교
냉동공조공학과 석사

2008년~ 현재 뉴마린엔지니어링 연구소장
※관심분야: 해양 표지등, 신호처리