

선박 비상조명용 디지털 전원장치 개발

이 성 근*

*한국해양대학교 전기전자공학부 교수

A Study on the Development of Digital Power Supply for Ship's Emergency Lighting System

Sung-Geun Lee*

*Division of Electrical and Electronics Engineering, Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

요 약 : 본 논문은 선박비상조명용 디지털 전원장치의 개발에 관해 연구하였으며, 비상조명용 전원장치는 비상급전시스템, 반 브리지 인버터, 형광램프 기동회로 및 마이크로프로세서 제어시스템 등으로 구성되어 있다. 실험을 통하여 기존의 아날로그형 비상급전시스템에 비해 신속하고 안정된 전력이 공급되고 있음을 확인하고, 인버터의 펄스주파수 가변에 의한 조명제어가 잘 이루어지고 있음을 확인한다.

핵심용어 : 선박비상조명시스템, 비상급전시스템, 반브리지 인버터, 형광램프

Abstract : This paper describes an development of digital power supply for ship's emergency lighting system(SELS). Proposed system is composed of emergency power supply system(EPSS), half bridge(HB) inverter, fluorescent lamp(FL) starting circuit and microprocessor control system. Experimental works using proposed system confirm that speedy and stable power to be supplied when main power source cut-off, compared with conventional analog type, and control input power up to 35.0[%] by adjusting pulse frequency of the HB inverter.

Key words : ship's emergency lighting system, emergency power supply system, half bridge inverter, fluorescent lamp

1. 서 론

육상의 빌딩이나 공장, 해상의 상선이나 여객선 등과 같은 선박에서는 일상적인 경우는 물론 화재나 기타 재해가 발생할 때를 대비하여 비상출입구 주변이나 지하통로 등에 비상조명 시설을 하고 있다. 선박에서는 그 규모에 따라 비상조명시설을 의무화 하고 있으며, 주전원이 차단되는 경우에 비상전원에 의해 신속한 급전(Power supply, supplying power)이 이루어져야 하며, 일정시간 이상 비상전원이 유지되도록 규정하고 있다. 이 때에는 플리커 현상이나 전류 불연속으로 인한 오동작이 발생하지 않아야 한다.

이와 같은 비상조명용 전원장치로는 L-C 공진을 이용한 자력식 인버터와 주전원에 접속된 릴레이(Relay)에 의해 비상급전(Emergency power supply)이 이루어지고 있는 아날로그식 비상조명장치가 주로 사용되고 있다.

비상조명장치는 주위 현장을 신속히 파악하여 선원들과 승객들의 심리적인 불안요인을 제거하기 위하여 급전과 장시간의 조명유지가 필수적이다.

아날로그식 비상조명 장치는 비상급전을 릴레이에 접속된 기계식 스위치에 의존하기 때문에 비상급전 전환시 전류연속

성이 떨어져 플리커 현상이 생길 수 있고, 비상전원에 의한 기동실패가 일어날 경우가 많으며, 상황에 따른 전력이변이 될 수 없는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 비상전지의 전압레벨을 수시로 검출하고 그 결과를 마이크로프로세서로 전달하여 항시 일정전압 레벨을 유지하도록 충전하며, 입력전압 역시 일정레벨 이하가 되면 비상전지에 의해 급전이 가능하도록 하는 비상급전시스템(Emergency power supply system, EPSS), 일정시간 이상의 비상전원의 역할을 충실히 하기 위하여 주위 환경에 따라 광범위하게 전력이변이 되도록 하는 인버터 시스템, 비상급전과 전력이변을 디지털 소프트웨어적으로 제어하기 위한 마이크로프로세서 제어회로 등을 구성하였다.(이, 1997 ; 조 와 송, 1997; 이 등, 2003)

2. SELS

Fig. 1은 선박비상조명시스템(Ship's emergency lighting system, SELS) 제어블록도이며, 마이크로프로세서를 중심으로 14[V]용 SMPS(Switch mode power supply), HB inverter 및 FL 점동회로, 비상급전시스템, 게이트 드라이버(Gate

* 대표저자 : 이성근(정회원), sglee48@mail.hhu.ac.kr, 051)203-7113

driver)로 구성된다.

그림에서 점선으로 표시한 EPSS 부, HB inverter 부는 각각 2.1 및 2.2절에서 상세히 설명한다.

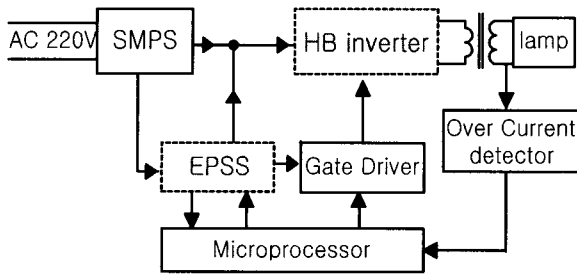


Fig. 1 Control blockdiagram of SELS

2.1 EPSS

Fig. 2는 수시로 비상전지(B1)의 전압레벨(Ve)을 검출(k 단자에서)하고 그 전압레벨을 12~13[V]로 유지되도록 하는 충전회로(b→c→e)와 주전원 차단시 비상전지에 의해 인버터 시스템으로 급전(e→f→g)하는 EPSS 부를 나타내고 있다.

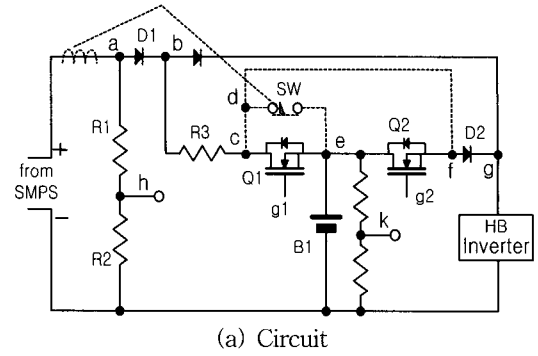
Fig. 2(a)는 비상급전 회로이고, Fig. 2(b)는 회로의 동작원리를 설명하기 위한 원리도이다. Fig. 2(a)에서 SW는 기존의 아날로그형 비상조명장치에서 사용한 릴레이 점접을 나타내고 있고, 여자용 코일은 입력전원 측에 접속되어 있으며, 주전원 차단시에는 릴레이가 소자되고 SW 점접은 단히게 되어 비상급전이 가능하게 된다.

본 논문에서는 Fig. 2(a)에서와 같이 h 단자에서 주전원 차단 유무를 검출하는 데, 만약 13[V] 이하로 유지되는 시간이 5[msec] 이상이 되면 주전원이 차단되었음을 마이크로프로세서에 알리고, 마이크로프로세서는 수 [μsec] 이내에서 신속하게 반도체 스위치인 Q2를 도통시켜 비상전지에 의한 급전을 성공적으로 수행하게 된다.

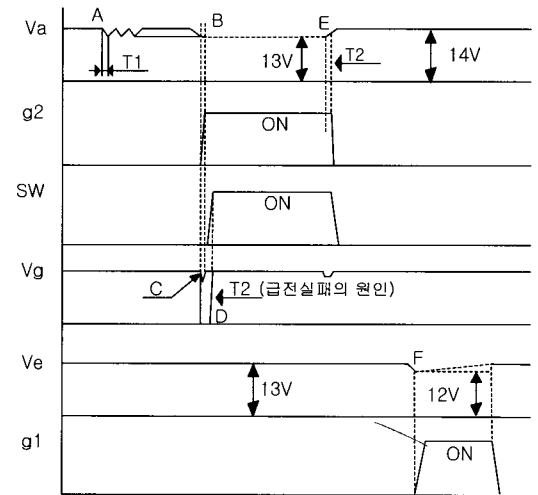
이때 전원이 13[V] 이하로 유지되는 시간을 5[msec] 이상으로 유지시키거나 13[V] 이하로 떨어질 때의 검출을 3회 이상으로 한 이유는 순간적으로 유입되는 노이즈로 인해 오동작이 일어날 가능성을 배제하였다.

Fig. 2(b)에서 아날로그 스위치 SW에 의해 급전을 하게 되면 SW가 닫힐 때까지는 200[msec] 이상의 시간이 소요되어 급전전압 또는 전류가 플리커 현상(Fig. 2(b)의 C 모양)이 나타나거나 전류 휴지구간(Fig. 2(b)에서 D 모양에서의 T2 시간)이 존재하여 비상급전이 실패할 가능성이 매우 높아 비상조명의 역할을 수행하는 데 애로가 있을 수 있다. 이와 같은 이유는 기계적 수단에 의지하여 전기적인 신호가 접속되어 일어난 경우의 예라 볼 수 있다.

충전의 경우에도 e점의 전압레벨(Ve)이 12~13[V]로 유지되도록 프로그래밍 하였으며, 비상급전의 경우와 마찬가지로 오동작 방지를 위하여 5[msec]의 검출 시간 지연과 3회 이상의 검출횟수를 유지하였다.



(a) Circuit



(b) Principle diagram

Fig. 2 EPSS

2.2 Inverter system

Fig. 3은 FL에 접속된 HB Inverter 및 FL 점등회로이다.

Fig. 3에서 입력전압 분할용 캐패시터 C1 및 C2, 게이트 스위칭용 반도체 소자인 IGBT Q3 및 Q4, 승압용 변압기 T1으로 구성된 HB Inverter와 lamp 점등회로, 과도이상 전류검출(Current detector)회로로 구성된다.(김, 2000; 김, 2000)

HB inverter의 승압용 변압기 1차측 인덕턴스는 1.9mH이고, 1차 및 2차측 권수비는 1:20이며, 게이트 드라이브용 소자로는 IRF450을 사용하였다.(전자기술연구회, 2003; 김, 2004)

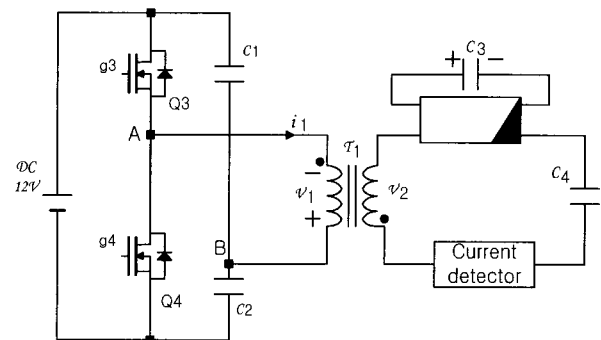


Fig. 3 HB inverter and lamp system

3. 실험 및 결과고찰

Fig. 4는 PIC16F874를 이용한 마이크로프로세서부, Lamp를 포함한 인버터부, 14[V] 출력용 SMPS 부로 구성된 실험 장치이다.

부하실험에 사용한 형광등은 20D-580mm이며, 사용 장비로는 전류 프로브(TM503A), 오실로스코프(LT344) 등이 있다.

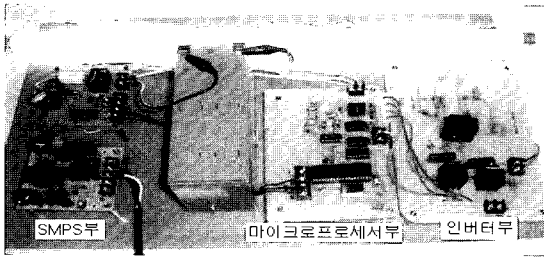
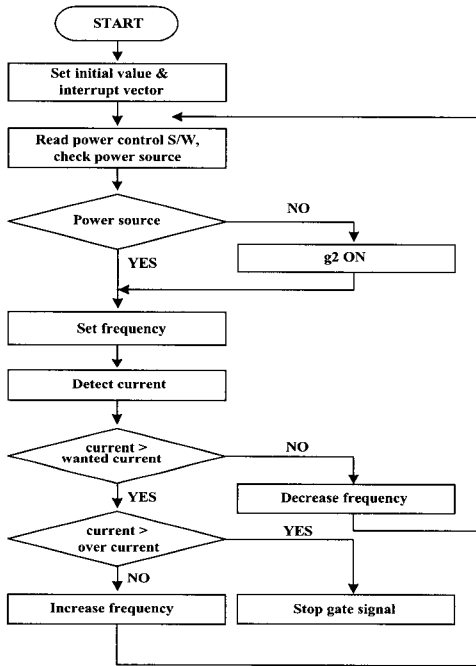
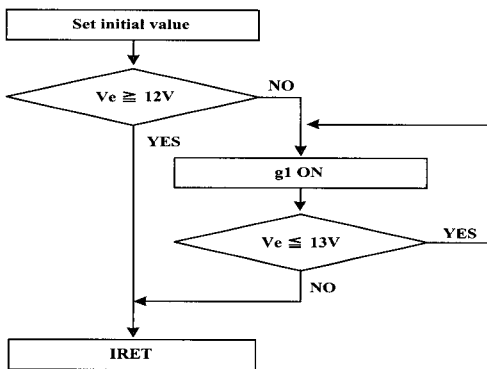


Fig. 4 Experimental device



(a) Flowchart of main control program



(b) Flowchart of ISR

Fig. 5 Flowcharts of control program

Fig. 5(a)는 주 프로그램의 순서도를 보인 것이다. 먼저 CPU의 여러 가지 내부 제어레지스터 및 각종 변수들을 초기화 한다. 외부 스위치의의 조정에 의해 원하는 전력을 세트하고, 전원 검출을 한 후 전원이 없을 경우에는 비상전원으로 대체한다. 이어 주파수를 고정하고 PWM을 출력하여 FL을 운전한다. 운전이 시작되면 부하측 전류를 검출하고 규정전류에서 운전이 되도록 주파수를 조정하게 된다.

Fig. 5(b)는 마이크로프로세서 내부 타이머 인터럽트 0을 이용하여 일정간격으로 인터럽터를 걸어 비상전지의 전압레벨을 12~13[V]로 유지하기 위한 순서도이다.

Fig. 6은 형광등의 기동부터 발진까지의 양극전압 및 인버터 입력전류에 대한 실험과형을 나타내고 있다. 기동 후 약 0.4초간 예열기간을 거친 후 발진을 개시하고 있으며, 발진이 시작되면 Lamp 양극전압은 70[V]로 유지 되는 것을 알 수 있다.

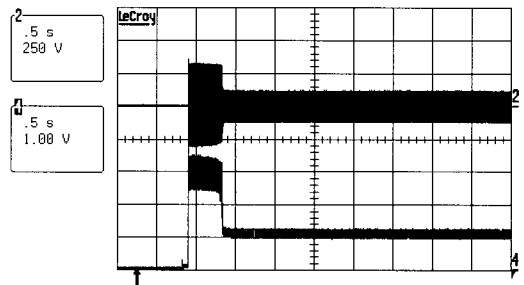
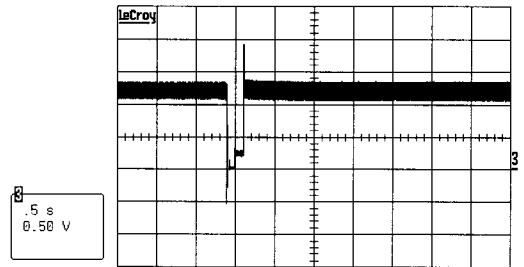
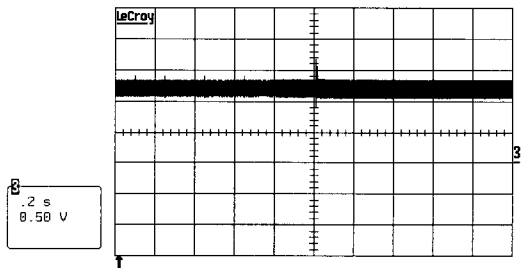


Fig. 6 Starting characteristics (upper : lamp voltage (250V/div), lower : inverter input current(1A/div))



(a) Conventional method



(b) Proposed method

Fig. 7 Input current of HB inverter (0.5A/div)

Fig. 7은 비상급전시의 HB inverter 입력전류를 관측한 것이다.

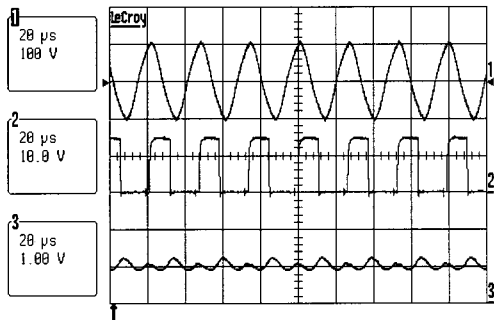
Fig. 7(a)는 릴레이를 이용한 기존의 아날로그 방식으로서 급전시의 휴지시간은 약 200[msec]이며, Fig. 7(b)는 본 논문에서 사용한 방식은 휴지시간이 거의 없었다. (a) 방식의 제어 시에는 플리커 현상이 매우 크며, 급전실패가 간헐적으로 일어나고 있었으며, (b)의 경우는 전혀 플리커 현상이 없이 급전이 잘 이루어지고 있었다.

Fig. 8은 듀티비 40[%] 하에서 주파수 제어에 의한 전력 제어 특성을 알아보기 위한 실험파형으로서 Lamp 양극전압 및 인버터 입력전류 파형을 관측한 것이다. 위로부터 Lamp 양극전압, 게이트 펄스, Inverter 입력전류를 나타낸다.

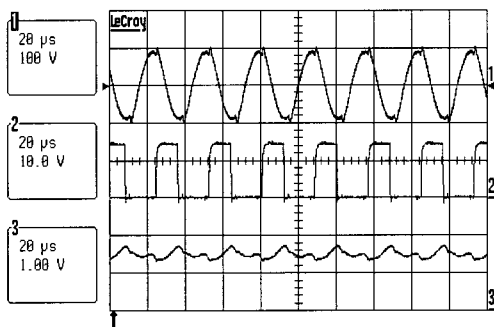
Fig. 8(a)는 주파수 37.0[kHz], 전력 13[W]일 때의 파형으로서 양극전압은 약 70[V]이며, 전류는 1.1[A]이다.

Fig. 8(b)는 주파수 35.5[kHz], 18.5[W]일 때의 파형으로서 양극전압은 약 70[V]이며, 전류는 1.4[A]이다.

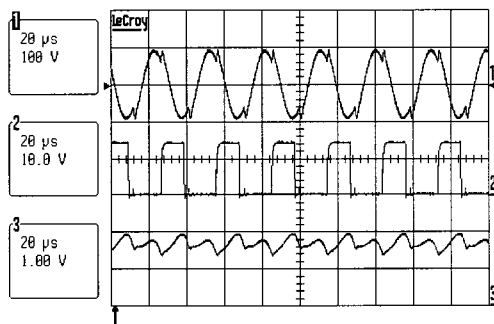
Fig. 8(c)는 주파수 34.0[kHz], 20[W]일 때의 파형으로서 양극전압은 약 69[V]이며, 전류는 1.67[A]이다.



(a) f=37[kHz]



(b) f=35.5[kHz]



(c) f=34[kHz]

Fig. 8 Power control characteristics

전력제어는 최대 입력전력 20[W]에서 최소 입력전력 13[W]까지 주파수 변화에 의해 제어하였으며, 입력측 전력제어 범위는 35.0[%]이다.

Table 1은 듀티비 40[%]에서 주파수 변화에 따른 전력 제어 특성을 표로 정리한 것이다.

Table 1 Power control characteristics

주파수 [kHz]	입력전력 [W]	Lamp 입력전력 [W]	효율 [%]
34.0	20.0	17.04	85.2
35.5	18.5	15.56	84.1
37.0	13.0	10.70	82.3

Table 1에서 Lamp 입력전력은 SMPS 및 마이크로프로세서 소모전력을 제외한 것으로서 주파수가 34~37[kHz] 범위에서 변동할 때 Lamp 입력전류가 28.5[%]까지 변동되고 입력전력을 약 35.0[%]까지 광범위하게 제어할 수 있음을 알 수 있다. 이 때 평균효율은 83.65[%]를 나타내고 있다.

4. 결론

본 논문에서는 선박비상조명용 전원장치를 마이크로프로세서로 제어할 수 있는 시스템을 구성하고, 실험한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 아날로그식 전원장치에서는 급전시에 발생하는 플리커 현상과 전류 불연속 현상으로 인해 급전실패가 발생하나, 디지털 제어방식에서는 휴지시간이 거의 나타나지 않아 성공적인 급전을 수행할 수 있었다.
2. 주파수 변화에 따른 Lamp 입력전력을 35.0[%]까지 광범위하게 전력제어를 할 수 있어 비상시 주변환경 변화에 따라 전력을 제어함으로써 장시간의 비상급전이 가능할 것으로 예상된다.
3. 마이크로프로세서에 의해 과도 이상전류의 용이한 검출을 할 수 있어 신뢰성과 안정성을 확보할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 김희준, "SMPS 기본설계, 공진형 컨버터 technical series, ER&C, pp.96~106, 2000.
- [2] 김희준, "스위치 모드 파워 서플라이", 성안당, pp.35~36, 2000. 8
- [3] 김희준, "스위칭 전원의 기본설계", 성안당, pp.35~253, 2004. 1.
- [4] 이치환, "HID 램프용 전자식 안정기의 설계", 한국조명·전기설비학회지, Vol.13, No.4, pp.14~20, 1997. 6.
- [5] 이성근, 전수균, 장민규, 김동석, 김윤식, "무전극 램프 구동용 전원장치의 전력제어 특성에 관한 연구", 대한전기학

- 회 추계학술대회 초고주파 방전 신광원 시스템 2차 워크숍, pp. 27~30, 2003. 10.
- [6] 조현춘, 송중구 “형광등 점등방식의 기술적 비교 검토”, 한국조명·전기설비학회지, Vol.11, No.3, pp.56~62, 1997. 6.
- [7] 전자기술연구회, “전원회로설계마스터”, 기문사, pp.375~384, 2003. 5.

원고접수일 : 2004년 6월 4일
원고채택일 : 2004년 8월 5일