

태양광발전시스템을 이용한 유도등용 형광램프의 점등에 관한 연구 A Study on Lighting Emergency Lamp using Photovoltaic Generation System

이상집* · 성낙규* · 이승환** · 오봉환[§] · 백동현^{§§†} · 이훈구^{§§§} · 한경희*

Sang-Chip Lee · Nark-Kuy Sung · Seung-Hwan Lee · Bong-Hwan Oh
Dong-Hyun Baek · Hoon-Goo Lee · Kyung-Hee Han

*명지대학교, **대덕대학, [§]명지전문대학
^{§§}경원전문대학, ^{§§§}용인송담대학

요 약

비상시 또는 화재발생시에 인명의 원활한 대피를 위한 피난유도설비는 매우 중요하다. 이중 유도등은 상시점등되어 있어야 할 뿐만 아니라 비상전원이 필요하므로 경제적 손실이 커지게 된다. 본 연구에서는 태양전지, 초퍼, 인버터로 태양광발전시스템을 구성하여 태양광으로부터 발생하는 에너지를 축전지에 저장시킨후, half-bridge 인버터를 이용하여 상용전원없이 유도등이 점등되도록 제어하였다. 그 결과 상용전원으로 유도등 점등시와 제안한 시스템에 의한 유도등 점등결과가 동일함을 입증하고 그 유용성을 확인하였다.

ABSTRACT

Emergency lamp is installation usage on an emergency situation or firing. It's an offer at least of brightness. It's lighting to common source usually. It's transfered to reserve battery on power stoppage. This emergency lamp is lighted from solar cell system. The solar cell should be operated at the maximum power point. This paper proposes the new control method that half-bridge inverter using the solar cell can operate emergency lamp.

Keyword : Emergency lamp lighting, solar cell, half-bridge inverter

1. 서 론

산업의 발달과 인구의 증가는 건축물의 대형화 및 고층화를 요구하고 있다. 따라서 화재 사고는 대형화 되고, 인명의 손실도 커지게 되므로 방재설비도 인텔리전트화되고 있다

더욱 화재발생시 건축물의 재실자를 피난구나 피난을 위한 설비가 있는 곳까지 안전하게 유도시키는 것은 매우 중요한 것이다. 모든 소방대상물에 설치하도록 되어있는 유도등은 상시 점등되어야 하기 때문에 비상시 상용전원이 차단되더라도 최소한의 보안전력을 확보하여야 한다. 따라서 전력의 소모가 커지고 경제적 손실을 초래하게 된다. 그러므로 태양광으로부터 발

생되는 에너지를 축전지에 저장하여 유도등을 점등하도록 한다면 경제적인 측면과 환경적인 측면에서 큰 효과를 기대할 수 있다. 현재 소방분야가 아닌 다른 분야에서는 태양전지를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 유도등과 같은 피난유도설비에 이용하고자 하는 연구는 진행되고 있지 않은 실정이다.¹⁾

본 연구에서는 신에너지원으로서 공해가 없으며, 대체에너지로 새로이 각광받고 있는 태양전지를 이용하여 현재의 유도등 전원이 상용전원과 비상전원에 의해 구동되었던 것을 태양광발전시스템을 이용하고자 한 것이다. 이를 위해 초퍼로 전압을 승압하여 축전지에 충전시키고, half-bridge 인버터를 이용하여 상용전원 없이도 안정적이며, 경제적으로 유도등을 점등시킬 수 있는 태양광발전의 유도등 점등 시스템을 제안하여 고찰하고자 한다.

† E-mail: dhbaek@kyungwon-c.ac.kr

2. 태양광발전시스템

2.1 태양광발전제에 의한 유도등 시스템

Fig. 1은 본 연구에 적용된 시스템 블록도이다. 화재 발생시 상용전원이나 비상전원없이 태양전지에 의한 전원만으로 유도등이 안정적으로 점등되도록 초과와 half-bridge 인버터 시스템으로 구성하였다. 시스템블록도에서 상시점등은 ①번의 경로로, 일사량이 부족한 야간 및 우천시에는 ②번의 경로로 유도등이 점등되도록 하였다.

2.2 태양전지

인공위성이나 산간벽지와 같이 상용전원의 설치가 곤란한 곳에 주로 사용되어지고 있는 태양전지는 광기 전력 효과(photovoltaic effect)를 이용하여 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 반도체 소자이다. 실제적인 태양전지의 등가회로는 Fig. 2와 같다.^{2,3)}

I_{ph} : 광전류[A] I_D : 다이오드 전류[A]
 V_D : 접합전압[V] I_{sh} : 누설전류[A]
 R_{sh} : 병렬저항[Ω] R_s : 직렬저항[Ω]

태양전지의 출력전류 I 는 다음과 같다.

$$I = I_{ph} - I_D - I_{sh} \quad (1)$$

여기에서, I_D 는 다이오드에 흐르는 전류이며 식 (2)와 같고 I_{sh} 는 포화전류이다.

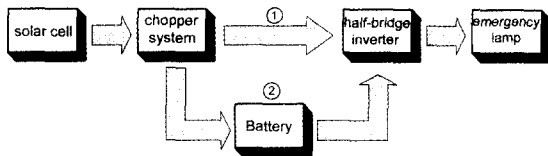


Fig. 1. System block diagram.

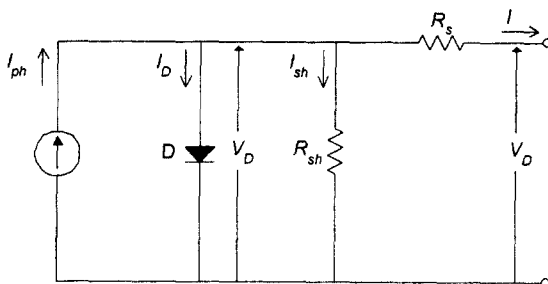


Fig. 2. Equivalence circuit of solar cell.

$$I_D = I_0 \left[\exp\left(\frac{qV_D}{Ak_B T}\right) - 1 \right] \quad (2)$$

누설전류 I_{sh} 는 접합전압에 비례하며, 누설저항으로 나타내면

$$I_{sh} = \frac{V_D}{R_{sh}} \quad (3)$$

$$V = V_D - IR_s \quad (4)$$

이 된다.

q [C]: 전하량, A : 이상계수, k_B [JK^{-1}]: 볼츠만 상수, T [K]: 절대온도

결과적으로 I 는,

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp\left(\frac{q(V + IR_s)}{Ak_B T}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (5)$$

이 된다.

2.3 축전지와 유도등

태양광발전시스템에서는 주야간 및 우천시와 같이 일사량이 크게 변화하므로 발생된 전기에너지를 저장하는 축전지가 포함되는 경우가 대부분이다. 축전지는 일조시간에 태양전지로부터 전력을 충전하고, 일몰 후 태양전지로부터의 출력이 없을 때나, 흐린날, 우천시와 같이 태양전지의 출력이 부족할 때 부하에 전력을 공급하게 된다. 이와같이 축전지는 태양광발전시스템에서 필수적이며 중요한 역할을 한다. 축전지의 충전량은 기후변화에 의해서 좌우되므로 과충전, 부족충전, 과방전이 진행되면서 축전지의 노화 즉 용량감소가 일어나게 된다.

따라서 태양광 발전시스템의 성능을 좌우하는 큰 요소가 축전지의 충·방전상태와 태양전지와 축전지 사이의 상호 출력관계이므로 축전지의 종류 선택에서부터 용량설계까지 신중을 기해야 한다.

태양광 발전시스템이 설치되는 곳의 축전지는 부하상태에 따라 충전상태가 다르게 되므로 최소 3개월에 1번 이상 균등충전을 하여야 할 필요가 있고, 방전 후 충전을 행하지 않고 장시간 방치하지 않도록 축전지의 보수 및 점검이 필요하다.

화재시에 그 건물로부터 신속히 탈출하기 위한 출구 혹은 그 방향을 유효한 조도로 표시하는 유도등의 구조, 성능에 대해서는 기준이 정해져 있다. 유도등은 통상 상용전원으로 종일 점등하고 상용전원이 정전되었을 때에는 자동적으로 비상전원으로 교체되어 20분 이

상 점등하는 것이 의무 규정으로 되어 있다. 현재 대부분 건축물에서 유도등 점등을 위한 스위치는 발전기의 ATS(Automatic Transfer Switch)에 연결된 차단기에 의해 on/off할 수 있도록 되어 있다.

2.4 전체시스템 구성도

Fig. 3은 승압초퍼와 half-bridge 인버터를 이용하여 태양전지의 직류출력을 유도등 부하에 공급하는 주회로도로서 태양전지의 출력에 의해 유도등이 점등되도록 한다. 태양전지의 직류 출력전압 E_s 는 승압초퍼에 의해 half-bridge 인버터의 입력전압 e_d 로 승압된 후, 인버터에 의해 교류전압 e_o 로 변환되어 유도등에 전류 i_L 를 공급한다. 축전지의 충전은 태양전지의 전압과 전류를 검출한 후, 마이크로프로세서로 현재의 값과 과거의 값을 비교하여 일사량과 부하변화에 관계없이 항상 최대출력점을 추적하는 방법을 이용하였다.^{3,5)}

Fig. 3은 4와 같은 등가회로로 표현할 수 있고 회로의 동작은 다음과 같다.

(1) 모드 1

S_1 - ON, S_2 , D_B - OFF

이 모드는 S_2 가 OFF된 후의 모드로서 i_L 의 전류는 $E_{c1} \rightarrow S_1 \rightarrow L_i \rightarrow L_e, C_o^*, R^*$ 의 병렬접속회로를 통하여 흐르

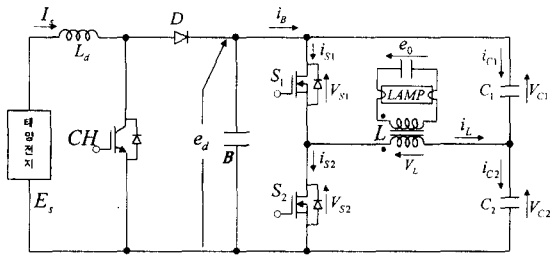


Fig. 3. Emergency lamp lighting system.

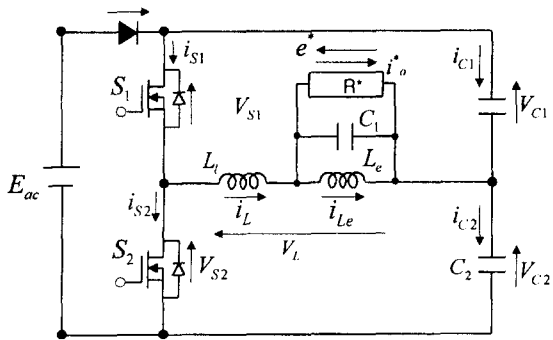


Fig. 4. Equivalent circuit of Emergency lamp lighting system.

고, 자계에너지는 L_i 과 L_e 에 축적된다. 이 경우 i_B 에는 전류가 흐르지 않는다.

(2) 모드 2

S_1, D_B - OFF, S_2 - ON

이 모드는 S_1 이 OFF되고 S_2 가 ON될 때의 동작을 나타낸다. 공진전류 i_L 은 $L_i \rightarrow L_e, C_o^*, R^*$ 의 병렬접속회로 $C_2 \rightarrow S_2$ 의 경로로 흐르게 된다. 이 모드에서 첫번째 L_i 과 L_e 에 축적되었던 자계 에너지의 대부분은 C_2 로 전달되고 V_{c2} 는 정현적으로 증가된다. 두 번째 C_2 에 저장된 에너지는 L_i 과 L_e 로 다시 전환되고 정현적으로 감소한다. 이 경우 $E_{c1} \times V_{c2}$ 는 E_{ac} 보다 작게 되고 i_B 는 모드 3의 동작으로 넘어가게 된다.

(3) 모드 3

S_1 - OFF, S_2, D_B - ON

이 모드는 E_{ac} 가 $E_{c1} \times V_{c2}$ 보다 크고 D_B 가 ON된 후에 동작을 나타낸다. 이 상태에서 전류 $i_B (= |i_{c1}| = -i_L)$ 는 $E_{ac} \rightarrow D_B \rightarrow E_{c1} \rightarrow L_e, C_o^*, R^*$ 의 병렬접속회로 $L_i \rightarrow S_2$ 의 경로로 흐른다. 이 경우 전류 i_{c2} 는 C_2 를 통해 흐르지 않으며 V_{c2} 는 일정하게 유지된다.

3. 시뮬레이션

Table 1은 유도등 점등을 시뮬레이션하기 위한 변수이다. Fig. 5는 현재 사용되고 있는 유도등을 제어대상을 시뮬레이션하기 위한 회로도이며, PSim을 이용하였다.

Table 1. Simulation Parameter

E_s	220 V	C_1	270×10^{-6} F
C	2200×10^{-6} F	C_2	0.054×10^{-6} F
L_d	20×10^{-3} H	C_o	0.02×10^{-6} F
f_{ac}	60 Hz	L_1	0.66×10^{-3} H
f_s	2500 Hz	L_e	0.72×10^{-3} H
R	500		

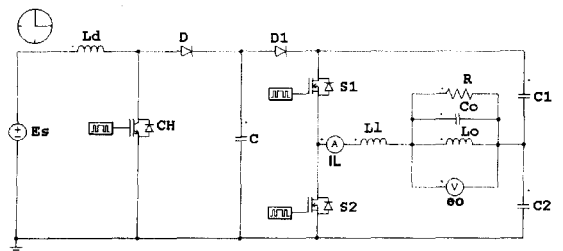


Fig. 5. Simulation circuit diagram.

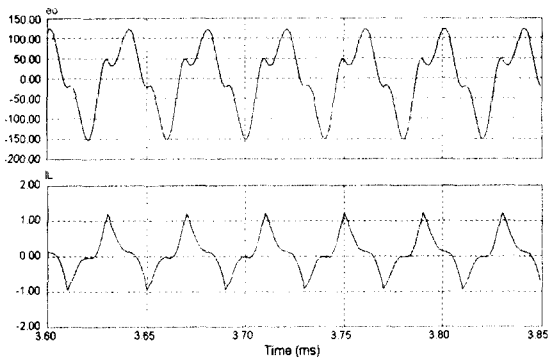


Fig. 6. Simulation waveform.

Table 2. Experiment circuit element and parameter

태양전지	M65 (siemens)
축전지	12 RG 52
MOSFET	FBA50CA50
유도등용 Lamp	DBE FL-10D

Table 3. Solar cell specification

최대출력전력	43 [Wp]
개방전압 (V_{oc})	18.0 [V]
단락전류 (I_{sc})	3.32 [A]
Voltage at Load	14.6 [V]
Amperage at Load	2.95 [A]
크 기	1083×330×36[mm]
무 게	4.8 [kg]

Fig. 6은 Fig. 5의 유도등 점등회로도를 시뮬레이션한 것으로 유도등의 입력전압과 전류파형을 보여준다.

4. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 태양전지를 이용하여 유도등을 점등하기 위한 것으로 Table 2와 같은 소자로 회로를 구성하여 실험하였다. Table 3은 실험에 사용한 태양전지의 사양이다.

일반적으로 스위칭 소자는 턴오프시간이 턴온시간보다 길기 때문에 암단락 방지를 위하여 데드타임을 고려하여야 한다. 그러므로 Fig. 7은 half-bridge 인버터의 MOSFET S_1 과 S_2 가 암단락을 발생시키지 않도록 하기 위해 $4\mu s$ 의 데드타임을 준 파형이다.

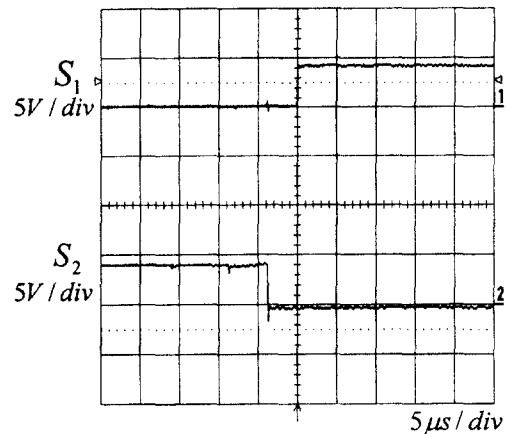


Fig. 7. Deadtime of inverter.

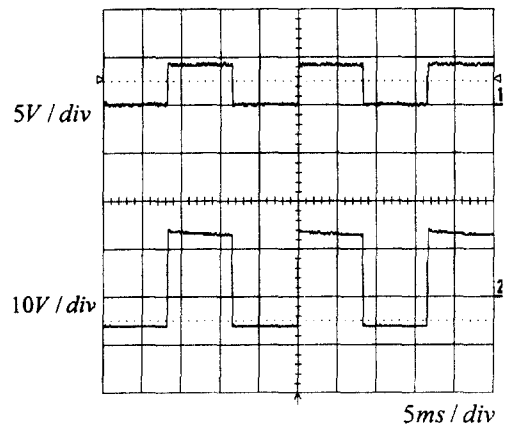


Fig. 8. Control signal waveform.

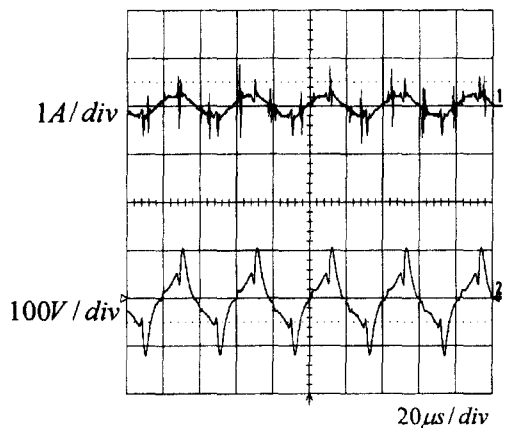


Fig. 9. Input waveform of emergency lamp using photovoltaic system.

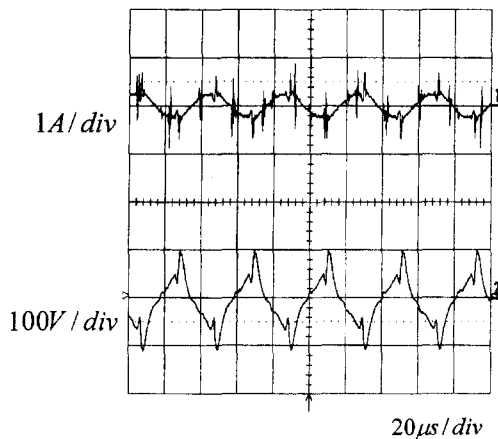


Fig. 10. Input voltage of emergency lamp at utility source.

Fig. 8은 half-bridge 인버터시스템을 제어하기 위한 마이크로프로세서의 출력전압파형과 드라이브회로의 출력파형으로 동일하게 인가되고 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 9는 태양광발전시스템을 이용한 유도등의 입력 파형으로 Fig. 6의 시뮬레이션 파형과 유사함을 볼 수 있다.

Fig. 10은 상용전원을 유도등에 공급하였을 경우의 전류와 전압파형으로 Fig. 9의 태양광발전시스템을 이용한 유도등 점등시의 파형과 동일함을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문은 화재발생시 이용되는 유도등 점등에 관한

연구로 태양광발전시스템을 이용하였다. 회로구성은 태양전지, 초퍼와 half-bridge 인버터로 전체시스템을 구성하였다. 전체 시스템 전원으로는 태양전지를 이용하였으며 전력변환장치인 초퍼 시스템은 태양전지의 출력을 축전지에 최대로 저장하도록 제어하였다. 따라서 상용전원이 필요없게 되고 설비가 간단하면서도 독립전원으로 이용할 수 있다. 또한 태양광발전시스템을 이용한 half-bridge 인버터의 교류출력으로 유도등을 점등할 수 있음을 확인할 수 있었다.

앞으로 LED를 이용한 유도등 점등에 관한 분야로 연구가 계속된다면 유도등의 저가화 및 에너지절약에 큰 효과가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 백동현, "소방전기 시설론", 통일출판사, pp. 337-355 (1996)
2. Ziyad Salam and Daniel Taylor, "Stepup maximum power point tracking for photovoltaic arrays", Solar Energy Vol. 44, No. 1, 57-61(1990)
3. Katsumi Ohniwa, Tadao Fujimaki, Yoshihiko Yoda, "A New Maximum Power Control Method of Photovoltaic Power System", JIEE, Vol. B111, No. 10(1991)
4. Hirofumi Mastsuo, Keiichi Shimizu, Fujio Kurokawa and Lishan Tu, "Performance Characteristics of a Novel Modified Half-Bridge Inverter as an Electronic Ballast for Lighting", IEEE PESC, Vol. 4, pp.2028-2034(1998)
5. 성낙규 외, "승강압 초퍼에 의한 태양전지의 최대출력 추적제어", 전기학회 논문지 Vol. 43. NO. 11, pp. 1846-1855, 1994.11