

Solar Cell을 적용한 교통 시설물용 시선유도 표시등 전원 충전용 컨트롤러에 관한 연구

°윤형상*, 윤석암*, 임중열*, 조경재*, 김민*, 김재민**, 차인수**

* 동신대학교 대학원 전기전자공학과

** 동신대학교 전기전자공학과

The Study on the Controller for Battery of Guide-Eye Sign Lamp Power Supply with Traffic Auxiliary System by Solar Cell

°Hyung-Sang Yoon*, Suck-Am Yoon*, Jung-Yeol Lim*, Kyeng-Jai Cho*,

Min Kim,* Jae-Min Kim**, In-Su Cha**

* Dept. of Electrical & Electronics Eng. Graduate School of Dongshin Uni.

** Dept. of Electrical & Electronics Eng. Dongshin Uni.

Abstract

This paper represent about design of the controller for battery of Guide-Eye Sign Lamp with traffic auxiliary system for power supply using solar cell. Simulation is represents V-I and power characteristic by Mathematica & Design Center 6.3 & Qnet 2.1. This system is successfully operating with high clearness lights.

1. 서론

최근 한정된 자원과 심각한 환경 오염 문제에 대한 인식이 대두됨에 따라 대체 에너지 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이에 따라 선진 각 국에서는 대체에너지에 대한 단계별 정책을 세워 실현해 나가고 있다.

이러한 대체에너지 중 하나인 태양광 발전은 무한하고 깨끗한 태양에너지를 반도체 소자인 태양전지를 이용하여 전기로 변환하는 것으로써 소음이 적으며 운전, 유지, 보수가 간편하다는 장점이 있지만 태양전지를 비롯한 시스템의 초기 설비투자비가 높다는 단점을 갖고 있어 인공위성, 원격지 통신 및 무인 관측소의 전원 등 소규모의 극히 제한된 분야에 이용되어 왔다. 그러나 최근 심각하게 대두되고 있는 지구환경 문제를 해결하는 차원에서 청정에너지인 태양광발전의 장점을 고려하여 이용분야 확대를 위한 시도가 활발히 진행중이다.

그리고 긴급한 공사 및 건설 현장에서 보행자나 운

전자에게 위험성을 알려주는 기존의 시선 유도 표시등은 우천시 지나가는 차량에 의한 흠탕물이나 공사장 주변의 많은 먼지 등에 의해 유도 표시등의 휘도성이 떨어지거나 표시등의 표면에 변색이 이뤄져서 짧은 수명으로 인한 경제적 문제도 야기된다. 또한 국내 시선유도 표시등은 외국 제품이 거의 변색이 되지 않은 반면 국내 제품은 쉽게 변색이 되어 국내 시장을 잠식당하고 있는 실정이다

본 논문에서는 이러한 점들을 고려하여 기존의 시선유도 표시등에 고휘도의 LED를 부착하여 이러한 문제점을 해결하고자 하며 고휘도 LED에 필요한 전원은 태양전지를 이용해 시스템의 전원부를 충전시켜 교통 안전 시설물중 하나인 시선유도 표시등을 구동하는데 필요한 전원으로 활용하였으며 본 논문에서 제안한 시스템을 보다 더 연구하여 완벽하게 실용화를 시킨다면 친환경적이며 유동적인 교통안전 시설물로서 적절히 활용 할 수 있을 것이다.

2. 태양전지 시스템 기술의 정의와 특성

2-1. 태양전지 기술의 정의

태양전지는 무한정, 무공해의 태양에너지를 이용하여 직접 전기에너지로 변환시키는 신 발전 기술이다. 발전소자인 태양전지의 기본 원리는 반도체 PN접합으로 구성된 태양전지(solar cell)에 태양광이 입사되면 반도체의 금지대폭보다 큰 파장영역의 광에너지에 의해 전자-정공 쌍이 여기되고, 전자와 정공이 이동하여 n층과 p층을 각각 음극과 양극으로 대전시키는

광기전력효과(photovoltaic effect)에 의해 기전력이 발생하며, 외부에 접속된 부하에 전류가 흐른다.

2-2. 태양전지 기술의 특성

태양전지를 다 전지와 비교하여 보았을 때 무한정한 에너지원이므로 연료비가 필요 없고 청정에너지원인 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시킴으로서 연소과정이 수반되는 타 발전방식에 비하여 대기오염이나 폐기물 발생이 적다. 그리고 태양전지는 반도체 소자이기 때문에 기계적인 진동과 소음이 없다. 또한, 발전용량의 산출이 용이하고 설치 기간이 짧아서 이동식 또는 반고정식의 유동적인 형태의 전력생산에 가능하다. 태양전지는 계산기 등의 적은 전원으로 사용 가능하며, 주택용 전원으로 사용되는 소규모발전 그리고 공장용 대규모발전까지 어떠한 태양광발전의 이용규모에도 그 발전효율이 동일하며, 다른 발전 방식에서는 볼 수 없는 규모의 대상에 따라 이용이 가능하다.

태양전지 모듈의 수명은 현재 기준으로 최소 20년 이상으로서 초기 설치 시부터 교체 시까지의 기간이 타 발전방식에 비해 충분히 길다. 태양전지 시스템은 그 구조가 비교적 단순하기 때문에 다른 시스템 방식에 비하여 점검·보수가 용이하다는 장점을 가지고 있다.

그러나 이와는 반대로 태양전지 시스템의 단점은 태양전지의 가격이 고가이고 외부 환경에 대한 영향이 크고 에너지밀도가 희박하여 태양모듈을 설치하는데 있어서 넓은 면적의 장소가 필요하다. 결정질 태양전지의 변환효율은 13% 정도이고 비정질 태양전지의 변환효율은 7% 정도이다.

자연 및 기상조건에 좌우되고 1일 중에서도 빛의 방사 및 도달정도에 따라서 전기의 출력량이 다르다. 또한, 태양전지에서 출력되는 형태가 직류이기 때문에 교류전원에는 반드시 인버터가 필요하다. 태양전지는 출력 전력을 축적하는 기능을 가지고 있지 않기 때문에 축전지와 같은 전력저장시스템이 필요하다.

2-3. 태양전지의 특성

그림 1은 광기전력효과(Photovoltaic Effect)를 이용한 태양전지의 등가회로를 보여주고 있다.

이상적인 경우, 광 투사시의 전압 전류 특성은

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp\left(\frac{qV}{nKT}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

이 되지만, 실제로는 직렬 저항 R_s 와 병렬 저항 R_{sh} 가 가해져 그림 2와 같이 되고, 식 (1)은

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp\left(\frac{q(V + IR_s)}{nKT}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{2} \quad (2)$$

가 된다. 여기서, I 는 출력전류, I_{ph} 는 광전류, I_0 는 다이오드 포화전류, n 은 다이오드 상수, K 는 볼츠만 상수이고 q 는 전자1개의 전하이다. 이를 전압 전류 특성 곡선으로 나타내면 그림 2와 같이 된다.

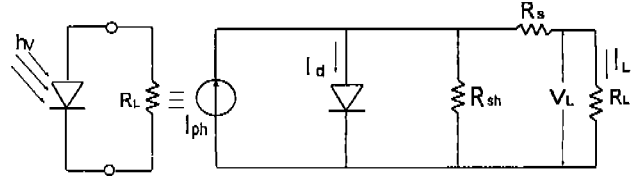


그림 1. 태양전지의 등가회로

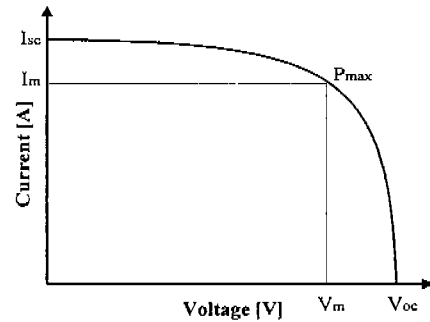


그림 2. 태양전지의 전압, 전류곡선

그림 2에서 개방 전압 V_{oc} , 단락전류 I_{sc} , 곡선인자 FF(Fill Factor)등 3개의 변수는 에너지 변환효율과 관련되는 파라미터로서, 우선 개방전압은

$$V_{oc} = \frac{nKT}{q} \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1\right) \quad (3)$$

이 되고, 단락전류는

$$I_{sc} = I_{ph} - I_0 \left[\exp\left(\frac{qIR_s}{nKT}\right) - 1 \right] \quad (4)$$

이 되며, 곡선인자는

$$FF = (V_m \times I_m) / (V_{oc} \times I_{sc}) \quad (5)$$

로 정의되고, 여기서 V_m 은 태양전지의 최대출력전압, I_m 은 최대출력전류이다. 태양전지의 에너지 변환효율은 태양전지에서 얻을 수 있는 최대의 전기 에너지를 입사광에너지로 나눈 값으로 다음과 같다.

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P_{in}} = \frac{V_{OC} \times I_{SC}}{P_{in}} \times FF \quad (6)$$

여기에서, P_{in} 은 입사된 태양광 에너지이다.

3. 전체 시스템의 구성도

그림 3은 본 연구에서 구성한 시선유도 표시등 구성을 나타낸다. 시선유도 표시등 안에는 고휘도의 발광 다이오드를 넣어서 구성한 깜박이 회로가 삽입되었고 태양 전원을 충전하기 위한 제어 컨트롤러 Box밖에 부착되어 있다.

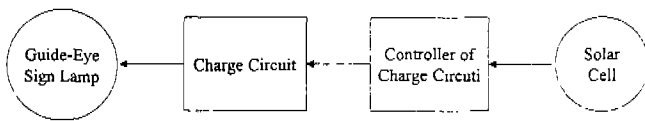


그림 3. 시스템의 구성도

4. 태양전지를 이용한 배터리 충전 시스템의 구성

실제 웅벽 및 터널용 시선유도 표시등의 외관은 그림 4에 나타냈는데 이는 어두운 터널 내부 및 야간의 운전자에게 웅벽 및 터널의 경계를 알려 주는 시스템 이기에 운전자에게 빠른 시간에 식별이 가능해야 하기에 고휘도의 불빛을 가진 시스템이 되어야 한다.

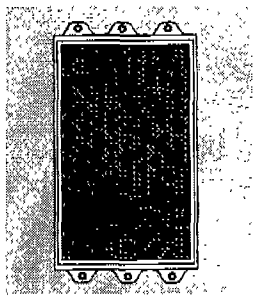


그림 4. 웅벽 및 터널용 시선유도 표시등 외관

그림 4. 웅벽 및 터널용 시선유도 표시등 외관 태양전지를 이용한 충전회로의 구성은 그림 5와 같다. 본 논문의 시스템의 구성은 태양전지 어레이(LG 실트론, 18V, 600mA), 축전지(FNC1240, 12V, 2.4AH), 충전회로부, 점멸회로부로 구성되었다. 그리고 부하로는 고휘도 LED (2V, 15mA)를 사용하였다.

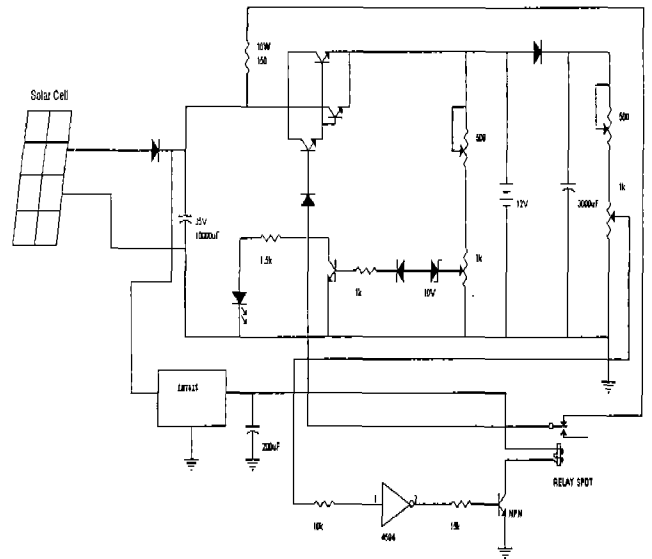


그림 5. 태양전지 충전회로의 구성도

5. 시뮬레이션 및 결과검토

본 논문에서는 Mathematica, Design Center 6.3, Qnet 2.1 등을 사용하여 시뮬레이션을 하였다.

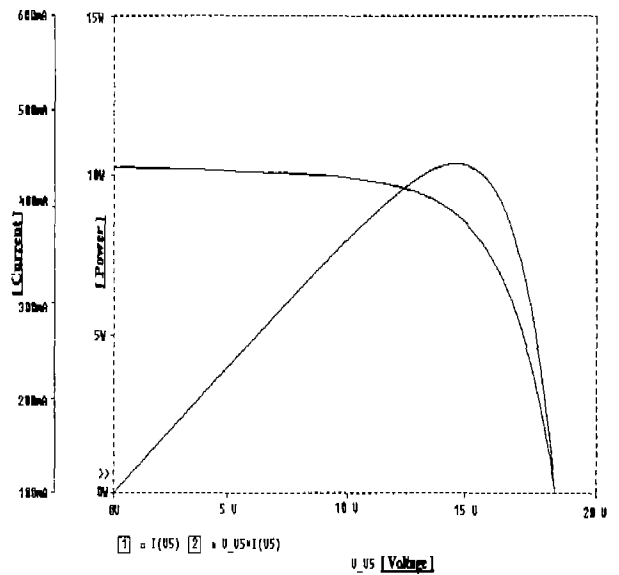


그림 6. 태양전지의 V-I 특성곡선 및 전력곡선

그림 6은 태양전지의 부하전압 18[V], 부하전류 600 [mA], 최대전력 10.8 [W]의 특성을 갖는 V-I 특성곡선 및 전력곡선을 DESIGN CENTER를 이용하여 시뮬레이션하여 그 출력전압을 나타내었다.

또한 충전기의 충전전류 충전 특성을 그림 7에 나타냈는데 만 충전 시간이 거의 4시간 정도 걸려서 국내에서의 어떤 지방에서도 충분한 일사시간을 갖기

때문에 터널 내부 및 야간에 사용되는 응벽 및 터널 용 시선유도 표시등의 전원 공급용으로써 적정하다고 사료된다.

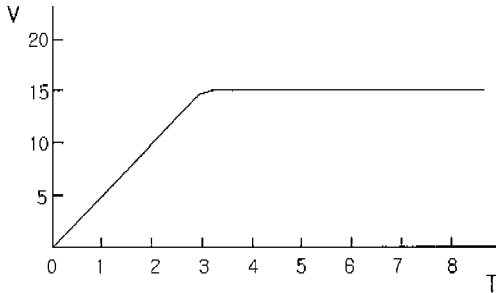


그림 7. 충전 회로의 전압 파형

그림 6으로부터 최대전력점을 얻는 최대 동작 전압은 15[V]임을 알 수 있었고 그림 7에서의 결과를 통해서 응벽 및 터널용 시선유도 표시등 전원 공급용 충전기 콘트롤러의 정상적인 충전전압특성을 알 수 있었다.

6. 결론

본 논문에서는 교통시설물의 일종인 응벽 및 터널 용 시선유도 표시등의 전면에 3개의 깜박이등을 넣어서 높은 휘도로 야간 및 터널 내부 운전자에 대한 경고성을 충분히 갖도록 태양광 전원에 의한 충전기 콘트롤러 및 시선유도 표시등을 제작하였다. 이 시스템은 기존의 응벽 및 터널용 시선유도 표시등에 비해서 50m이상 떨어진 거리에서도 운전자에게 명료한 불빛의 경고등의 특성을 얻었고, 앞으로의 연구는 전원 공급이 어려운 긴급공사나 사고 현장에 설치 및 제거하기 쉽고 이동이 간편한 시스템을 구성하고자 한다.

참고 문헌

- [1] Lyon, E.F, "The Design and Construction of a 100kW Photovoltaic Remote Stand-Alone Power System", 1979 Photovoltaic Solar Energy Conference, Berlin, Germany 23-26 April 1979
- [2] 한국에너지 기술 연구소, "고속도로 태양광 가로등 개발 연구, 1993, pp. 1-86
- [3] Ned Mohan, et.al," Power Electronics".Second edition, John Wielely & Sons, Inc. 1995.
- [4] John A. Duffie, et al "Photovoltaic Eenergy Systems" McGraw-Hill Book Co. New York, 1983

- [5] Dugan, R.C., Jewell, W.T.and Roesler, D.J., "Harmonics and Reactive Power from Line-commutated Inverters in Proposed Photovoltaic Subdivision",IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 102-9, 3205-3211, 1983.
- [6] M.A.Greem, "Solar Cell : Operating Principles, Technology, and System Applications", 1982.