

## PV module을 이용한 응벽용 반사판 특성에 관한 연구

윤용선\*, 김대근\*, 유희옥\*, 신일철\*, 정학수\*, 차인수\*\*

\* 동신대학교 대학원 전기전자공학과

\*\* 동신대학교 전기전자공학과

### A study on the characteristic a reflector of retaining wall by PV module

Yong-Sun Yoon\*, Dae-Geon Kim\*, Hee-Ok Yoo\*, Il-Chol Shin\*, Hak-Su Jung\*, 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 a reflector of retaining wall for power supply using PV Module. Simulation is represents V-I and power characteristic by Mathematica & Design Center 6.3 & Qnet 2.1. Finally, we composed of road surface-signpost system. This system is successfully operating with high clearness lights.

#### 1. 서론

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 지구환경문제를 해결하는 차원에서 청정에너지인 태양광발전의 장점을 고려하여 이용분야 확대를 위한 시도가 활발히 진행중이다.

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

본 논문에서는 이러한 점들을 고려하여 기존의 응벽용 반사판에 고휘도의 LED를 부착하여 이러한 문

제점을 해결하고자 하며 고휘도 LED에 필요한 전원은 태양전지를 이용해 시스템의 전원부를 충전시켜 교통 안전 시설물중 하나인 응벽용 반사판을 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. 응벽용 반사판의 목적과 기능

##### 2.1 응벽용 반사판의 사용

응벽용 반사판의 기능은 현재 진행하고 있는 도로에 새로운 차량들의 진 출입이 있을 때와 같이 도로 상황의 변화가 있을 경우, 이러한 변화가 있다는 것을 차량의 운전자에게 사전에 경고하여 경각심을 갖도록 하는 역할이다. 경사나 굴곡이 심한 도로의 경우, 또는 안개가 끼어서 전방의 도로 형태를 잘 파악할 수 없는 경우에 도로를 따라 일렬로 배치한 응벽용 반사판의 배치를 보고 도로 선형을 운전자가 미리 알 수 있게 하는 역할이다. 이러한 역할을 만족시키기 위하여 응벽용 반사판이 갖추어야 할 요건은 상황에 따라 차이가 있게되며, 이를 고려하여 장소에 따라 적절한 응벽용 반사판을 사용하여야 한다. 응벽용 반사판은 단색의 등을 일렬로 다수 배치하여 사용한다.

##### 2.2 응벽용 반사판의 두 가지 기능

###### 2.2.1 선형유도 기능

J.B. de Boer는 Public Lighting에서 운전자가 자신이 보는 시야내 세부사항의 변화에서 다음과 같은 정보를 얻어야 한다고 하였다.<sup>[1]</sup>

- ① 앞으로 5초~10초 사이에 운전자가 통과하게 될 도로 부분의 형태
- ② 이 도로 부분에 대한 자신의 위치와 움직임

③ 이미 도로상에 있거나 진입하려 하는 다른 차량의 위치와 움직임

④ 이 도로 부분에 있을 수 있는 장애물의 위치

도로조명이 이러한 목적을 달성하기 위해서는 도로 표면이 적절한 밝기를 유지하고, 휘도 분포가 가능한 균일하여야 하며, 글레어가 없고, 적절한 광학적 유도(optical guidance)가 제공되어야 한다. 시선유도표시등의 경우에는 글레어와 광학적 유도가 중요한 고려사항이 된다. 광학적 유도에 대해서 J.B. de Boer는 "안전속도에 의해 결정되는 거리에 걸쳐서 도로나 차선의 형태를 명확히, 즉각적으로 파악할 수 있는 수단들의 집합"이라고 정의하였다.<sup>[2]</sup> 광학적 유도를 제공하는 수단들을 통칭하여 국제조명위원회(CIE)에서는 시각적 유도(visual guidance)라는 명칭을 사용하고 있으며, 일본에서는 선형표시라는 말을 사용하고 있다.

### 2.2.2 경고 기능

운전자에게 경각심을 주기 위해서는 적절한 밝기를 유지하여 시선을 유도함과 동시에 점멸을 행할 필요가 있다. 그러나 선형유도를 위주로 사용하는 장소에서 점멸을 하는 것은 운전자에게 선형에 대한 혼란을 줄 수 있으므로 가능한 피하여야 한다.

## 3. 시인거리와 글레어

### 3.1 시인거리

앞서 언급한 de Boer의 시각정보 취득에 관한 내용에서 운전자가 5초~10초 동안 운행할 도로에 대한 정보를 취득하여야 한다고 한 것은, 운전자가 도로의 상황을 파악하고 이에 대한 대비를 하기 위한 시간이 이 정도 요구된다는 판단에 근거한 것이며, 운행 속도에 따라 거리가 달라진다. 일반 고속국도의 제한속도인 100(km/h)의 속도라면 이 거리는 140(m) ~280(m)정도이다.

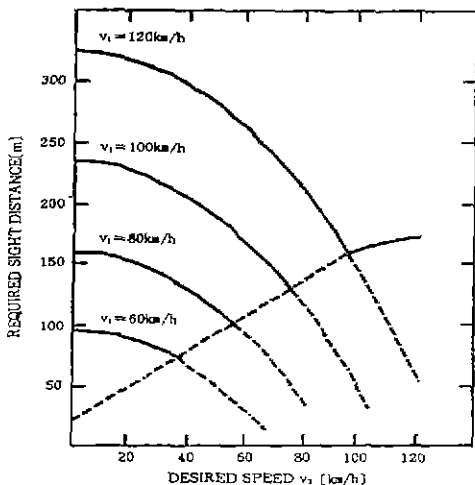


그림 1 장구간 예시거리  
Fig. 1 Long Range Preview Distance

Allen, Godthelp, Riemersma 등의 연구결과를 이용하는 것으로서 운전자가 3~4초 앞의 도로상황을 예측할 필요가 있다고 보고, 안전을 위해 5초를 할당한 것이다. 따라서 장구간 예시거리는 감속거리와 5초간의 이동거리 중에서 긴 쪽을 택하면 된다. 즉,

$$D_{pl} = \text{Maximum}(D_d, v \cdot t_{pl}) \quad (1)$$

여기서,  $D_{pl}$ : 장구간 예시거리(m)

$t_{pl}$ : 장구간 예시시간(5초)

이며, 이는 그림 1의 요구시야거리(Required Sight Distance)로서 쉽게 찾아낼 수 있다. 즉, 주어진 초기속도(그림에서  $v_1$ )와 안전속도(Desired Speed)에 대하여 점선으로 주어진 거리와 실선으로 주어진 거리 중 높은 값을 취하면 되는 것이다.

표 1에는 각 차량 속도에 대하여 계산된 시인거리를 나타냈다. 차량의 속도에 따라 시인거리가 달라지나, 이 중에서 가장 긴 것을 기준으로 하면 되므로 앞으로의 계산에서는 시인거리 150[m]를 기준으로 사용하면 된다.

표 1 각 차량속도에 대하여 계산된 시인거리(m)  
Table 1 Calculation visible distance of automobile velocity

차량속도 (Km/h)	de Boer의 시인거리	단구간 예시거리	장구간 예시거리	채택 시인거리
80	110~220	44	110	110
100	139~278	55	139	140
110	153~206	61	153	150

### 3.2 글레어

#### 3.2.1 글레어의 원인파 종류

글레어라는 것은 눈부심으로서 시야 내의 광원 등으로 인해 시력의 감퇴가 일어나거나 심리적인 불쾌감이 생기는 것을 말한다. 일반적으로 다음과 같은 것들이 글레어를 발생시키는 원인으로 간주된다.<sup>[4]</sup>

- 고휘도의 광원 - 휘도가 높은 광원이 눈에 보이면 글레어 발생
- 반사면 - 휘도가 높은 광원 등이 모니터 등에 반사되어 글레어 발생
- 순응의 결핍 - 어두운 곳에 있다가 밝은 곳으로 나오면 글레어 발생
- 휘도의 큰 차이 - 시야 내에서 휘도의 차이가 매우 커도 글레어 발생

글레어가 발생하면 시각적인 작업의 능률이 저하하거나 불가능하게 되며, 이로 인하여 재해가 발생할 수 있다. 또한 심리적으로 피로함과 권태감을 일으킨다.<sup>[5]</sup>

#### 3.2.2 글레어의 계산법

글레어의 정도를 정량화 하려는 시도는 매우 많았다. 불능 글레어는 "눈부심으로 인하여 시각 대상물과 그 배경간

의 대비가 어느 정도로 저하되어 보이는가"로 정의되어 있으며, 물리적인 양을 측정함으로써 계산될 수 있어서 상대적으로 정량화가 쉽다.

한편, 불능글레이어는 상대역 증분치(Threshold increment)  $TI$  로 계산되며,

$$TI = 65 \frac{L}{L^{0.8}} [\%] \quad (0.05 < \bar{L} < 5) \quad (2)$$

로 된다. 등가 광각회도  $L_v$  는

$$L_v = K \cdot \frac{E_G}{\theta^2} \quad (3)$$

여기서,  $K$  :  $\theta$  가 각도이면 10, 라디안이면  $3 \cdot 10^{-3}$   
 $E_G$  : 광원에 의해 관찰자의 눈에 발생한 조도(lx)

$\theta$  : 관찰자의 시선과 광원이 이루는 각도( $1.5^\circ \sim 60^\circ$ ) 와 같이 계산된다.

#### 4. 태양전지 특성

그림 2는 광기전력효과(Photovoltaic Effect)를 이용한 태양전지의 등가회로를 보여주고 있다.

이상적인 경우, 광 투사시의 전압 전류 특성은

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

이 되지만, 실제로는 직렬 저항  $R_s$ 와 병렬 저항  $R_{sh}$ 가 가해져 그림 2와 같이 되고, 식 (4)는

$$I = I_{ph} - I_0 \left[ \exp\left(\frac{q(V + IR_s)}{nKT}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{2} \quad (5)$$

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 3과 같이 된다.

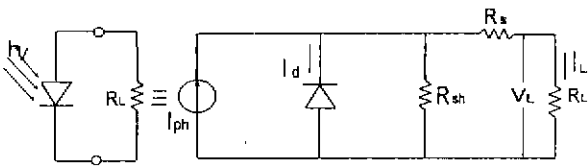


그림 2 태양전지의 등가회로  
 Fig. 2 Equivalent Circuit of Solar Cell

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

$$V_{OC} = \frac{nKT}{q} \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1\right) \quad (6)$$

이 되고, 단락전류는

$$I_{SC} = I_{ph} - I_0 \left[ \exp\left(\frac{qIR_s}{nKT}\right) - 1 \right] \quad (7)$$

이 되며, 곡선인자는

$$FF = (V_m \times I_m) / (V_{OC} \times I_{SC}) \quad (8)$$

로 정의되고, 여기서  $V_m$ 은 태양전지의 최대출력전압,  $I_m$ 은 최대출력전류이다.

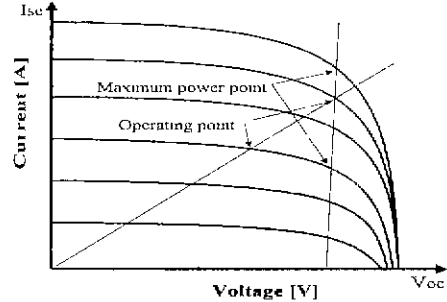


그림 3 태양전지의 전압, 전류곡선  
 Fig. 3 MPPT at Different Insolation with Solar Cell

#### 5. 전체 시스템의 구성도

그림 4는 본 연구에서 구성한 응벽용 반사판 구성을 나타낸다. 응벽용 반사판 안에는 고휘도의 발광 다이오드를 넣어서 구성된 깜박이 회로가 삽입되었고 태양 전원을 충전하기 위한 제어 콘트롤러 Box밖에 부착되어 있다.

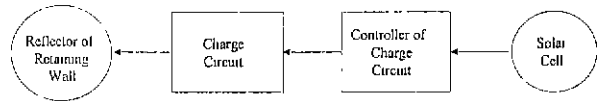


그림 4 시스템의 블록다이어그램  
 Fig. 4 Block Diagram of System

#### 6. 태양전지를 이용한 배터리 충전시스템의 구성

응벽용 반사판의 외관은 그림 5에 나타냈는데 이는 어두운 터널 내부 및 야간의 운전자에게 도로 표면 경계를 알려 주는 시스템이기에 운전자에게 빠른 시간에 식별이 가능해야 하고 유도성이 뛰어나면서도 눈이 부시지 않는 시스템이 되어야 한다.

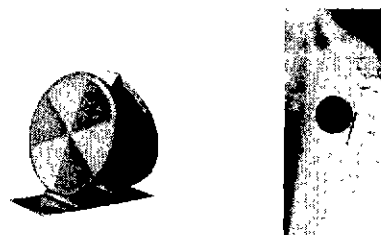


그림 5 응벽용 반사판 외관  
 Fig. 5 Outward of a reflector of retaining wall

그림 5는 용벽용 반사판 외관으로 태양전지를 이용한 충전회로의 구성은 그림 6과 같다. 본 논문의 시스템의 구성은 태양전지 모듈(LG 실트론, 18V, 600mA), 축전지(FNC1240, 12V, 2.4AH), 충전회로부, 점멸회로부로 구성되었다. 그리고 부하로는 고휘도 LED (2V, 15mA)를 사용하였다.

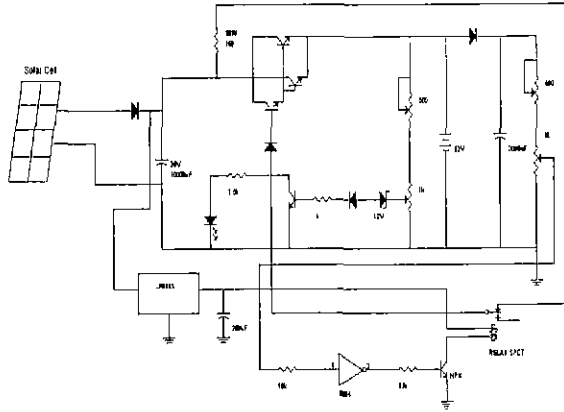


그림 6 태양전지 충전회로의 구성도  
Fig. 6 Circuit of Charge with PV Module

## 7. 시뮬레이션 및 결과 검토

본 논문에서는 Mathematica, Design Center 등을 사용하여 시뮬레이션을 하였다.

그림 7은 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.

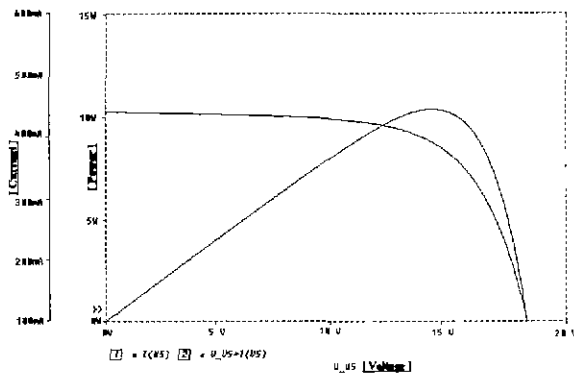


그림 7 태양전지의 V-I 특성곡선 및 전력곡선  
Fig. 7 Curve of V-I Characteristic and Power with PV Module

그림 8로부터 PV Module의 전압 전류 구동특성을 얻을 수 있었고 최대전력점을 얻는 최대 동작 전압은 18[V]임을 알 수 있었고 그림 8에서의 결과를 통해서 용벽용 반사판 전원 공급용 충전기 콘트롤러의 정상적인 충전전압특성을 알 수 있었다.

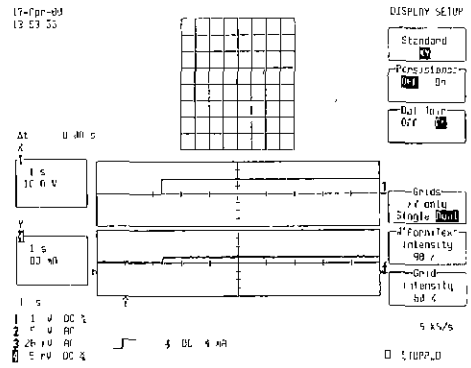


그림 8 PV Module의 V-I 실험파형  
Fig. 8 Experiment form of V-I with PV Module

## 8. 결론

본 논문에서는 교통시설물의 일종인 용벽용 반사판의 전면에 깜박이등을 넣어서 높은 휘도로 야간 운전자에게 대한 경고성을 충분히 갖도록 태양광 전원에 의한 충전기 콘트롤러 및 용벽용 반사판을 제작하였다. 이 시스템은 100m이상 떨어진 거리에서도 운전자에게 명료한 불빛으로 유도하는 특성을 얻었고, 전원 공급이 어려운 긴급공사나 사고 현장에 설치 및 제거하기 쉽고 이동이 간편한 시스템을 구성할 수 있으리라 사료되어지며, 앞으로 보다 다양한 용벽용 반사판에 적용 할 수 있도록 연구가 진행되어야 할 것이며 본 연구에서 제작한 시스템을 다량 제작하여 실제 현장에 적용시키고자 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 Wiley & Sons, Inc. 1995.
- [4] John A. Duffie, et al "Photovoltaic Energy 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. Green, "Solar Cell : Operating Principles, Technology, and System Applications", 1982.
- [7] 김훈, "전기식시선유도등(안개등,경보등), 조명설비학회지, 1998.3