

## OF-LED를 이용한 에너지 절약형 광고 조명 시스템

이성룡, 전철환, 이수원, 이은철  
군산대학교

### OF-LED illuminated Display Board System for Energy Saving

S. R. Lee, C. H. Jeon, S. W. Lee, E. C. Lee  
Kunsan National University

#### ABSTRACT

This paper studies Optical Fiber(OF) - LED illuminated display board system for energy saving. The OF-LED illuminated display board system has PV modules, batteries, and charge & discharge system, and dynamic full color display controller. Both maximum power point tracker (MPPT) and constant current & constant current controls (CCVC) are used to govern the charging system. It can be improve the charging efficiency of battery. The objective of this thesis paper is to build advertisement lighting system with OF-LED in to charge a 12-volts lead acid battery by using a field wired PV array. We saved the maintenance cost and developed of advertisement effectiveness. To verify the proposed OF-LED illuminated display board system for energy saving, the detail simulation and experiment results indicate that operating characteristics are verified by experiment with a laboratory prototype in this paper.

#### 1. 서 론

최근 국제유가가 배럴당 40달러이상 치솟는 상황에서 주요 에너지 소비원 중의 하나인 전력소비량은 매년 약 10%씩 증가해 2003년에는 283,599 [GWh]를 넘어서 우려했던 에너지난이 현실화되기 시작했다. 특히 광고 조명산업은 광고 조명을 사용하는 전국 업체수가 200만이 넘어, 이들이 연간 사용하는 전력 소비량은 약 2,920[GWh]에 달하고 이를 전기요금으로 환산하면 약 3,153억원에 이를 것으로 생각되기 때문에 우리나라와 같이 에너지 수입 의존도가 높은 나라는 이의 에너지를 절감하는 방안의 수립이 국가적으로 절실한 시점에 있다.

한편, 광섬유(Optical Fiber)는 빛을 손실 없이 먼 거리까지 색상 그대로 전달하는 특성을 활용하여 광고 패션 제품 분야에 적용되고 있다. 이는 광섬유 조명이 효율이 낮은 램프를 사용하는 기존의 조명기구에 비해 높은 효율성과 다양한 조명 효과 연출이 가능하며, 전력소모가 적고 유지 보수비가 적은 경제적인 장점 때문에 연간 소비 전력이 수천 GWh에 달하는 광고조명분야의 소비전력절감을 위한 대안으로 많은 주목을 받고 있다.

본 연구에서는 이러한 광고 조명으로 인한 에너지 소비를 극소화하기 위하여 OF-LED를 이용한 에너지 절약형 광고 조명 시스템에 대하여 연구하였다. 일반적으로 쓰이는 광고 조명인 네온사인(140W) 및 형광램프(120W)에 비해 제안한 OF-LED를 이용한 광고 조명 시스템(2.4W)은 에너지 소비가 획기적으로 저감되고 시스템의 소형화가 가능하며, 부조일이 높은 장마철을 제외하고는 태양광 발전만으로 운영하는데 큰 장점을 가진다.

본 연구에서는 제안된 OF-LED를 이용한 광고 조명 시스템을 이론적으로 해석하고, 부하용량에 따른 태양전지 및 배터리 용량의 최적 설계방법을 논의 하였다. 또한 태양전지의 출력 특성에 의한 배터리의 최단·최적 충전을 위해 정전류·정전압제어법과 IncCond알고리즘을 병행하여 적용하였다. 그리고 윈칩마이크로프로세서로 디스플레이 제어와 충·방전제어를 동시에 수행하도록 하였다. 이를 실험을 통하여 제시된 시스템의 유용성을 입증하였다.<sup>[1][2]</sup>

#### 2. 시스템 설계 및 제어 알고리즘

##### 2.1 MPPT 알고리즘

태양전지는 온도와 일사량에 의해 최대전력점이 달라진다. 그러므로 태양전지의 최대전력을 얻을 수 있도록 하는 제어가 필요하다. 보편적인 알고리

증으로 P&O법, IncCond법, 일정전압제어법이 있다. 본 논문에서는 추종 특성이 좋은 IncCond 법을 사용하였다.

IncCond 법은 임피던스 매칭법으로 부하의 임피던스와 태양전지의 임피던스가 같아지는 지점에서 태양전지 출력이 최대가 되는 것을 이용하는 방법이다.

$$-\frac{dP}{dV} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{I}{dV} - \frac{V}{dI} = 0 \quad (2)$$

$$-\frac{dI}{dV} = -\frac{V}{I} \quad (3)$$

최대 전력 점에서는 전압변동에 대한 전력의 변화가 영이 되므로 식(1)같이 되고 태양전지의 전력  $P=VI$ 이므로 식(2)을 편미분하면 식(3)으로 나타나고 식(3)을 만족할 때 최대전력점이 됨을 알 수 있다.<sup>[3]</sup> 또한 태양전지의 출력전압은 일사량의 변화에 대해서 약간의 변동 폭을 가지는 정전압 특성을 나타내고 있으므로, 어떤 일정한 전압을 설정하여 정전압으로 제어하는 방법을 일정 전압 제어법이라 한다. 본 논문에서는 태양전지의 출력전력이 일정 전력 이하로 떨어지면 설정된 전류와 전압으로 배터리를 충전한다.<sup>[4]</sup>

## 2.2 시스템 설계

본 연구에서 제안한 OF-LED를 이용한 에너지 절약형 광고조명시스템은 낮에는 기존의 광고조명시스템과 같이 대중에게 문구 및 이미지를 전달하면서 태양 전지를 MPPT알고리즘과 정전류·정전압 방법을 이용하여 배터리에 충전하고 밤에는 고휘도 LED를 역동적인 애니메이션으로 구동된다. 이를 위해서는 충전제어기와 LED 제어기가 필요하다. 그림 1은 Full Color LED와 광섬유를 사용한 광고패널을 보여주고 있다.

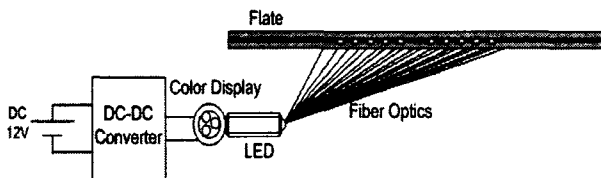


그림 1 OF-LED를 이용한 광고 조명 시스템의 개념도  
Fig. 1 A Concept of OF-LED illuminated display board

그림 2는 본 연구에서 제안한 OF-LED를 이용한 에너지 절약형 광고조명시스템의 전체 시스템 블록도이다. 이 시스템을 구동하기 위한 주전원으로 태양전지를 사용하고 보조 전원으로 계통전원을 사용한다. 또한 배터리

의 충전은 태양전지의 출력전력이 일정 전력이하로 떨어지면 일정전압으로 제어하는 것이 효율 면에서 유리하며,<sup>[3]</sup> 본 논문에서는 태양전지의 출력전력이 일정 전력이하일 경우 정전류·정전압 방법을 이용해 초기의 전류를 일정하게 하여 빠른 충전이 가능하도록 하며 잔류 충전은 정전압 방식으로 충전하여 배터리의 데미지를 줄였다.

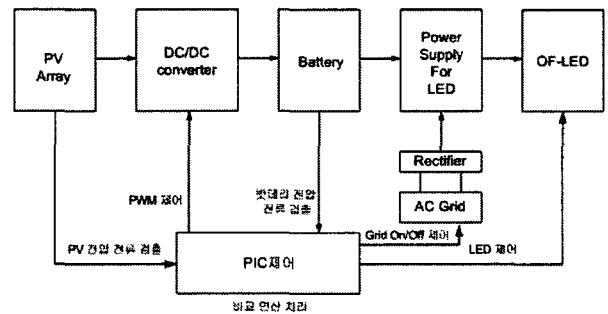


그림 2 OF-LED를 이용한 광고 조명 시스템의 블록도  
Fig. 2 Block diagram of OF-LED illuminated display board

## 2.3 시스템 부하용량 산출

부하 용량은 일일 사용 부하량으로 식(4)과 같이 표현할 수 있다. 태양전지용량과 배터리용량은 부하사용량에 따라 식(5)과 (6)으로 구할 수 있다. 여기서 부조일이란 태양전지가 발전할 수 없는 경우로 일반적으로 3일을 사용한다. 그러나 일반적인 태양광 발전 시스템은 초기 설치비의 60%이상 태양전지에 투자되고 광고 조명 시스템 특성상 소형화를 위해 배터리 용량을 줄여야한다. 그러므로 본 연구에서는 초기 설치 단가를 낮추고 배터리의 용량을 줄이기 위해 부조일 2일로 선정하였고, 부조일이 높은 장마기간을 대비하여 보조 전원으로 계통전원을 사용하였다.

$$\text{일일사용부하량} : \text{부하량(W)} \times 12\text{hr} = \text{Wh/day} \quad (4)$$

$$\text{태양전지용량(Wp)} =$$

$$\frac{\text{부하사용량 (Wh/day)}}{\text{경사면일사량 (KWh/m}^2 \cdot \text{day)} / 1KW \times \text{시스템효율 (0.5)}} \quad (5)$$

$$\text{배터리부하량(Wh)} =$$

$$\frac{\text{일일부하사용량 (Wh/day)} \times \text{부조일 (2일)}}{\text{충전지충방전효율 (0.85)} \times \text{방전심도 (0.6)}} \quad (6)$$

본 논문에 제시한 OF-LED를 이용한 광고 조명 시스템은 1.2W 고휘도 LED 두 개를 사용함으로 기존의 광고 패널에 비해 소비전력은 줄고 광고 효

과는 더 좋아진다. 표 1은 부하 용량 2.4W의 최적 태양전지용량, 축전지 용량, 배터리 용량을 선정하여 나타내었다.

표 1 시스템 설계 사양

Table 1 A system design specification

일일 사용 부하량	24Wh/day
태양전지 용량	16Wp
축전지 부하량	94.118Wh
배터리 용량	12V, 8Ah

### 2.4 회로 구성 및 제어

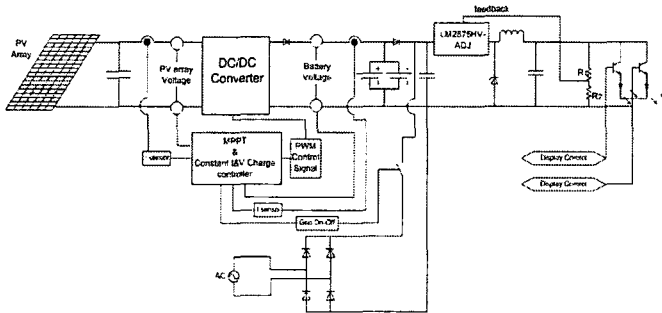


그림 3 OF-LED를 이용한 에너지 절약형 광고 조명 시스템  
Fig. 3 OF-LED illuminated display board for energy saving

그림 3은 제안한 OF-LED 시스템의 제어 블록도이다. 시스템의 구성은 태양광 발전전력을 최적 충전 제어 알고리즘으로 배터리에 충전하는 충전부와 LED를 구동하기 위한 정전류공급기 그리고 충전 및 LED 온-오프를 하는 제어부로 구성된다. 충전부와 출력부의 각 소자의 정격용량은 표 1에 의해 최대전압과 최대전류를 고려하여 구할 수 있다. 제어부는 원칩마이크로프로세서인 PIC16F877을 사용하여 태양전지의 입력 전압·전류 및 충전기의 출력 전압·전류를 검출하여 스위칭 듀티비 및 LED의 온-오프제어를 한다.

#### 2.4.1 최적 충전제어

본 연구에서는 태양에너지의 효율을 극대화 하기위해 두 가지 알고리즘을 적용하여 충전하고 있다. MPPT 알고리즘 중 평상시에는 IncCond알고리즘을 적용하고 일정전압 이하에서는 정전류·정전압제어방법으로 배터리를 최적으로 충전할 수 있다. 이는 Deep Cycle에 약한 납축 전지의 수명을 연장할 수 있으며, 단 시간에 축전지를 충전 할 수 있어 부조일의 영향을 덜 받을 수 있다. 또한 부조일이 높을 경우 계통 전원을 정전류공급기에 연결하여 태양전지의 출력 전력이 낮고 배터리의 잔류 전력이 낮으면 배터리의 전원을 차단하고 계통 전원으로 LED를 구동시킨다. 알고리즘의 순서도는 그림 4과 같다.

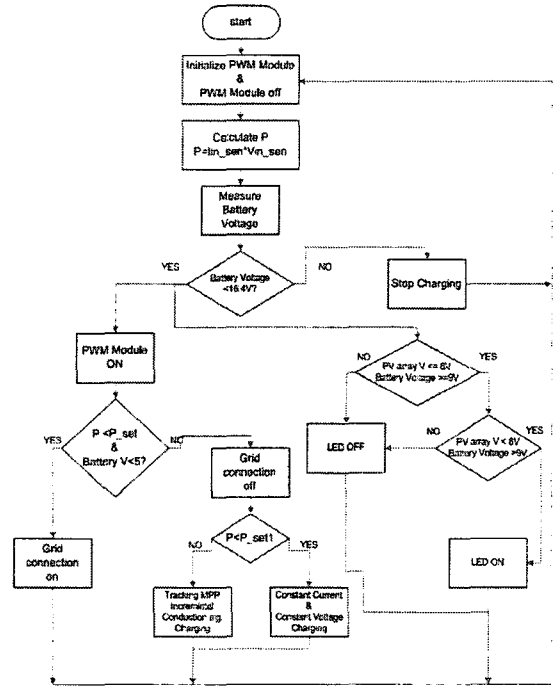


그림 4 제어 알고리즘 순서도  
Fig. 4 Control algorithm flowchart

그림 4에서처럼 프로그램이 시작되면 ADC (A/D 컨버터)와 PWM을 초기화 한다. 그리고 PWM Module를 turn off하고 태양전지의 전압과 전류를 입력받아 판단하며, 만충전일 경우 충전을 멈춘다. 만충전이 아닐 경우 PWM Module를 turn on하고 태양전지의 출력전력과 배터리의 전압을 기준 값과 비교하여 계통전원에 연결할 것인지를 판단하고 태양전지의 출력전력이 기준 값보다 크고 일정 전력 이상이라면 IncCond알고리즘으로 충전하고 그렇지 않으면 정전류·정전압제어법으로 충전한다.

### 3. 실험 및 고찰

본 연구에서 제안한 부하용량 2.4[W]급의 OF-LED를 이용한 에너지 절약형 광고조명시스템을 그림5와 같이 제작 실험 하였고 실험 조건은 표3과 같다.

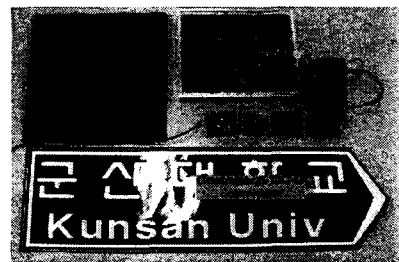


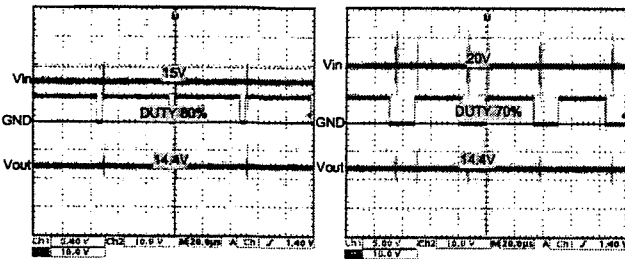
그림 5 개발된 시스템  
Fig. 5 The system to be developed

표 3 실험 조건

Table 3 The experiment condition

품명	규격	품명	규격
태양전지용량	36[Wp]	출력전압리플	0.5%
배터리용량	8[Ah]	정전압	14.4
입력전압	20V	정전류	1A
L	2 20[ $\mu$ H]	스위칭주파수	20[kHz]
C	220[ $\mu$ F]	주스위치	MOSFET

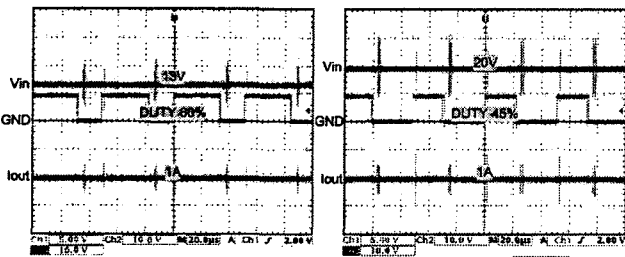
태양전지의 출력이 15[W]이하 일 때에는 정전류·정전압 모드로 바꾸어 PWM신호를 제어 한다. 그림 6과 그림 7은 각각 정전압제어와 정전류제어의 듀티비 변화에 대한 실험 결과 파형이다.



(a) 입력전압 (15V) (b)입력전압 (20V)

그림 6 정전압제어 스위칭 듀티비 실험파형

Fig. 6 The waveforms of constant voltage control



(a) 입력전압 (13V) (b)입력전압 (20V)

그림 7 정전류제어 스위칭 듀티비 실험파형

Fig. 7 The waveforms of constant current control

그림 6은 배터리의 개방전압이 14V를 넘으면 입력에 관계없이 정전압 14.4V로 충전하고 그림 7은 초기 충전부터 배터리 개방전압이 14V가 되기 이전까지 충전제어기가 정전류 1A로 충전하고 있는 파형이다. 본 논문에서 제시한 최적 충전 방법을 적용하여 실험한 결과 배터리를 보다 안정적이고 빠르게 충전할 수 있음이 입증되었다. 그림 8은 제안된 시스템을 사용하여 OF-LED를 이용한 에너지 절약형 광고 조명시스템을 동작시킨 실험 사진이며 LED 두 개로 광고 조명 시스템을 가동하고

애니메이션으로 광고 효과를 높였다.

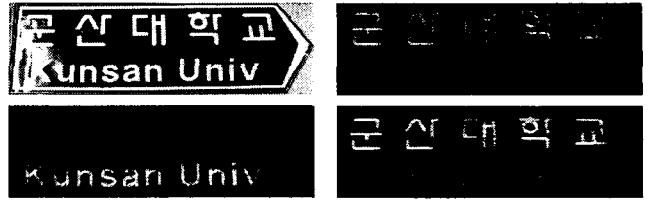


그림 8 OF-LED를 이용한 광고 조명 시스템

Fig. 8 OF-LED illuminated display board

#### 4. 결 론

본 논문에서는 OF-LED를 이용한 에너지 절약형 광고조명시스템을 제안하였으며, 부하 용량에 따른 태양전지의 용량과, 배터리 용량의 최적 설계 방법에 대해 논의 하였다. 또한 입력변동에 따른 최대출력점을 추종하는 알고리즘과 배터리 충전 특성이 좋은 정전류·정전압 방법을 병행하여 빠르고 안정된 충전 알고리즘에 대해 논의 하였으며, 2.4[W]급의 시작품을 제작 실험하였다. 실험 결과 광섬유를 이용하면 소비전력을 98% 절약 할 수 있었으며, 역동적인 애니메이션을 통해 보다 효과적인 광고 효과를 가져 올 수 있었다.

이상의 결과로 본 연구에서 제안한 OF-LED를 이용한 에너지 절약형 광고조명시스템은 보다 높은 광고 효과를 보여줄 수 있으며, 기존의 광고조명시스템을 제안한 시스템으로 교체하면 획기적인 에너지를 절약(연간 최대 2,920GWh)효과를 가져 올 수 있어 에너지절약에 대한 좋은 방안이 될 것으로 사료된다.

이 논문은 산업자원부에서 시행한 에너지·자원 기술 개발 사업(2002-E-EL101-P-03)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

#### 참 고 문 헌

[1] Masoum, Mohanmmad A. S., "Design, Construction and Testing of aVoltage-based Maximum Power Point Tracker (VMPP) for Small Satellite Power Supply" SSC99-XII-7  
 [2] TSAI-FU WU, "Single-Stage Converters for PV Lighting Systems with MPPT and Energy Backup" IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS VOL. 35, NO.4 OCTOBER 1999  
 [3] 강신영 외 2인, "батери 개별 제어 방식에 의한 소규모 독립형 태양광 발전 시스템의 특성 개선", 전력전자학회 논문지 제7권 5호 pp. 49-51 2002  
 [4] 유권중 외 3인, "MPPT 제어 알고리즘 고찰 및 효율시험 평가법", 전력전자학회 논문지 제6권 2호 pp. 165-167 2001