

# 태양광 발전을 이용한 하이 플럭스 LED 정원등

( High Flux LED Garden Lamp Using PV Generation System )

최광수\* · 정두용 · 김재형 · 원중연 · 김영렬

(Guang-Soo Choi · Doo-Yong Jung · Jea-Hyung Kim · Chung-Yuen Won · Young-Real Kim)

## Abstract

There are increased interests in using new regeneration energy due to the effect of the latest rising oil price. On this account, various practical applications using small stand-alone PV generation system are being made. In this paper, with intent to change mercury lamp using for existing garden lamp with high flux LED, we have considered load characteristic using high flux LED modules applied to PV system. It is simulated with PSIM and made experiment set with a 75[W] solar cell module, DC-DC converter, controller and battery.

## 1. 서론

LED는 지난 20년간 급속도로 발전해 왔으며 백색 LED의 개발로 인해 조명 광원으로 사용이 되고 있다. LED는 기존 백열등에 비해 높은 발광효율과 긴 수명을 가지며 착색렌즈를 필요로 하지 않는 장점을 가진다.[1]

본 논문에서는 기존의 정원등으로 사용되는 수은등을 대체할 목적으로 태양광 발전에 의한 하이 플럭스 LED 모듈을 이용하였다. PSIM을 이용하여 시뮬레이션 하였으며, 75W급 태양전지 모듈과 DC-DC컨버터, 컨트롤러, 배터리, LED 부하로 구성되는 실험세트를 제작하여 실험하였다.

## 2. 본론

### 2.1. 시스템 구성

설계한 하이 플럭스 LED를 이용한 태양광 발전용 정원등은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

태양전지는 주간에 태양광원으로부터 받은 태양에너지를 전기에너지로 변환하여 DC-DC 컨버터를 통해 배터리에 충전하게 된다.

야간에는 배터리가 주 전원이 되어 하이 플럭스 LED 부하에 전원을 공급한다.

배터리의 충·방전 동작 전환은 컨트롤러에 의해 제어된다.

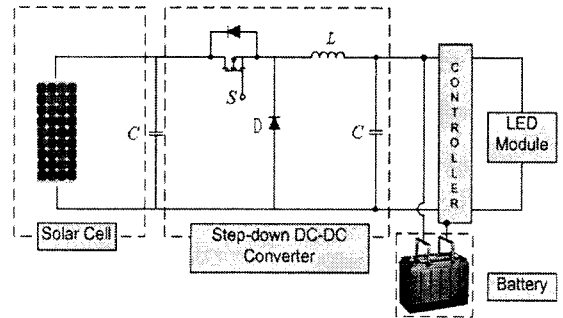


그림 1. 전체 시스템 구성도  
Fig. 1. Configuration diagram of system

### 2.2. DC-DC 컨버터

DC-DC 컨버터는 낮 시간동안 태양광 모듈로부터 생산된 전압을 배터리에 충전하기 위한 전압으로 강압한다. 이때 DC-DC 컨버터의 출력전압은 배터리의 출력전압보다 높아야 충전이 가능하다.

본 논문에서는 배터리를 충전하기 위해 DC-DC컨버터에 페루프 시스템을 적용하여 정전압 제어를 사용하였으며 태양전지 최대 출력 전압인 약 17.5[V]를 입력받아 약 14.5[V]로 강압하여 배터리에 공급한다.[3]

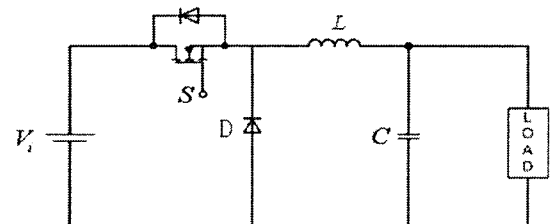


그림 2. 강압형 DC-DC 컨버터 회로도  
Fig. 2. Schematic of basic stepdown DC-DC converter

강압형 DC-DC 컨버터는 스위치 mode일 때 전류를 흘려보내어 부하에 전류를 공급함과 동시에 인덕터에 에너지를 저장하였다가 스위치 off모드일 때 인덕터에 저장된 에너지를 이용하여 부하에 전류를 공급한다.

### 2.3. 용량 산정

독립형 태양광 발전은 낮 시간동안 태양전지를 이용하여 배터리에 충전된 에너지를 일몰 후 사용해야 하므로 부하 용량에 따른 태양전지 용량, 배터리 용량을 산정해야 한다. 배터리 용량을 산정함에 있어서는 기후 특성상 태양광 발전을 할 수 없는 부조일수를 고려하여야 한다. [5]

$$1\text{일 부하 소비 전력량}[Wh] = \text{부하 전력}[W] \times 1\text{일 사용 시간}[h] \quad (2)$$

$$\text{태양전지 용량}[Wh] = \frac{1\text{일 부하 소비 전력량}[Wh]}{1\text{일 평균 일조 시간}[4h]} \quad (3)$$

$$\text{배터리 용량}[Ah] = \frac{1\text{일 부하 소비 전력량} \times \text{부조일수}}{\text{배터리 전압} \times \text{배터리 총방전 효율}(0.85) \times \text{방전심도}(0.6)} \quad (4)$$

태양전지 용량과 배터리 용량산정은 식 (3), (4)를 이용하여 구할 수 있다. 태양전지 용량산정에 있어 설치 경사면과 시스템효율, 일사량 등은 고려하지 않았다. [2][4]

### 2.4. LED 모듈 구성

부하용량과 배터리용량을 바탕으로 LED등의 개수를 식 (5)과 같이 나타낼 수 있고, 그에 따라 부하의 가용일수는 식 (6)과 같다.

$$\text{LED 등 개수} = \frac{\text{배터리용량} \times \text{충방전효율} \times \text{방전심도}}{\text{LED 등 1개 소비 전류} \times \text{부조일수} \times 1\text{일 부하 사용 시간}} \quad (5)$$

$$\text{가용일수} = \frac{\text{배터리용량} \times \text{방전심도} \times \text{충방전효율}}{1\text{일 부하 소비 전류량}} \quad (6)$$

0.72[W] 하이 플럭스 LED모듈 1개는 지상 40cm에서 0.45m<sup>2</sup>의 공간을 30[lx]정도의 밝기로 밝힐 수 있으므로 75[W] 태양전지 모듈을 이용하여 정원을 밝힐 때 이에 알맞은 부하 용량은 다음과 같다. 식 (3)에 근거하여 식 (7)로 계산할 수 있고, 식 (4), (7)에 의해 이에 알맞은 배터리 용량은 식 (8)로 산정한다. 또한 식 (5)에 근거하여 계산된 LED등의 수는 식 (9)에 나타내었다.

$$300[Wh] = 75[W] \times 4[h] \quad (7)$$

$$196.078[Ah] = \frac{300[Wh] \times 4}{12[V] \times 0.85 \times 0.6} \quad (8)$$

$$52.0832[\text{개}] = \frac{196.078[Ah] \times 0.85 \times 0.6}{0.06[A] \times 4 \times 8[h]} \quad (9)$$

LED 모듈의 직·병렬 회로 구성은 배터리 전압과 밝기를 기준으로 선정하여야 한다.

## 3. 시뮬레이션 및 실험

### 3.1. 시뮬레이션

시뮬레이션은 표 1에 제시한 파라미터들과 PSIM을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 그림 3은 시뮬레이션 회로도이다. PSIM의 DLL블럭에 C언어를 이용하여 태양전지를 모델링하였고 백 컨버터를 이용하여 태양전지 출력전압을 변환한다.

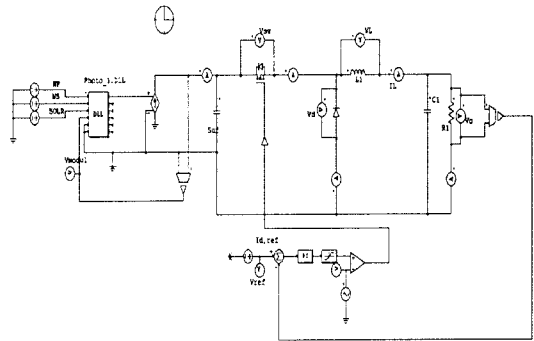


그림 3. 시뮬레이션 회로도  
Fig. 3. Simulation circuit diagram

표 1. 시뮬레이션 조건  
Table 1. Condition for simulation

태양전지 모듈	
개방전압 ( $V_{oc}$ )	22[ $V_{dc}$ ]
단락전류 ( $I_{sc}$ )	4.7[A]
최대출력전압 ( $V_{mp}$ )	17.5[ $V_{dc}$ ]
최대출력전류 ( $I_{mp}$ )	4.3[A]
강압형 DC-DC 컨버터	
입력전압 ( $V_i$ )	17.5[ $V_{dc}$ ]
출력전압 ( $V_o$ )	14.5[ $V_{dc}$ ]
용량 ( $P$ )	75[ W ]
인덕터 ( $L$ )	824[ $\mu H$ ]
커패시터 ( $C$ )	2[ $\mu F$ ]
스위칭 주파수 ( $f_s$ )	30[ kHz ]

그림 4는 태양전지로부터 17.4[V]를 입력받아 배터리를 충전하기 위해 14.4[V]로 강압된 DC-DC 컨버터의 출력파형을 보여준다.

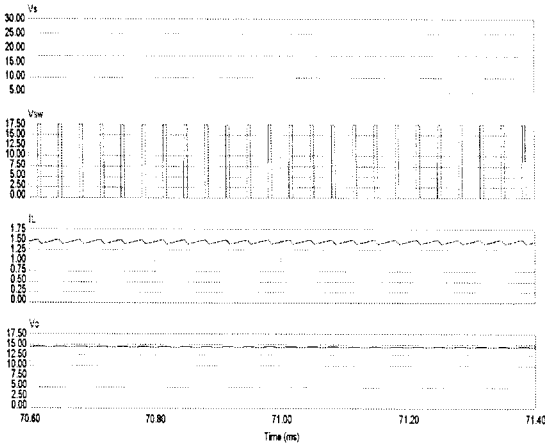


그림 4. DC-DC 컨버터 파형  
Fig. 4. Waveform of DC-DC converter

[ $V_s$ : 태양전지 출력전압,  $V_{sw}$ : 스위치 드레인-소스 간 전압,  
 $I_L$ : 인덕터 전류,  $I_o$ : 컨버터 출력 전압]

### 3.2. 실험

본 논문에서는 실험세트를 제작하여 하이 플릭스 LED를 이용한 태양광 발전용 조명등을 구현하였고, 태양전지 용량에 알맞은 부하선정을 하였다.

실험세트는 75[W] 태양광 모듈과 DC-DC 컨버터, 배터리(12V, 100Ah), 컨트롤러, 0.72[W] 하이 플릭스 LED 조명등 모듈 25개(0.72[W]×25=18[W])로 구성하였다.

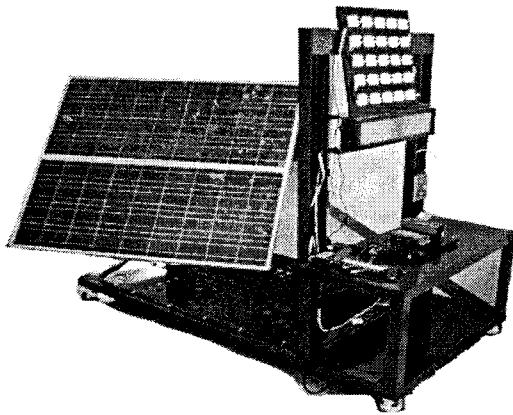


그림 5. 실험 세트 사진  
Fig. 5. Picture of experiment set

그림 5는 실험에 사용된 세트 사진이며, 표 2, 3을 통해 실험에 사용된 태양전지 모듈의 사양과 실험조건을 나타내었다.

표 2. 태양전지모듈 사양

Table 2. Specification of solar cell module

용량	75 [W]
$V_{oc}$	22 [V]
$I_{sc}$	4.7 [A]
$V_{op}$	17.5 [V]
$I_{op}$	4.3 [A]

표 3. 실험 조건

Table 3. Condition for experiment

태양전지 용량	75[ W]
충전지전지 용량	100[Ah], 12[ V]
부하등 용량	18[ W]

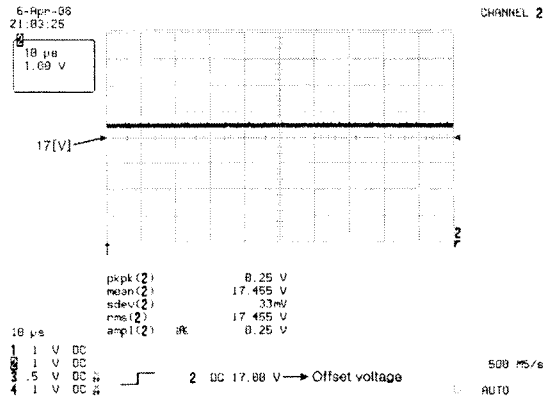


그림 6. 태양전지 출력 전압 파형

Fig. 6. Output voltage waveform of solar cell

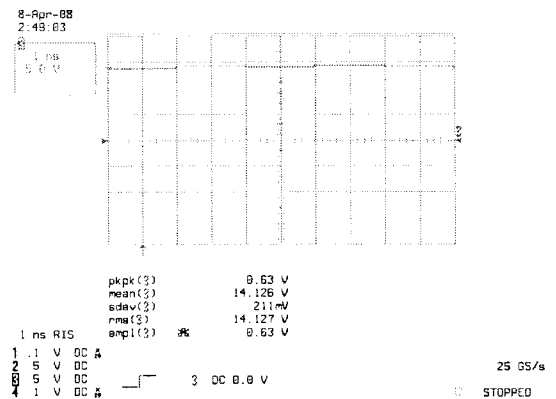


그림 7. 배터리 충전 전압 파형

Fig. 7. Charging voltage waveform of battery

그림 6은 태양전지 모듈의 출력전압 파형을, 그림 7은 DC-DC 컨버터를 통한 배터리 충전 파형을 나타낸다.

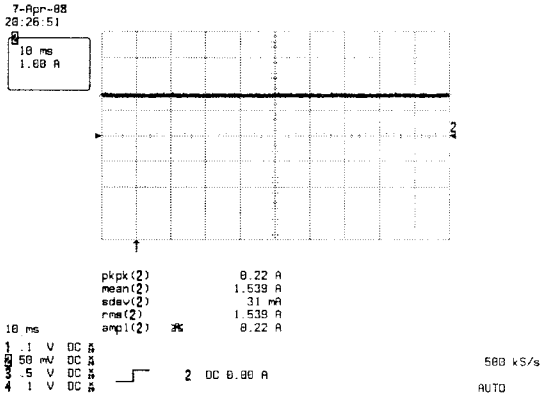


그림 8. 부하 전류 파형  
Fig. 8. Load current waveform

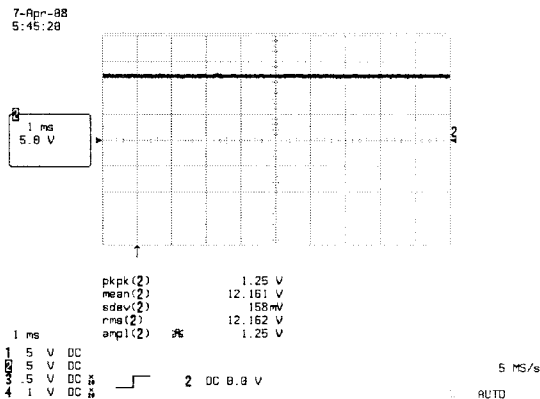


그림 9. 배터리 출력 전압 파형  
Fig. 9. Output voltage waveform of battery

그림 8, 9로부터 배터리를 이용하여 부하를 운영 시 부하에 흐르는 전류와 배터리의 출력 전압 파형을 알 수 있다.

LED 모듈의 직·병렬 개수는 배터리의 전압과 빛의 밝기를 고려하여 12[V] 모듈을 직렬로 연결하였다.

실험을 통해 75[W] 태양전지와 100[Ah] 배터리를 이용하여 약 11.26m<sup>2</sup>의 정원을 30~50[lx]의 밝기로 약 4일 동안 밝힐 수 있었다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 태양광 발전을 이용한 하이 플렉스 LED 정원등을 설계하고, 시뮬레이션 및 실험을 통하여 출력파형을 측정하였다.

그 결과 75[W] 태양전지 모듈과 12[V]·100[Ah] 배터리 조합으로 하이 플렉스 LED 모듈 25개를 하루 8시간씩 약 4일간 구동할 수 있다.

이는 11.26m<sup>2</sup>의 공간을 조도 30~50[lx]로 밝힐 수 있음을 실험을 통해 증명하였다.

또한 75[W] 태양전지 모듈과 적절한 배터리 용량의 선정으로 약 23.4m<sup>2</sup>의 정원을 30~50[lx]의 밝기로 밝힐 수 있음을 수식으로 증명하였다.

본 논문을 통해 하이 플렉스 LED의 저전력 소비 특성을 이용하여 신재생 에너지의 활용이 가능함을 알 수 있었다.

향후에는 일몰 후 배터리 충전모드에서 방전모드 전환에 필요한 컨트롤러의 저가화를 위한 연구가 요구된다.

본 논문은 산업자원부의 출연금으로 수행한 특성화대학원 사업의 연구결과입니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 변문걸, 박정국, 최석조, 장용해, 이성길, 백형래, 조금배, “태양광 전원을 이용한 조명용 LED 구동회로 설계”, 전력전자학회 2007년도 전력전자학술대회 논문집, pp. 67 ~ 68, 2007. 7.
- [2] 이성룡, 전철환, 신영찬, 이강명, “LED 교통 표지판용 독립형 태양광 발전 시스템의 구현”, 전력전자학회 2003년 추계학술대회논문집, pp. 206 ~ 209, 2003. 11.
- [3] 강신영, 이양규, 김광현, “소규모 독립형 태양광 발전 시스템의 특성 개선”, 전력전자학회 2002년 학술대회논문집, pp. 58 ~ 62, 2002. 7.
- [4] 박종복, 임중열, 차인수, 정명용, 이만근, “APT 외등 및 비상등 전원 공급등 태양광 시스템에 관한 연구”, 한국조명·전기설비학회 1998년도추계 학술발표회논문집, pp. 170 ~ 176, 2002. 7.
- [5] 어우희, 이미영, 이준하, 이홍주, “안정적인 태양광발전시스템의 설계를 위한 태양전지와 배터리 용량 선정 방안”, 한국신기술학회논문지 Vol 6, No 5, pp. 396~400, 2005.