

태양전지를 이용한 축전지 최대출력 충전에 관한 연구

김현우*, 백동현**, 이상집***, 성낙규***, 한경희***

*경민대학, **경원전문대학, ***명지대학교

A Study on Battery Maximum Power Charge using Solar Cell

1. 서론

유도등은 모든 소방대상물에 설치하도록 하여 화재발생시 건축물의 재실자를 피난구나 피난을 위한 설비가 있는 곳까지 안전하게 유도 시킬 수 있도록 하는 설비이다. 모든 소방대상물에 설치되어야 하는 유도등은 상용전원이 차단되더라도 최소한의 보안전력을 확보하여야 하며 상시 점등되어야 하며 상시 점등되어야 한다. 따라서 전력의 소모가 커지고 경제적 손실을 초래하게 된다. 그러므로 태양광으로 부터 발생하는 에너지를 축전지에 저장하여 유도등을 점등하도록 한다면 경제적인 측면과 에너지 절약의 측면에서 큰 효과를 기대 할 수 있다.^[1]

현재 소방분야가 아닌 기타의 분야에서는 태양에너지의 이용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나 아직 유도등과 같은 소방설비에 이용하고자 하는 연구는 거의 없는 실정이다.

본 논문에서는 태양광을 이용하여 유도등을 점등하는 시스템의 구성을 제안한 것이다. 시스템은 태양전지로부터 출력되는 전력을 최대로 하는 제어신호를 발생시켜 어떤 자연조건에서도 최대전력을 출력할 수 있도록 하고, 순간 순간 변화하는 일사량에 대하여 태양에너지를 최대로 축전지에 저장할 수 있도록 제어하여야 한다.^{[2]-[6]} 태양전지의 출력은 직류전력 변환장치인 초퍼의 입력전원이 되고 초퍼의 부하인 축전지에 전력을 충전하도록 하였다. 초퍼 시스템은 시비율을 변화시켜 일사량과 온도변화에 관계없이 항상 최대출력점을 추적하여 제어 할 수 있도록 하였으며, 축전지에 안정하게 최대전력을 충전하는 방법을 제안하고 고찰하고자 한다.

2. 본론

그림 1은 본 연구에 이용된 시스템의 블록도이다. 그림 1에서와 같이 solar cell에서 발생된 에너지는 제안한 초퍼 시스템을 통하여 축전지에 저장되며, 저장된 에너지는 인버터를 통하여 적절한 주파수와 전압으로 부하에 가해진다. 또한 일사량의 절대적인 부족으로 충전이 어려울 때에는 일시적으로 상용전원에 의해 유도등을 점등하기 위하여 태양전지와 상용전원간의 전환장치를 설치하여 적절히 동작되도록 하였다.

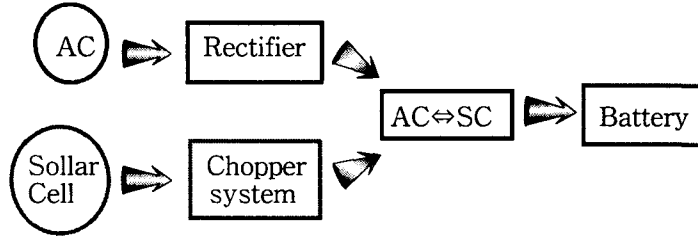
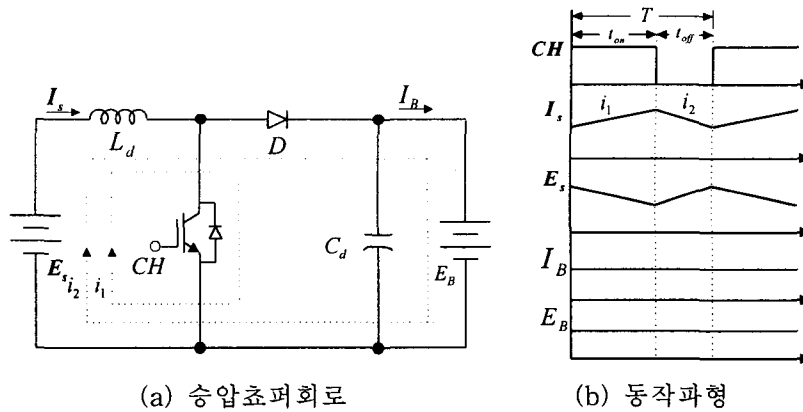


그림 1 시스템 블록도

그림 2(a)는 본 연구를 위한 초퍼 시스템 부분으로서 태양전지로부터 초퍼 시스템측에 전력을 공급하는 초퍼회로와 부하측에 축전지를 접속하였다.

초퍼부의 스위칭소자 CH가 on일 때는 $E_S-L_d-CH-E_S$ 의 경로로 전류 i_1 이 흘러 L_d 에 에너지를 축적하고, CH가 오프일 때는 L_d 에 축적되었던 에너지와 태양전지의 출력이 직렬 연결되어 인버터 입력 측에 전류 i_2 를 공급한다. 이때의 회로 각부분의 출력파형은 그림 2(b)와 같다.



(a) 승압초퍼회로

(b) 동작파형

그림 2 초퍼회로와 각부 파형

그림 2에서 태양전지의 출력전압 E_S 와 부하전압 E_B 와의 관계는 식 1과 같이 된다.

$$E_S = \left(1 - \frac{t_{ON}}{T}\right) E_B = (1 - \alpha) E_B \quad (1)$$

여기에서 시비율 α 를 0~1까지 제어하면, 축전지 전압 E_B 는 $E_S \sim \infty$ 까지 연속적으로 제어할 수 있다. 따라서 태양전지의 출력전류 I_S 와 부하전류 I_B 와의 관계는 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

$$I_S = \frac{1}{1 - \alpha} I_B \quad (2)$$

식 1과 식 2로부터 시비율 α 의 변화에 따라 태양전지의 출력전압 E_S 와 출력

전류 I_S 가 변화하게 된다. 따라서, 태양전지가 최대출력을 가질 때의 전압을 E_{max} , 전류를 I_{max} 라 하면 시비율 α 의 조건은 식 3과 같다.

$$\alpha = 1 - \frac{E_{max}}{E_B} = 1 - \frac{I_B}{I_{max}} \quad (3)$$

이와 같이 태양전지의 최대출력 전압과 전류는 시비율 α 에 의해 결정됨을 알 수 있으며, 결정된 시비율 α 에 의해 초퍼부 CH 를 동작시킴으로써 태양전지의 최대출력점을 추적제어할 수 있게 된다.

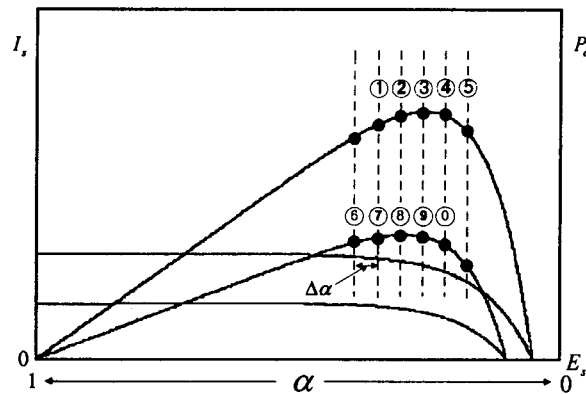


그림 3 태양전지의 출력특성 및 최대출력 추적제어

그림 3은 태양전지의 출력특성 및 최대출력 추적제어를 보인 것으로 임의의 시점에서 holding 전압과 전류를 저장한 후 $\Delta\alpha$ 만큼의 시비율을 보정하여, 시비율에 따라 출력된 전력값이 최대가 되도록 추적제어 한다.

그림 4는 초퍼 시스템의 최대전력 전달을 위한 시스템 제어부이다. 태양전지에서 축전지 및 부하로 전력을 공급하기 위해서 태양전지의 출력전압이 축전지 전압보다 낮은 경우에는 이를 승압하여 축전지에 저장하도록 하였다.

초퍼 시스템을 제어하기 위한 장치로 마이크로프로세서를 이용하여 일사량과 온도변화 및 부하변동에 대해서도 항상 최대출력점을 추적할 수 있도록 설계하였다. 태양전지로부터 출력된 전압 E_S , 전류 I_S 를 저역통과필터(LPF)로 검출하고 임의의 시점에서 출력포트 HSO에서 샘플펄스를 인가하여 전압, 전류를 검출하며 마이크로프로세서의 A/D변환기와 곱셈기능을 이용하여 전력값을 연산, 저장한다. 이 값은 $+\Delta\alpha$ 또는 $-\Delta\alpha$ 를 결정하도록 게이트 절환회로와 드라이브회로를 거쳐 초퍼부 CH 에 gate signal을 인가하게 된다.

따라서 이 signal은 매 순간 변화되는 일사량중 최대의 전력을 축전지에 전달하도록 시스템을 제어하게 된다.

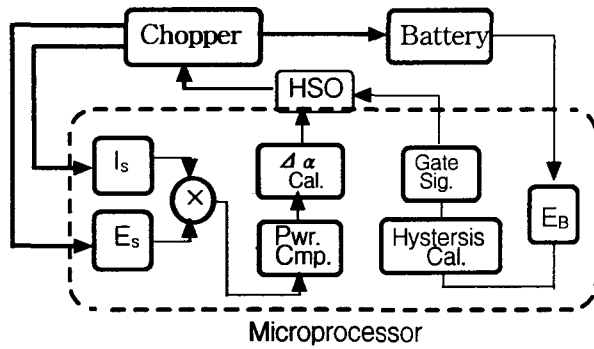


그림 4 시스템 제어부

3. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 태양전지의 출력을 항상 최대로 동작시키기 위하여 표 1과 같은 구성요소로 회로를 구성하였다.

표 1 실험회로 구성요소와 변수

SPECIFICATION		
Solar Cell	M65 (SIEMENS)	10 개
Battery	12 RG 52	12 개
IGBT		1 개
Reactor		20[mH]

그림 5는 측정시간대 중 1시경의 일사량 변화에 따른 태양전지의 출력전압 및 전류에 대한 측정치를 도식화 한 것이다. 그림 6은 이 시간대에 측정된 전력곡선으로 그림 3에서 표시한 일사량변화에 대한 태양전지의 출력특성곡선이 그림3과 같이 동일하게 나타남을 알 수 있었다.

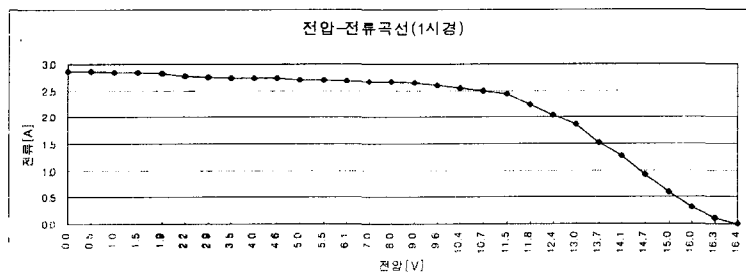


그림 5 일사량 변화에 따른 태양전지 전압-전류곡선

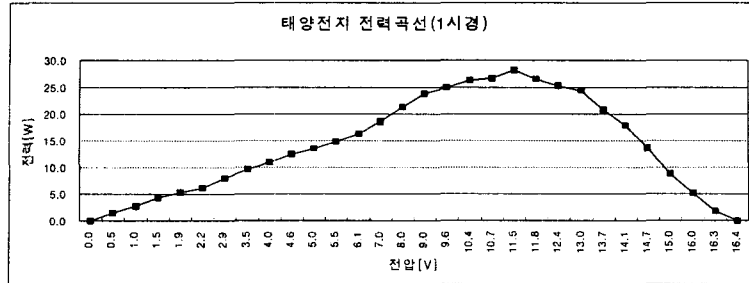


그림 6 일사량 변화에 따른 태양전지 전력곡선

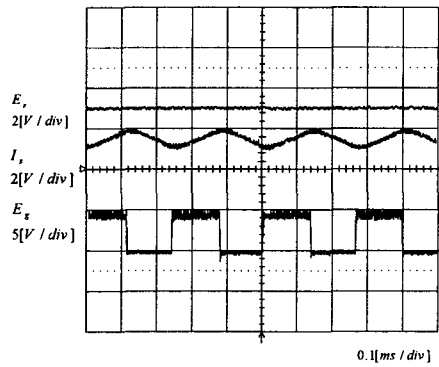


그림 7 태양전지 출력전압과 전류 및 시비율 파형

그림 7은 태양전지의 출력전압과 전류 및 시비율 파형으로서 그림 2에서 보여 준 전압 및 전류파형과 동일함을 알 수 있다.

그림 8은 최대출력점 추적제어동작을 확인하기 위하여 수동으로 쇼퍼의 시비율을 변화시킨 경우의 태양전지 출력전압과 출력전류파형이다.

여기에서, 일사량이 일정한 경우 시비율을 가변함에 따라 태양전지의 출력전류 최대값은 어느 한 부분($\alpha \approx 0.6$)에서 출력됨을 알 수 있다

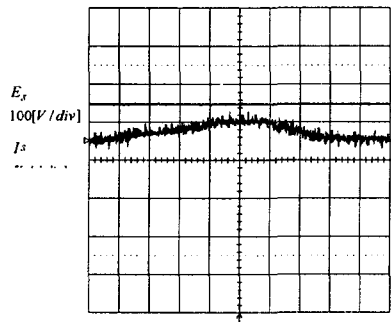


그림 8 태양전지전압과 전류파형

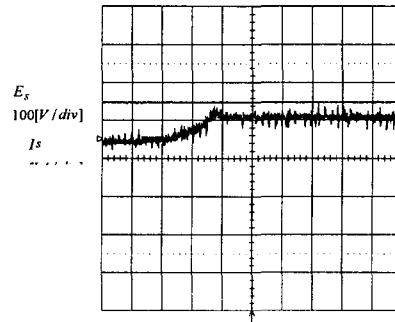


그림 9 최대출력점 추적제어시 태양전지전압과 전류파형

그림 9는 그림 4의 제어회로에 의해 최대출력점 추적제어를 한 경우의 태양전지 출력전압과 전류파형으로 출력전류의 최대값과 일치함을 나타내고 있어 양호하게 최대 출력점을 추적하고 있음을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문은 피난구 유도등과 같은 소방설비에 사용되는 설비 중 상용전원이 아닌 태양에너지를 소방설비에 활용하는 방안에 대한 것으로, 태양에너지에 의한 전력을 최대로 충전하는 경우에 대하여 논한 것이다. 전력변환장치인 초퍼 시스템을 태양전지와 축전지 사이의 전력 전달원으로서 이용하였다.

그 결과 일사량, 온도변화 및 부하변동에 따라 항상 최대 출력점을 추적 제어할 수 있음을 확인하였다. 또한 태양전지의 최대출력을 축전지에 충전시킴과 동시에 부하로 공급이 가능하며, 일몰후에도 축전지를 통해 유도등 설비를 점등시킬 수 있음을 입증하였다.

앞으로 다양한 형태의 유도등 설비에 적용하기 위하여 여러 가지 형태의 유도 등 광원에 적합한 출력전압을 얻을 수 있도록 초퍼 시스템과 연계된 인버터 시스템의 가변 가능한 출력형태에 대한 연구가 더욱 진행되어야 할 것이다. 또한 태양에너지를 이용한 소방설비의 이용이 더욱 활발히 전개되어 전력소비의 경감과 경제성의 향상을 기대할 수 있는 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 백동현, "소방전기 시설론", 동일출판사, pp338~363, 1996.
- [2] Katsumi Ohwnia and Tsuyoshi Sata : "A simplified maximum power tracking method for photovoltaic solar system", T.IEE Japan, Vol.106-B, No.7, 1986.
- [3] Tokuo ohnishi and Shigeo Takata, "Comparisons of maximum power point tracking strategy of solar cell output and control characteristics using step up/down chopper circuit," T.IEE Japan, Vol. 112-D, No. 3, 1992.
- [4] Katsumi Ohniwa, Tadao Fujimaki, Yoshihiko Yoda, "A New Maximum Power Control Method of Photovoltaic Power System," JIEE, Vol-B111, No. 10, 1991.
- [5] Ziyad Salam and Daniel Taylor, "Stepup maximum power point tracking for photovoltaic arrays," Solar Energy Vol.44, No. 1, pp.57~61, 1990.