

## 마이크로 컨트롤러를 이용한 BIPV 발전의 냉각시스템 제어

최정식\*, 고재섭\*\*, 정철호\*\*, 김도연\*\*, 정병진\*\*, 박기태\*\*, 정동화\*\*  
 순천대학교 정보통신공학부\*, 순천대학교 정보통신공학부\*\*

### Cooling System Control of Building Integrated Photovoltaic Generation Using Micro-controller

Jung-Sik Choi\*, Jae-Sub Ko\*\*, Chul-Ho Jung\*\*, Do-Yeon Kim\*\*, Byung-Jin Jung\*\*, Ki-Tae Park\*\*, Dong-Hwa Chung\*\*  
 Suncheon University\*, Suncheon University\*\*

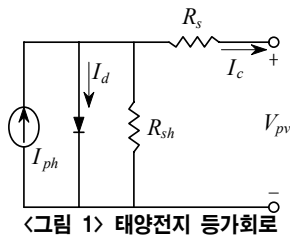
**Abstract** - This paper is proposed cooling system of BIPV(Building Integrated Photovoltaic) by micro-controller. The output power of PV generation system is not systematically tracked and influenced by various factors: solar irradiance, solar cell temperature. The temperature of solar module should be minimized to increase electrical output. Therefore, it is proposed that micro-controller cools to decrease temperature of solar module using thermoement. The validity of this paper is proved by comparing solar module temperature of cooling system and un-cooling system.

#### 1. 서 론

건물의 외피를 구성하는 용어로 통합된 PV 시스템은 전력생산이라는 본래의 기능에 건물의 외피재료로서의 새로운 기능을 추가함으로써 PV 시스템의 설치에 드는 비용을 절감하는 이중효과를 기대할 수 있으며 기존의 독립형 PV시스템과 같이 설치 공간을 위한 별도의 부지확보가 필요없기 때문에 경제성 측면에서 유리한 기술이다.[1] 최근 전자제용 태양전지 모듈의 필요성이 중요시되어 여러 가지 모델이 제시되고 있으나 단순한 디자인의 개념만을 중요시 할 경우에 또 다른 문제점이 있다. 태양전지의 출력은 1℃ 상승할 때마다 0.5% 정도가 감소하며 동작온도가 10℃ 올라가면 출력은 저하되어 5%정도의 원가상승과 같은 영향을 미친다. 따라서 본 논문에서는 건물의 벽체 및 지붕 부재로 사용되며 태양광을 받아 전기에너지로 변환하는 태양전지 모듈에 있어서 온도상승에 대한 냉각을 위해 열전소자를 이용하여 설계하였으며, 이를 위한 제어 보드는 ATmega128을 이용하여 실험하였다. 또한 종래의 BIPV 시스템과 모듈후면의 온도를 비교함으로써 본 논문의 타당성을 입증하였다.

#### 2. 태양전지 모델링

그림 1은 태양전지의 등가회로를 보여주며 단락전류  $I_{sc}$ 는 이상적으로 광전류  $I_c$ 과 일치하고, 다이오드 포화전류  $I_o$ 에 의해서 결정되는 태양전지의 개방전압은 다음 식과 같다[2-3].



〈그림 1〉 태양전지 등가회로

$$V_{oc} = \frac{kT}{q} \ln \left[ \frac{I_c}{I_o} + 1 \right] \quad (1)$$

여기서,  $V_{oc}$ 는 개방전압,  $k$ 는 볼츠만 상수,  $I_o$ 는 포화전류,  $q$ 는 전하,  $T$ 는 태양전지 동작온도[K]를 나타낸다.

또한, 온도의 변화에 따른 단락전류와 개방전압의 관계식은 다음 식과 같다.

$$I_{sc} = I_o \left[ e^{\left( \frac{qV_{oc}}{kT} \right)} \right] \quad (2)$$

태양전지 모듈은 원하는 전압과 전류를 얻기 위하여 다수의 태양전지 셀을 직·병렬로 연결하여 구성하고, 또한 태양전지 어레이는 이러한 모듈을 다시 직·병렬로 연결하여 제작한다.

태양전지의 전류-전압 특성곡선을 얻기 위한 수식은 다음 식과 같이 표현된다.

$$I_{ph} = I_{sc} S_N + I_t (T_c - T_r) \quad (3)$$

$$I_d = I_o \left[ e^{\frac{q(V_{pv} + I_c R_s)}{AKT}} - 1 \right] \quad (4)$$

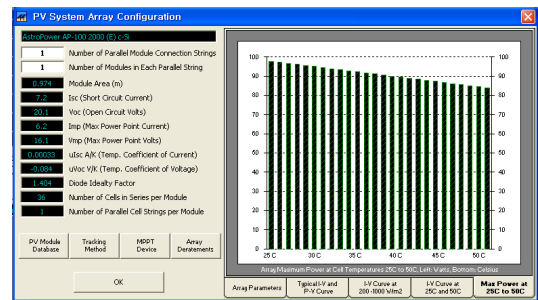
$$I_o = I_{or} \left[ \frac{T_c}{T_r} \right]^3 e^{\frac{qE_g}{Bk} \left( \frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_c} \right)} \quad (5)$$

$$I_c = I_{ph} - I_d - \frac{V_{pv} + I_c R_s}{R_{sh}} \quad (6)$$

여기에서,  $I_{ph}$ 는 광전류,  $S_N$ 은 단위 일사량,  $I_t$ 는 단락전류 온도계수[A/K],  $I_d$ 는 다이오드 전류,  $T_c$ 는 태양전지 온도[K],  $T_r$ 은 태양전지 기준온도[K],  $R_s$ 는 직렬저항,  $R_{sh}$ 는 병렬저항,  $A, B$ 는 제조상수,  $I_{or}$ 은 역포화 전류,  $E_g$ 는 에너지 밴드갭을 의미한다.

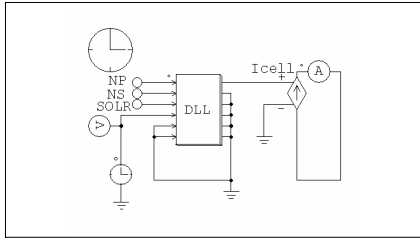
#### 3. BIPV 모듈의 온도특성

PV 모듈의 전기적 성능은 PV 모듈에 떨어지는 일사량과 온도에 의하여 매우 민감하게 변화하며 이는 설치되는 시스템의 위치나 형태에 따라 변화됨을 알 수 있다. PV 모듈의 표면에 떨어지는 일사량에 따라서 PV 모듈 전면과 후면부의 온도가 높아질 경우 PV cell 자체의 성능이 저하되어 PV 모듈의 전기 생산 능력을 떨어뜨리는 결과를 초래하게 된다. 더구나 건물 일체형 태양광 발전 시스템의 경우 일사량 획득에 따라 건물 구조체의 전도열에 의해 모듈의 온도가 여름철의 경우 매우 높아지게 된다. Design pro 프로그램을 통해 PV 모듈의 주위 온도에 따라 발전량의 변화가 나타남을 시뮬레이션 할 수 있고, 그림 2는 주위 온도에 따른 PV 모듈의 발전량의 변화를 나타내고 있으며 주위 온도가 25℃에서 1℃상승함에 따라 발전량이 떨어지게 된다. 50℃까지 상승할 경우 25℃일 때 보다 약 20%정도 출력이 감소하는 것으로 나타나, PV 모듈의 온도 상승이 발전효율에 영향이 큰 것으로 나타난다.



〈그림 2〉 PV 모듈 주위온도에 따른 발전량의 변화

따라서 PV 모듈의 성능평가를 위해서는 PV 모듈에 떨어지는 일사량에 따른 PV 모듈의 온도에 대한 분석이 필수적이다. 그림 3은 BIPV 모듈의 온도특성 분석을 위한 PSim 회로도를 나타낸다. DLL에서 일사량과 PV 모듈의 온도를 입력할 수 있으며, 온도에 따른 PV 특성을 알 수 있다.

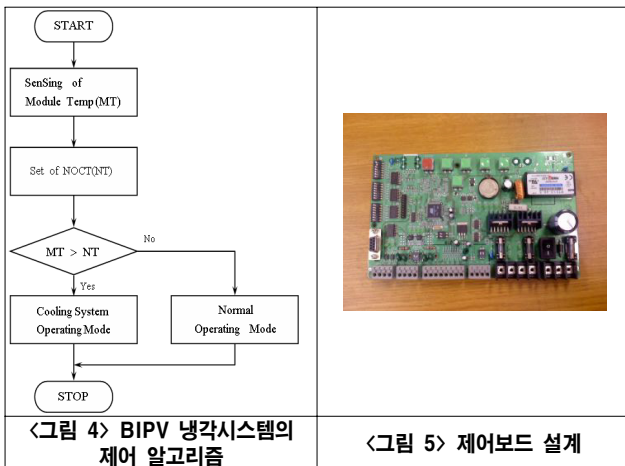


〈그림 3〉 BIPV 온도특성 분석을 위한 Psim 회로도

PV 모듈의 온도 특성 분석은 태양광 발전 설비의 인버터 선정에도 크게 영향을 미친다. 온도가 상승할 경우 발전 효율이 떨어지고, 온도가 너무 낮아질 경우에는 인버터의 MPPT를 위한 Voc 범위를 벗어나게 되어 최대 전력점 운전할 수 없게 된다.

#### 4. 제어 알고리즘

그림 4는 본 논문에서 제시한 BIPV 냉각시스템의 제어 알고리즘을 나타낸다. 먼저 BIPV의 모듈 후면 온도를 센싱하고, 센싱된 데이터는 프로그램에서 설정한 NOCT(Normal Operating Cell Temperature)와 비교한다. 모듈온도가 NOCT보다 높으면 열전소자에 전압을 인가하여 냉각을 하게 된다. 또한 모듈온도가 NOCT보다 낮을 경우에는 일반적인 동작모드에서 운전하게 되며, 이로서 태양전지 모듈은 일사량이 강한 낮 동안에도 NOCT 부근에서 운전하게 되므로 태양전지의 출력을 향상시킬 수 있다. 그림 5는 본 논문에서 제시한 제어 알고리즘을 적용시킨 제어 보드를 나타내고 있다.

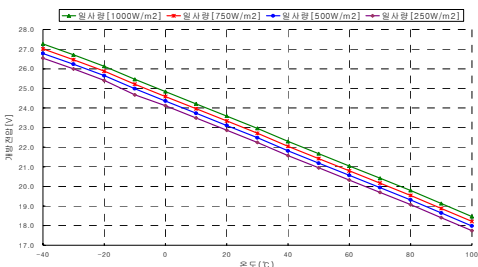


〈그림 4〉 BIPV 냉각시스템의 제어 알고리즘

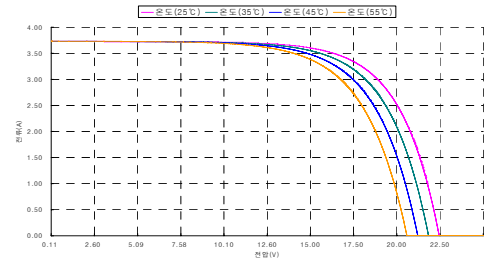
〈그림 5〉 제어보드 설계

#### 5. 실험 및 결론

그림 6은 일사량이 변할 때 모듈 온도에 따라 개방전압을 나타내고 있다. 개방전압은 일사량에 비례함을 알 수 있으며, 모듈의 온도가 상승함에 따라 전압이 하락함을 알 수 있다. 개방전압은 최대전력점 전압과 밀접한 관계가 있으며, 따라서 개방전압이 낮아질 수록 최대 전력점에서 떨어져 PV 출력이 감소한다. 그림 7은 온도변화에 따른 PV 모듈의 DC 출력 전압을 나타내고 있다. 온도가 55℃일 경우는 25℃일 경우에 비해 DC 출력전압이 약 2V 정도 감소함을 알 수 있다. 이는 온도가 상승할 수록 모듈의 출력이 감소하여 결과적으로 효율이 떨어짐을 알 수 있다.

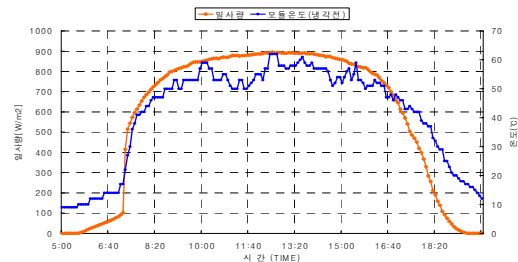


〈그림 6〉 온도에 따른 개방전압의 변화

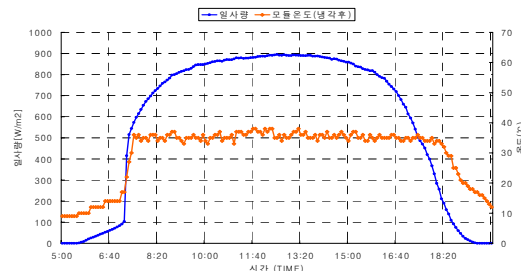


〈그림 7〉 온도변화에 따른 DC 출력 전압의 변화

그림 8은 BIPV 냉각시스템의 동작전지 태양전지 모듈의 온도변화와 일사량을 나타낸 것이다. 태양전지 모듈의 온도는 일사량에 비례하여 상승하는 것을 알 수 있으며, 통풍이 되지 않아 최고 62℃까지 상승함을 알 수 있다. 그림 9는 그림 8과 같은 조건에서 실험하였으며, NOCT 설정값(35℃)이상인 경우 냉각시스템이 작동할 때의 응답특성을 나타낸 것이다. 태양전지의 모듈 온도는 NOCT 부근에서 나타나고 있음을 알 수 있으며, 모듈 온도의 냉각 성능이 양호하게 수행되고 있다.



〈그림 8〉 냉각시스템 동작 전의 응답특성



〈그림 9〉 냉각시스템 동작 후의 응답특성

#### 6. 결론

본 논문은 마이크로 컨트롤러를 이용하여 BIPV의 냉각시스템을 제어 하는 것으로서 온도상승에 따른 태양전지 모듈의 출력 감소를 해결하기 위한 것이다. 마이크로 컨트롤러를 이용하여 PWM발생을 통한 전압을 열전소자에 인가함으로써 냉각시스템이 구동하게 된다. 제시한 제어보드를 이용한 냉각시스템은 태양전지 모듈의 NOCT 부근에서 동작함으로써 응답특성이 양호하게 나타나고 있다. 따라서 본 논문의 타당성을 입증할 수 있었다.

본 과제(결과물)는 교육인적자원부·산업자원부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구 결과입니다

#### [참고 문헌]

- [1] J. H. R Ensli, "Maximum Point Tracking : A Cost Saving Necessity in Solar Energy System", IEEE PESC '90, Vol. 1, pp. 1073-1077, 1990.
- [2] 김형석, 박정민, 외 3인, "마이크로컨트롤러를 이용한 태양광 발전용 승압조파용 MPPT 제어기에 관한 연구"
- [3] Geoff Walker, "Evaluating MPPT converter Topologies using a Matlab PV model", IEAust, vol. 21, pp. 49-56, 2001.