

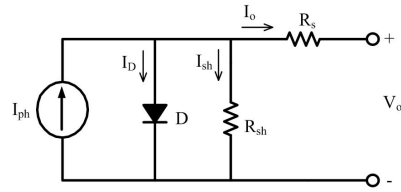
개선된 일정전압제어방식의 최대전력추종 제어기법 연구

유병규¹⁾, 미키히코 마츠이²⁾, 정영석¹⁾, 소정훈¹⁾, 유권종¹⁾
 한국에너지기술연구원¹⁾, 동경공예대²⁾

Improved constant voltage control method for maximum power point tracking function

Byunggyu Yu¹⁾, Mikihiko Matsui²⁾, Youngseok Jung¹⁾, Junghun So¹⁾, Gwonjong Yu¹⁾
 Korea Institute of Energy Research¹⁾, Tokyo Polytechnic University²⁾

Abstract - 현재까지 계통연계형 태양광 시스템의 최대전력추종(MPPT)방법에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중 대표적인 최대 전력 추종 방법에는 일정전압 제어방식, P&O(Perturbation and Observation)제어방식, IncCond(Incremental Conductance) 제어 방식이 있다. 이 중 일정전압 제어방식은 일사량, 온도 등을 고려해 특정한 값의 태양전지 출력전압을 고정시키도록 하여, 최대전력점 근처에서 동작하도록 제어하는 방식이다. 이 방식은 태양전지 입력 전류 센서가 필요 없고, 저일사량 조건에서 다른 기법에 비해 우수한 효율 특성을 나타내고 있다. 하지만, 온도 및 일사 조건에 따라 변하는 최대전력전압지점을 추종하지 못해 다양한 조건에서 최대전력추종효율이 떨어지는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 다양한 일사 조건 및 온도 조건에 대응하는 최대 출력전압을 실시간으로 산출하여, 이를 통해 최대전력추종제어를 하는 방법을 제안하고자 한다. 제안된 기법은 다양한 일사조건 및 온도변화에 대해 능동적으로 대응하여 우수한 추종효율 특성을 나타내고, 또한 입력 DC 전류 센서를 제거하고, 내부 연산이 간단함으로써 경제적인 면에서 유리하다. 본 논문에서 제안된 최대전력 추종기법의 타당성을 검증하기 위해서 PSIM 시뮬레이션을 통해 그 타당성을 검증 하였다.



<그림 1> 태양전지 등가회로

$$I_o = I_{ph} - \left[\frac{I_{max}}{\exp\left(\frac{q}{BkT}K\right) - 1} \right] \times \left[\exp\left(\frac{q}{BkT} \frac{V_o}{V_{oc}}K\right) - 1 \right]$$

여기서, I_{ph} = 광발생전류[A], I_o = 부하전류[A], V_o = 태양전지 출력 전압[V], R_s = 내부 직렬저항[ohm], R_{sh} = 내부 병렬저항[ohm], B = pn접합 재료 계수, k = 볼츠만 상수, T = 태양전지 온도[K], q = 전하량[C], I_{max} = 일사량 $1kW/m^2$ 에서의 단락전류, V_{oc} = 일사량 $1kW/m^2$ 일때의 개방전압 이다.

이와 같은 태양전지 수식을 바탕으로 일사량 및 온도 변화에 따른 태양전지 전압-전력 특성곡선을 다음 그림과 같다.

1. 서 론

지구온난화 현상 및 기존 화석연료의 점진적 고갈로 인하여 신재생에너지에 대한 전세계적인 관심이 집중되고 있다. 이 중 태양광발전의 실용화는 구미 선진국을 중심으로 활발히 진행되어 그 시스템 단가는 점점 낮아지는 추세이고, 이와 더불어 주택용전원, 인공위성 전원 뿐만 아니라 MW급 태양광 발전소 등으로 그 사업영역을 점차 확장하고 있다. 이러한 태양광 시스템은 일사량과 태양전지 어레이의 온도에 의존하여 그 발전 특성이 좌우 되는 특징이 있다. 이에 태양광 시스템의 최대전력추종을 위한 많은 연구가 진행되어 왔고, 대표적인 최대전력 추종 제어기법에는 일정전압제어방식, P&O (Perturbation and Observation) 방법과 IncCond (Incremental Conductance) 방법 등이 있다.[1]

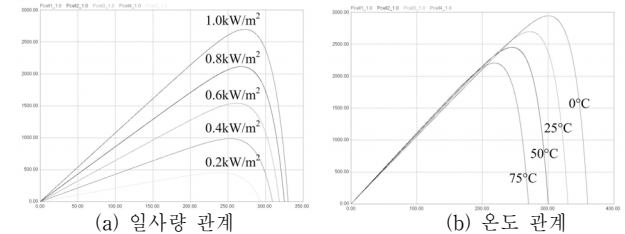
이 중 일정전압 제어방식은 일사량, 온도 등을 고려해 특정한 값의 태양전지 출력전압을 고정시키도록 하여, 최대전력점 근처에서 동작하도록 제어하는 방식이다. 이 방식은 태양전지 입력 전류 센서가 필요 없고, 저일사량 조건에서 다른 기법에 비해 우수한 효율 특성을 나타내고 있다. 하지만, 온도 및 일사 조건에 따라 변하는 최대전력전압지점을 추종하지 못해 다양한 조건에서 최대전력추종효율이 떨어지는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 다양한 일사 조건 및 온도 조건에 대응하는 최대 출력전압을 실시간으로 산출하여, 이를 통해 최대전력추종제어를 하는 방법을 제안하고자 한다.

제안된 기법은 다양한 일사조건 및 온도변화에 대해 능동적으로 대응하여 우수한 추종효율 특성을 나타내고, 또한 입력 DC 전류 센서를 제거함으로써 경제적인 면에서 유리하다. 본 논문에서 제안된 최대전력 추종기법의 타당성을 검증하기 위해서 PSIM 시뮬레이션을 통해 그 타당성을 검증 하였다.

2. 본 론

2.1 태양전지 어레이 모델링

전기적 출력특성은 일반적으로 그림 1에서 보는 바와 같이 증가 회로로 표현할 수 있다. 현재까지 태양전지에 대한 다양한 모델링 식이 제안 되어있으나, 본 논문에서는 아래 식 (1)에서와 같이 간략화된 수식을 사용한다.



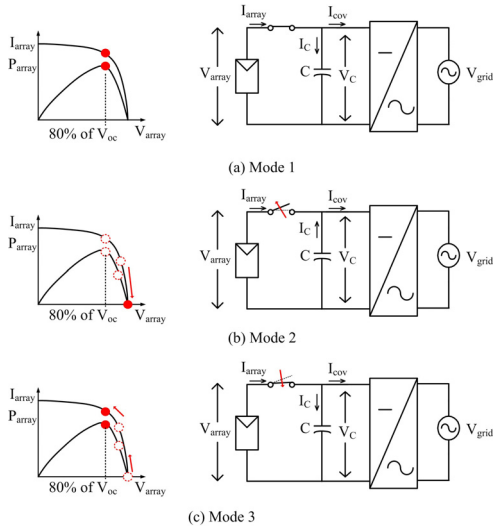
<그림 2> 일사량 및 온도에 따른 태양전지 전압-전력 곡선

그림 2에서 살펴보는 바와 같이, 일사량 및 온도에 따라 최대 전력 점에서의 전압이 서로 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 따라서 기존의 일정전압 제어 방식에서는 제어전압을 한 지점에 고정시켰을 때, 최대전력 추종은 효율 일사량이나 온도의 변화에 따라 효율면에서 불리하다는 것을 알 수 있다.

2.2 제안하는 최대전력추종 제어 기법

현재 보고된 논문에 의하면, 태양전지 최대 출력전력 위치에서의 동작 전압은 일사량 및 온도에 따라 대략 태양전지 개방회로 전압의 80%로 나타나고 있다. [2] 이에 본 논문에서는 일사량, 온도 변화에 따라 실시간으로 태양전지 개방 전압을 측정하여, 이러한 태양전지 개방전압으로부터 태양전지 최대 출력 전압을 산출하는 새로운 형식의 최대전력추종 기법을 제안한다. 이를 위해 실시간으로 태양전지 개방전압을 측정하기 위한 회로를 제안하고, 이를 시뮬레이션 모델링으로 나타내었다.

본 논문의 기법을 사용하면 가장 큰 특징이 일사량 및 온도의 변화에서도 높은 최대 전력 추종 효율을 보이는 장점이 있고, 태양전지 출력 전류 센서를 제거할 수 있어서 경제적으로 유리하다. 또한 제어 기법이 단순 하여 비교적 저가의 제어 회로를 구성할 수 있어서 유리하다.



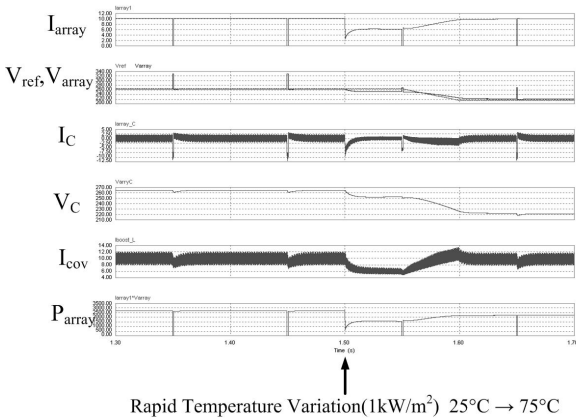
<그림 3> 동작원리

동작원리를 살펴보면 태양전지의 개방전압을 측정하기 위해, <그림 3>과 같은 회로를 구성하였다. 모드 1에서는 태양전지에서 부하 출력을 발전하고, 모드 2에서는 태양전지 개방전압을 측정하기 위해 스위치를 차단 하였다. 이 때 부하 출력 전력은 태양전지 출력 단의 입력 커패시터의 충전된 에너지에 의해 공급된다. 모드 3에서는 모드 2에서 측정된 태양전지 개방전압의 80%에서 동작하도록 제어 된다. 이를 통해 최대 전력 추종을 수행 할 수 있게 된다.

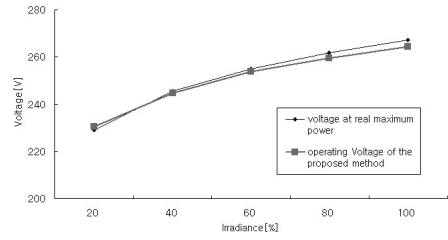
2.3 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 사양은 온도 25℃, 일사량 1kW/m² 조건에서 출력 최대 정격전력이 2.626[kW]이 되도록 한다. <그림 2>에서 처럼 태양전지의 최대출력 지점에서 전압과 개방전압은 일반적으로 일사량 보다 온도의 변화에 민감하다. 이에 본 논문의 온도 변화에 대한 본 논문의 제어 기법의 타당성을 검증 하도록 한다. 최대전력출력 제어 주기는 0.1초이고, 1msec 동안 태양전지의 개방전압을 측정하여 개방전압의 80%의 최대전력 추종 명령 Vref를 생산해낸다. 25℃온도 조건에서 태양전지 출력전압은 <그림 4>에서 처럼 최대전력을 추종하여 효율 99.9%를 나타내고 있고, 시간 1.5초에서 온도가 75℃로 바뀌면서 안정적으로 다음 최대 출력 점을 추종하고 있다. 이 때 효율 역시 시뮬레이션 결과 99.9%를 나타내고 있다.

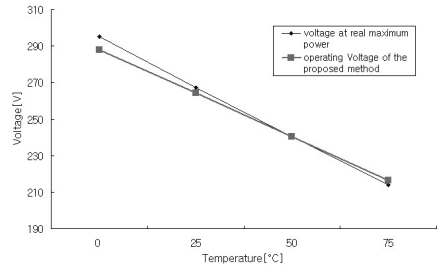
<그림 5> 일사량 20%, 40%, 60%, 80%, 그리고 100%에 대해서 그 때 최대출력의 전압 지점에 대해서 제안한 기법의 정상상태 동작전압을 비교하였다. 이와 더불어 온도 0℃, 25℃, 50℃, 그리고 75℃ 에 대해서 그때의 실제 최대출력 동작전압과 제안한 기법의 동작 전압을 비교 하였다. 이에 최대출력 전압 지점에 대한 제안한 기법의 오차율은 최대 -2.4%로써, 그 추종 효율은 최소 99.68%에서 99.9%이상으로 추종하는 것을 확인하였다.



<그림 4> 시뮬레이션 결과



(a)



(b)

<그림 5> 일사량 및 온도에 따라 제안된 기법에서의 동작전압과 실제 최대출력 동작 전압의 비교

3. 결 론

본 논문에서는 태양전지 출력전류 센서를 제거한 새로운 형태의 최대 전력 추종 제어방버를 제안한다. 제안한 방법은 태양전지 최대출력지점에서의 전압의 태양전지 개방전압의 80%라는 기존의 보고에 기반하여, 태양전지의 동작전압을 일사량 및 온도의 변화에 관계없이 태양전지 개방전압의 80%가 되도록 제안한다. 이를 위해 태양전지 개방전압을 태양광 인버터의 정지 없이 실시간으로 측정하기 위한 제어회로를 제안한다. 본 논문에서 제안한 최대전력 추종 기법을 사용하면, 전류회로의 제거 뿐만 아니라, 제어방식의 간결함으로 인해 저가의 마이크로 컨트롤러를 사용할 수 있어 시스템의 가격 저가화에 기여한다. 뿐만 아니라 그 성능 역시 추종효율 역시 최소 99.6% 이상으로 나타나 아주 우수한 성능을 나타내고 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이경수, 정영석, 소정훈, 유권종, 최재호, "태양광 시스템에서의 새로운 MPPT 알고리즘 제안", 전력전자학회 논문지 제 10권 제 1호, 2005. 2. pp. 21~28
- [2] Y. Takahashi, S. Akachi, I. Takano and Y. Sawada, "A STUDY ON A SIMPLIFIED MAXIMUM POWER POINT TRACKING CONTROL USING A PHOTOVOLTAIC MODULE SIMULATOR", The papers of Technical Meeting on SPC, IEE Japan, SPC-02-17. pp. 5-10(2002-2)
- [3] G.J. Yu, Y.S. Jung, J.Y. Choi, G.S. Kim " A novel two-mode MPPT control algorithm based on comparative study of existing algorithms", Solar Energy 76 (2004) 455-463