

환경변화에 강인한 태양광 발전의 MPPT 제어 알고리즘 개발

장미금, 고재섭, 최정식, 강성준, 백정우, 문주희, 정동화
순천대학교 전기제어공학과

Development of MPPT Control Algorithm for PV System with Robust in Environment Variation

Mi-Geum Jang, Jae-Sub Ko, Jung-Sik Choi, Sung-Jun Kang, Jeong-Woo Baek, Ju-Hui Mun, Dong-Hwa Chung
Department of Electrical Cotron Engineering, Suncheon National University

ABSTRACT

This paper proposes maximum power point tracking(MPPT) control algorithm of PV system using a novel method. The proposed hybrid method is composed perturb and observe (PO) method and constant voltage(CV) method. PO method is simple to realize and CV method is possible to tracking MPP with low insolation. Response characteristics of proposed algorithm is compared to conventional PO method with insolation variation. This paper proves the validity of proposed algorithm through the analysis result.

1. 서 론

태양에너지는 에너지 밀도가 1[kW/m²] 정도로 낮고, 직류-교류 전력변환장치가 필요하며 출력특성이 일사량, 온도 등의 자연조건에 따른 변동으로 불안정하다. 또한 태양전지의 광전변환 효율이 상용제품의 경우 16.9[%] 정도로 낮고, 1[W]당 가격이 약 4[\$] 정도로 많은 초기 투자비가 소요되는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 재료적인 측면과 전력변환 측면으로 나누어지며, 전력변환 측면에서는 태양광 발전의 전력변환 효율 및 고성능화에 관심을 두고 집중적으로 연구를 하고 있다. 따라서 에너지 손실의 최소화와 태양전지 어레이로부터 최대전력을 얻을 수 있는 최대출력제어에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다.^[1]

현재 태양전지의 최대 출력점 추적을 위해 가장 많이 적용되는 방법으로는 Perturbation and Observation (PO) 방법, Incremental Conductance(IC) 및 Constant Voltage(CV)방법 등이 있다. 그러나 종래의 PO 방법은 구현이 간단하지만 일사량이 급격하게 변하는 경우에 최대 출력점 정확하게 추적하지 못하는 단점이 있고, IC 방법은 급격한 일사량 변동에 빠르게 추적을 할 수 있지만, 계산량이 많아 고성능 CPU가 요구되어 가격이 상승되는 단점을 가지고 있다. 또한 CV 방법은 태양전지 어레이에 상관없이 제어되기 때문에 일사량이 급변하는 경우에 정확한 최대 전력점을 추적하지 못하는 문제점을 가지고 있다.^[2-4]

본 논문에서는 종래의 PO 알고리즘의 문제점을 해결하기 위하여 환경변화에 강인한 새로운 방식의 MPPT 알고리즘을 제시한다. 새로운 MPPT 제어방법은 종래의 MPPT 방법인 PO방법과 CV방법의 장점을 상호 혼합하여 구성한 것으로 고

일사량뿐만 아니라 저 일사량 시에도 최대 전력점을 추적함으로써 발전량을 증대시키고 효율을 향상시킬 수 있는 환경변화에 강인한 새로운 MPPT 제어 방법이다. 또한 일사량 변동에 대한 실험을 통해 종래의 PO 방법과 응답특성을 비교하여 제시한 MPPT 제어 방법의 타당성을 입증한다.

2. 태양전지모델링

태양전지의 등가회로부터 단락전류 I_{sc} 는 이상적으로 광전류 I_{ph} 와 일치하고, 다이오드 포화전류 I_d 에 의해서 결정되는 태양전지의 개방전압은 다음 식과 같다.

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

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

또한, 온도변화에 따른 단락전류와 개방전압의 관계식은 다음과 같다.

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

태양전지의 전류-전압 특성곡선을 얻기 위한 수식은 다음과 같이 표현된다.

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

$$I_d = I_o \left[\exp \left(\frac{q(V_L + I_L R_s)}{AkT} \right) - 1 \right] \quad (4)$$

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

$$I_L = I_{ph} - I_d - \frac{V_L + I_L R_s}{R_{sh}} \quad (6)$$

3. 새로운 MPPT 제어 알고리즘

그림 1은 본 논문에서 제시한 새로운 MPPT 제어 알고리즘의 순서도를 나타낸다. 제안된 방법은 전지 어레이의 출력전력이 최대 전력점에 도달할 때까지 태양전지 출력전압의 기준값을 동일한 방향으로 증가 또는 감소시키며 최대전력 (P_{max})을 추종한다. 또한 P_{max} 값에 일정한 α 값(1이하)을 곱하여 최소 출력전력을 결정하고, 최대 전력점에 도달한 후 태양전지의 출력전압은 최소출력과 같아질 때까지 추종한다. 임의로 만들어준 최소출력전력 값보다 낮아질 경우, 플래그

가 변경되어 반대 방향으로 태양전지의 출력전압을 증가시킨다. 최대 전력점을 통과하고 태양전지의 출력전압은 같은 최소출력전력에 도달하게 된다. 이 최소출력전력보다 작게 되면 다시 플래그가 반전되어 태양전지의 출력전압을 감소시킨다. 따라서 MPP를 기준으로 태양전지의 출력전압을 증가 혹은 감소시키면서 MPPT제어를 한다.

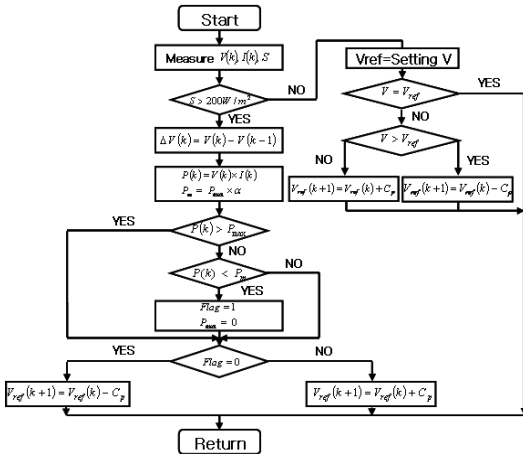


그림 1 제시한 MPPT 알고리즘 순서도.
Fig. 1 Flowchart of proposed MPPT algorithm.

4. 시스템 성능분석

그림 2와 3은 PSIM으로 구성된 시뮬레이션의 출력과형을 나타내고 있다. 그림 2는 일사량 변동에 대한 PO 제어방법의 전력오차를 나타내고 있다. PO 방법은 최대전력의 추경속도가 스텝 값에 따라 결정된다. 한편 저 일사량에서는 MPPT에 실패하여 오차 값이 급격하게 증가하는 것을 보여주고 있다. 그림 3은 본 논문에서 제시한 환경변화에 강인한 새로운 MPPT 제어방법의 오차를 나타내고 있다. 본 논문에서 제시한 제어방법은 종래의 PO 제어방법보다 출력오차가 적게 나타나며, 종래의 PO 제어방법은 저 일사량에서 정확한 최대 전력점 추적에 실패하였지만 제시한 제어방법은 저 일사량에서도 최대 전력점을 추적하는 것을 발생된 오차의 비교를 통해 알 수 있다.

표 1은 일사량이 변동이 있을 때, 종래의 MPPT 제어방법과 본 논문에서 제시한 제어방법의 효율을 비교한 표이다. 제시한 제어방법이 종래의 방법보다 저 일사량과 변동되는 일사량에서도 높은 효율을 갖는다. 따라서 저 일사량에서도 MPPT를 추종 할 수 있는 효율이 좋은 새로운 MPPT 제어방법을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 종래의 MPPT 제어방법과 비교분석하여 뛰어난 추종 성능을 나타내고 있다.

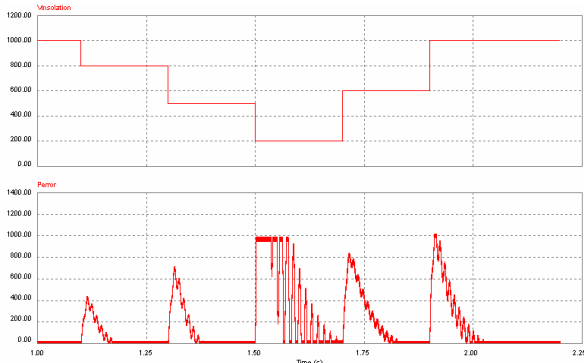


그림 2 일사량 변동에 따른 응답특성(종래의 PO).
Fig. 2 Response characteristic with insolation variation (conventional PO).

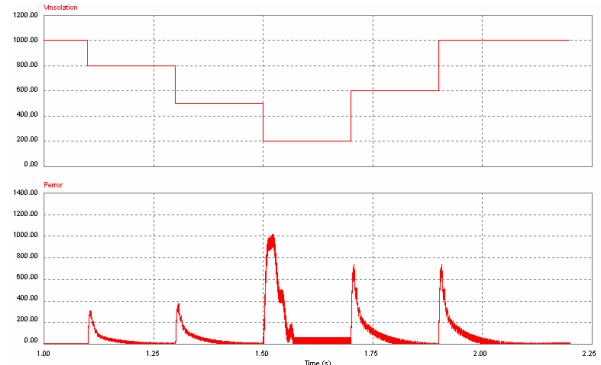


그림 3 일사량 변동에 따른 응답특성(제시한 방법).
Fig. 3 Response characteristic with insolation variation (proposed method).

표 1 일사량 변동조건에서의 효율 비교.
Table. 1 Efficiency comparison in dynamic condition.

Algorithm	일사량 변동	효율
PO 방법	200 - 1000 W/m ²	88 %
	0 - 200 W/m ²	32 %
Proposed 방법	200 - 1000 W/m ²	91 %
	0 - 200 W/m ²	65 %

5. 결론

본 논문에서는 종래의 MPPT 제어방법의 문제점을 개선하기 위해 PO 방법과 CV 방법을 혼합한 하이브리드 MPPT 제어방법을 제시하였다. PO 방법은 간단한 피드백 구조를 갖으며 소수의 측정 파라미터를 갖기 때문에 구현이 간단하고, CV 방법은 저 일사량에서도 MPPT 추적이 가능한 제어방법이다. 제시한 하이브리드 제어 방법은 일사량의 변화 조건으로 PSIM을 이용하여 결과를 종래의 PO 방법 과 비교, 분석하였다. 제시한 MPPT 제어 방법은 종래의 PO 방법에 비해 저 일사량에서도 MPPT 추적이 가능하고 CV 방법에 비해 정상상태에서도 출력전력의 자려진동이 감소되어 발전 성능이 향상됨을 알 수 있다. 이로서 본 논문에서 제시한 방식을 이용한 MPPT 알고리즘의 타당성을 입증하였다.

참고 문헌

- [1] 최주엽 "Development of highly efficient dispersed photovoltaic power generation system" 과학재단, 2004.
- [2] N. Femia, G. Petron, G. Spagnuolo, and M. Vitelli, "Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 20, no. 4, pp. 963-973, Jul. 2005.
- [3] E. Roman, P. Ibanez, S. Elorduizapatarietxe, R. Alonso, D. Goitia, and I. Martinez de Alegria "Intelligent PV module for grid-connected PV systems," in Proc. IEEE 30th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp. 3082-3087, Nov. 2004.
- [4] R. Kiranmayi, K. Vijaya Kumar Reddy and M. Vijaya Kumar "Modeling and a MPPT method for solar cells" J. Eng. Applied Sci., 3(1) pp. 128-133, 2008.