

그림자 영향을 고려한 PV 시스템의 능동형 MPPT 알고리즘 개발

문주희*, 고재섭*, 강성준*, 장미금**, 김순영* 이진국*, 정동화*
 순천대학교*, 전자부품연구원**

Development of Active MPPT Algorithm of PV system Considering Shadow Influence

Ju-Hui Mun*, Jae-Sub Ko*, Seong-Jun Kang*, Mi-Geum Jang**, Soon-Young Kim*, Jin-Kook Lee*, Dong-Hwa Chung*
 Suncheon National University*, Korea Electronics Technology Institute**

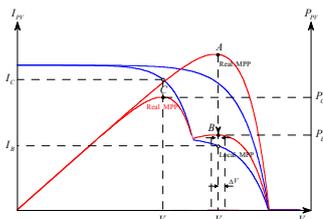
Abstract - This paper presents the active maximum power point tracking(MPPT) control of the photovoltaic(PV) module integrated converter(MIC) system considering the shadow influence. Conventional perturbation and observation(PO) and incremental conductance(IC) are the method finding MPP by the continued self-excitation vibration. The MPPT control is unable to be performed by rapid output change affected by the shadow. To solve this problem, the active MPPT in which the step value changes by output change is presented. In case there are the solar radiation, a temperature and shadow influence, the presented algorithm treats and compares the conventional control algorithm and output error. In addition, the validity of the algorithm is proved through the output error response characteristics.

1. 서 론

PV의 최대전력점은 일사량과 온도에 따라 변하기 때문에 출력 효율을 증가시키기 위해 최대전력점에서 동작하도록 최대전력점을 추적하는 제어는 매우 어렵다. 이를 위해 최대전력점 추적제어 기술, 고효율 에너지 변환 인버터 기술은 지속적인 연구가 진행되고 있다. 최대전력점 추적을 위한 일반적인 요구 사항은 시스템이 간단하고 가격이 저렴하며 PV 모듈에 미치는 일사량의 불평형에 대하여 최대출력을 얻는 방법이 제안되고 있다.[1] 태양전지의 특성은 변하지 않지만 최대출력 동작점이 변하기 때문에 최대출력을 얻도록 동작시키는 MPPT제어방식은 정전압 제어방식과 비 선형함수 계산방식[2], PO(Perturbation and Observation) 제어방식[3], IC(Incremental Conductance) 제어방식[4] 등이 대표적이다. 그러나 일사량이 급변하는 경우에 MPP(Maximum Power Point)를 추적하지 못하고, 계산량이 많아 고성능 CPU가 요구되며 추적효율이 낮은 단점이 있다.[5-8] 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 구현이 쉽고 간단한 능동형 MPPT 방법을 제시하였다. 능동형 MPPT 방법은 전력의 오차에 따라 스텝 값을 변화시켜 온도나 일사량의 변화에 빠르게 추종할 수 있으며, 종래의 PO 방법에 기초하여 알고리즘의 구현이 매우 쉬운 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 종래의 PO와 IC MPPT 방법과 제시한 능동형 MPPT 방법의 MPP 추종 성능을 비교, 분석하여 제시한 알고리즘의 타당성을 입증한다.

2. 능동형 MPPT 제어 알고리즘

종래의 MPPT 제어방식들은 거의 대부분 태양전지에 그림자 효과가 발생한 경우에 대해서는 고려하지 않았다. 종래의 MPPT 방법 중 가장 많이 쓰이고 있는 PO 방법과 IC 방법에 대한 PV 모듈에 부분적인 그림자가 발생한 경우의 MPPT 추종 특성은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.



〈그림 1〉 부분적인 그림자 발생 시 PO, IC MPPT의 추종 특성

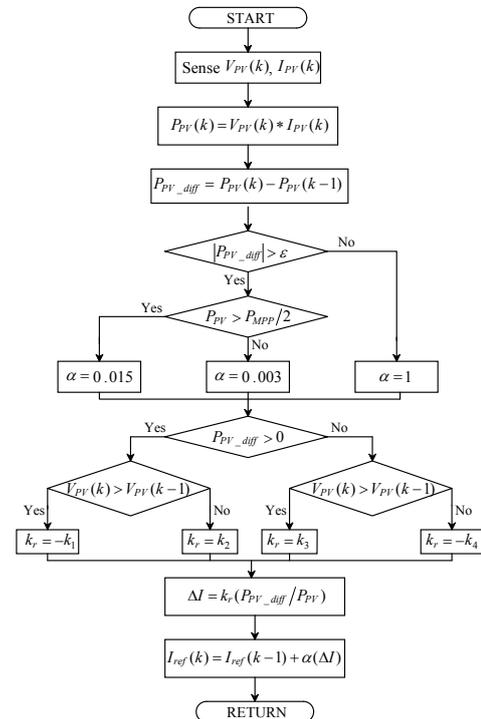
능동형 MPPT 알고리즘은 종래의 PO 방법을 개선한 알고리즘으로서 환경조건에 따라 스텝 크기를 변화시키는 방법을 나타낸다. 제시한 능동형 MPPT 알고리즘의 과정은 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. 현재 전력

과 이전 전력을 비교하여 변화량을 통해 3가지의 가속계수 중 하나를 선택할 수 있다. 그 다음은 종래의 PO 방법과 마찬가지로 이전의 진동이 최대전력점으로 향하는지 또는 멀어지는지를 판별하고, 현재 동작전압이 최적전압보다 높은지 또는 낮은지를 판별하여 4가지의 동작모드로 운전한다.

이러한 4가지의 동작 모드는 스텝 크기를 결정하는데 서로 다른 이득 계수를 갖으며, 이는 이전의 진동 스텝의 크기에 의존한다. 각 반복 루프에서 새로운 지령전류 I_{ref} 는 진동의 스텝 크기 ΔI 에 이전의 지령전류를 더하며 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_{ref}(k) = I_{ref}(k-1) + \alpha \Delta I \tag{1}$$

여기서 가속 계수 α 는 일사량 및 온도 변화 등의 환경변화에 민감하게 동작하도록 제어된다. 또한 최적전압과 최적전류의 변화 폭이 클 경우에 최대전력점으로 빠르게 추종할 수 있도록 하며, 실제 최대전력점에서 MPPT 제어가 정확하게 변환되도록 수행한다. 진동 스텝의 크기는 현재 전력과 이전 전력의 민감도에 의존한다.



〈그림 2〉 능동형 MPPT 알고리즘의 순서도

진동 스텝의 신호는 $P-V$ 특성곡선에서 기울기 신호에 대한 방향을 나타내는 k_r 에 의해 결정되며 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\Delta I = k_r \frac{P_{PV_diff}}{P_{PV}} \tag{2}$$

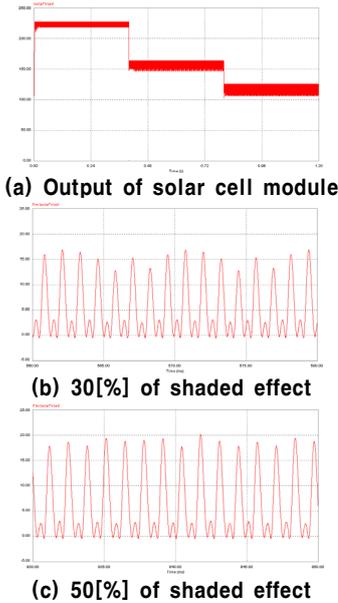
$$P_{PV_diff} = P_{PV}(k) - P_{PV}(k-1) \tag{3}$$

여기서 $P_{PV}(k)$ 는 k 번째 샘플링 기간 동안의 PV 전력을 나타내고, $P_{PV}(k-1)$ 는 $k-1$ 번째의 샘플링 기간 동안 측정된 PV 전력을 나타낸다. 또한 k_r 은 진동 방향과 dP_{PV}/dV_{PV} 의 기울기 방향으로 혼합된 4가지 동작모드에 대한 계수를 나타낸다. 진동 사이클은 PV 전력이 최대전력점에서 유지될 수 있도록 환경 조건의 변화에 대해 반복되어 수행한다.

3. 시스템 성능결과

3.1 PO 제어방법

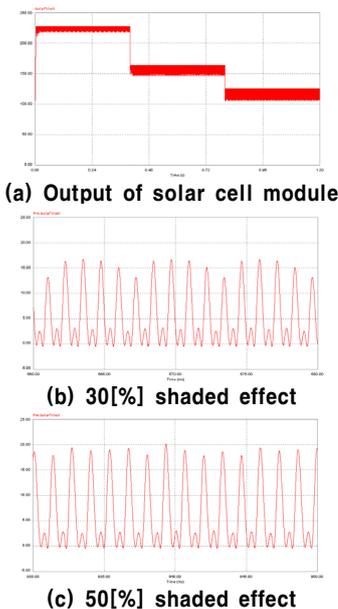
그림 3은 PO MPPT 제어방법에 응답특성을 나타낸다. 그림 3(a)은 태양전지 모듈의 출력, 그림 3(b), (c)은 그림자 영향을 고려할 경우의 최대전력 오차를 나타낸다. 최대전력 오차는 30[%]의 그림자 영향에서 15[W], 50[%]일 경우에는 18[W]로 그림자 영향이 높을수록 오차가 크게 나타난다.



〈그림 3〉 태양전지 모듈의 출력오차(PO 방법)

3.2 IC 제어방법

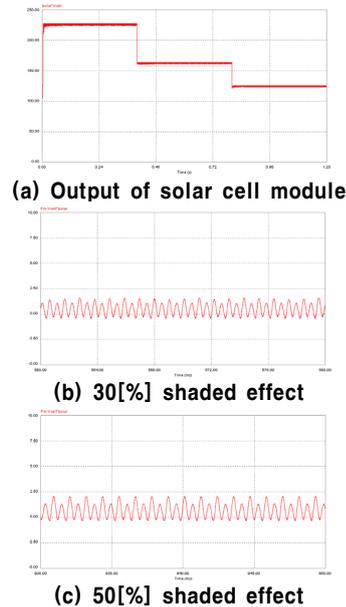
그림 4는 IC MPPT 제어방법에 대한 응답특성을 나타낸다. 그림 4(a)는 태양전지 모듈의 출력, 그림 4(b), (c)는 IC 제어방법에 대한 최대전력 오차를 나타내고 있다. PO 방법과 마찬가지로 IC 제어방법에서 그림자 영향이 클수록 오차가 높게 나타나며 정량적 수치는 14.5[W]와 18[W]를 나타낸다.



〈그림 4〉 태양전지 모듈의 출력오차(IC 방법)

3.3 능동형 MPPT 제어방법

그림 5는 능동형 MPPT 제어방법에 대한 응답특성을 나타낸다. 그림 5(a)는 태양전지 모듈의 출력, 그림 5(b), (c)는 능동형 MPPT 제어방법에 대한 최대전력 오차를 나타낸다. 그림자 영향에서도 제시한 제어방법의 최대전력 오차율은 1[%] 이내로 우수한 최대전력 추종 성능을 나타낸다.



〈그림 5〉 태양전지 모듈의 출력오차(능동형 MPPT)

4. 결론

본 논문에서는 태양광 발전의 MIC 시스템을 위한 능동형 MPPT 제어 알고리즘을 제시하였다. PV MIC 시스템은 약 200W급의 소용량 PCS로서 대용량 MPPT 제어에 비해 부분적인 그림자 영향에 매우 민감하다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 능동형 MPPT 제어 알고리즘을 제시하였다. 능동형 MPPT 제어 알고리즘은 종래의 PO 제어 방법을 기반으로 하여 구조가 간단하며 구현이 용이하다. 또한 출력의 변동에 따라 스텝 값이 가변하기 때문에 그림자 또는 온도 및 일사량 등의 환경요인이 변동할 경우 최대전력점을 빠르게 추종할 수 있다. 본 논문에서는 종래의 PO와 IC MPPT 제어 방법을 제시한 새로운 MPPT 제어 방법과 응답특성을 비교하여 타당성을 입증할 수 있었다.

[참고 문헌]

- [1] A Brambilla, "New Approach to Photovoltaic Arras Maximum Power Point Tracking", Proceeding of 3th IEEE Power Electronic Conference, Vol. 2, pp.632-637, 1998.
- [2] 이상용, "외란에 강인한 최대 전력점 추종기를 갖는 태양광 발전 시스템에 관한 연구", 건국대학교 대학원, 석사학위 청구논문, 2003.
- [3] 강안중, 김태우, 김학성, "일사량 급변에 대한 P&O 알고리즘의 개선", 전력전자학회 전력전자학술대회 논문집, pp.117-120, 2004.
- [4] 문성창, "최적의 MPPT 알고리즘에 관한 연구", 경남대학교 대학원, 석사학위 청구 논문, 2004.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] J. A. Abu-Qahouq, H. Mao, H. J. Al-Atrash, and I. Batarseh, "Maximum efficiency point tracking (MEPT) method and digital dead time control implementation," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 21, no. 5, pp. 1273-1281, Sep. 2006.
- [8] 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