

N-IC MPPT방법을 이용한 태양광 발전시스템의 성능개선

서태영, 고재섭, 강성민, 김유탣, 정동화
순천대학교 전기제어공학과

Improving the performance of PV system using the N-IC MPPT methods

Tae-Young Seo, Jae-Sub Ko, Sung-Min Kang, Yu-Tak Kim, Dong-Hwa Chung
Suncheon National University, Department of Electric Control Engineering

Abstract - This paper proposes adaptive incremental conductance(A-IC) algorithm for maximum power point tracking(MPPT) control of photovoltaic. Conventional Perturbation & Observation(PO) and IC MPPT control algorithm generally uses fixed step size. A small fixed step size will cause the tracking speed to decrease and tracking accuracy of the MPP will decrease due to large fixed step size. Therefore, this paper proposes N-IC MPPT algorithm that adjust automatically step size according to operating conditions. To improve tracking speed and accuracy, when operating point is far from maximum power point(MPP), step size uses maximum value and when operating point is near from MPP, step size uses variable step size that adjust according to slope of $P-V$ curve. The validity of MPPT algorithm proposed in this paper prove through compare with conventional IC MPPT algorithm.

1. 서 론

태양광 발전은 일사량과 온도에 따라서 최대전력점이 변화한다. 이러한 최대전력점을 찾기 위한 가장 대표적인 방법으로는 PO(Perturbation & Observation) 제어방법[1], IC(Incremental Conductance) 제어방법[2] 등이 있다. 그러나 이러한 방법들은 고정된 스텝 크기를 가지고 있기 때문에 과도상태와 정상상태에서의 응답특성을 모두 만족시키는데 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 $P-V$ 곡선에서 전력의 기울기를 이용하여 4개의 구간으로 나누고 최대전력점에서 멀리 있을 때는 빠르게 추적하기 위해 최대 스텝크기를 사용하고 최대전력점에 가깝게 있을 때는 기울기 값에 따라서 스텝 크기를 조절하는 N-IC 방법을 제시한다. 본 논문에서 제시한 방법은 종래의 고정된 IC 방법과 비교를 통해 타당성을 입증한다.

2. N-IC MPPT 알고리즘

IC(Incremental Conductance) MPPT 방식은 태양전지의 $P-V$ 출력곡선의 기울기를 이용하는 방식으로 IC MPPT는 그림 1의 $P-V$ 특성곡선에서 보는 바와 같이 MPP에서 $P-V$ 특성곡선의 기울기가 0(Zero)이라는 것을 이용하여 최대전력점을 찾는 방식이다.

그림 1에서 첫 번째 그래프는 태양전지의 $P-V$ 곡선을 나타내고 두 번째 그래프는 $|dP_{pv}/dV_{pv}|$, 세 번째 그래프는 전력과 기울기의 곱의 그래프이다. 태양전지의 출력은 다음과 같다.

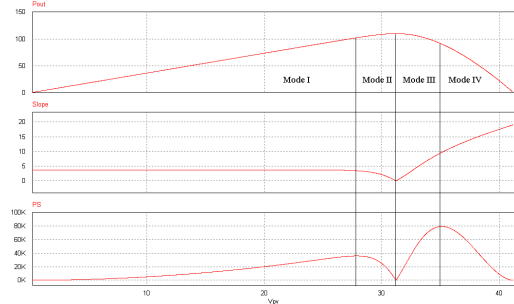
$$P_{pv} = V_{pv} \times I_{pv} \tag{1}$$

IC의 기울기인 dP_{pv}/dV_{pv} 를 전압과 전류의 식으로 변환하면 다음과 같다.

$$\frac{dP_{pv}}{dV_{pv}} = \frac{d(V_{pv} \cdot I_{pv})}{dV_{pv}} = I_{pv} + V_{pv} \frac{dI_{pv}}{dV_{pv}} \tag{2}$$

또한 IC의 기울기와 전력의 곱을 나타내는 PS 는 다음과 같다.

$$PS = P_{pv} \times \left| \frac{dP_{pv}}{dV_{pv}} \right| \tag{3}$$



**<그림 1> 태양전지 모듈의 특성곡선
<Fig. 1> Characteristics of PV Module**

그림 1에서 4가지 모드는 IC의 기울기와 PS의 기울기에 따라 다음과 같이 결정된다.

$$\text{Mode I : } dP_{pv}/dV_{pv} > 0 \ \& \ dPS/dV_{pv} > 0$$

$$\text{Mode II : } dP_{pv}/dV_{pv} > 0 \ \& \ dPS/dV_{pv} < 0$$

$$\text{Mode III : } dP_{pv}/dV_{pv} < 0 \ \& \ dPS/dV_{pv} > 0$$

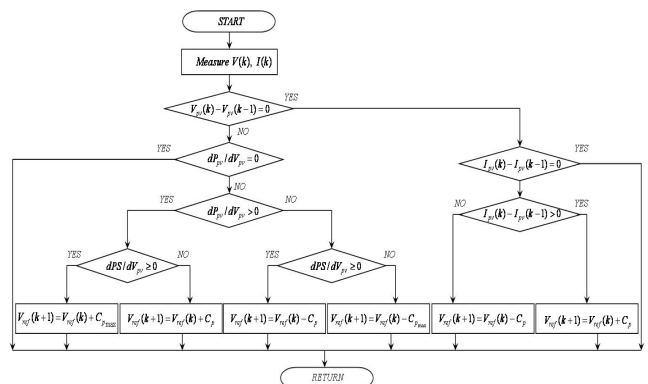
$$\text{Mode IV : } dP_{pv}/dV_{pv} < 0 \ \& \ dPS/dV_{pv} < 0$$

모드 I과 IV는 최대전력점에서 멀리 떨어져 있기 때문에 이 영역에서는 빠르게 변화하기 위하여 스텝 크기를 최대값을 사용하고 모드 II와 III는 최대전력점 부근에 있기 때문에 최대전력점의 정확도 향상을 위해 가변 스텝을 사용한다.

모드 II와 III에 사용되는 가변 스텝 크기는 다음과 같다.

$$C_p = C_{p_{max}} \times \left| \frac{dP_{pv}}{dV_{pv}} \right| \tag{4}$$

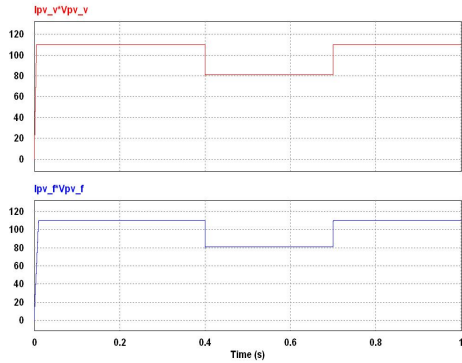
그림 2는 본 논문에서 제시한 A-IC MPPT 알고리즘의 순서도를 나타낸다.



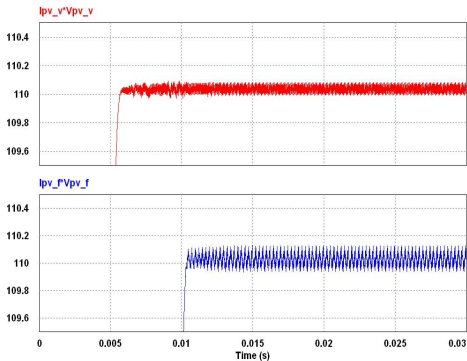
**<그림 2> 제시한 MPPT 알고리즘 순서도
<Fig. 2> Flow chart of proposed MPPT algorithm**

3. 시스템 성능결과

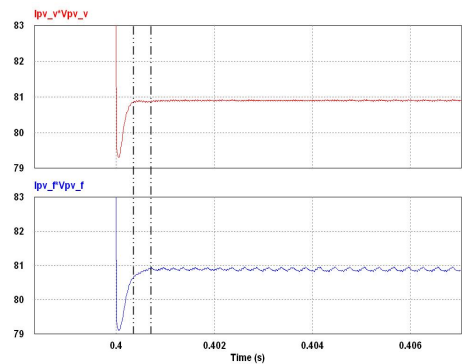
그림 3은 일사량이 1000[W/m²]에서 700[W/m²]으로 변동한 후 다시 1000[W/m²]으로 변화하였을 경우의 태양전지 모듈의 응답 특성을 나타낸다. 그림 3의 첫 번째 그림은 본 논문에서 제시한 A-IC MPPT 알고리즘의 응답특성을 나타내고 두 번째 그림은 종래의 고정된 스텝 크기를 가진 IC MPPT 알고리즘의 응답특성을 나타낸다. 그림 4~6은 그림 3의 과도상태를 확대한 것으로써 그림 4는 초기 상태에서 변화하였을 때 정상상태 도달시간과 정상상태 오차를 나타낸다. 그림 5는 일사량이 1000[W/m²]에서 700[W/m²]으로 변동하였을 때의 응답특성을 나타내고 그림 6은 700[W/m²]에서 1000[W/m²]로 변동하였을 때의 응답특성을 나타낸다. 본 논문에서 제시한 A-IC MPPT 방법이 종래의 IC MPPT 방법에 비해서 상승시간이 빠르며 정상상태에서 오차가 작게 나타나고 있다.



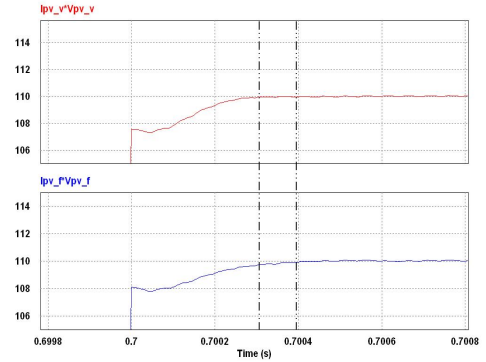
〈그림 3〉 태양전지 모듈의 응답특성
〈Fig. 3〉 Response characteristics of PV module



〈그림 4〉 과도상태 응답특성 I
〈Fig. 4〉 Response characteristics of transient state I



〈그림 5〉 과도상태 응답특성 II
〈Fig. 5〉 Response characteristics of transient state II



〈그림 6〉 과도상태 응답특성 III
〈Fig. 6〉 Response characteristics of transient state III

4. 결론

본 논문에서는 N-IC 방법을 이용한 태양광 발전의 MPPT 제어를 제시한다. 종래의 IC MPPT 알고리즘은 고정된 스텝 크기로 인하여 과도상태와 정상상태의 응답특성을 모두 만족시키는데 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 $P-V$ 곡선에서 전력의 기울기가 최대전력점에 가까울수록 작아지는 특성을 이용하여 제어를 4개의 구간으로 나누고 최대전력점에서 멀리 있는 경우에는 빠르게 변화하기 위해 스텝 크기로 최대값을 사용하고 최대전력점에 가까울 경우에는 정상상태에서 오차를 감소시키기 위하여 스텝 크기를 가변하였다. 제시한 A-IC MPPT 알고리즘은 종래의 IC MPPT 알고리즘과 일사량이 변동하는 경우에 대하여 응답특성을 분석하였다. 초기상태에서 정상상태에 도달하였을 경우와 일사량이 변동하였을 경우에도 본 논문에서 제시한 A-IC MPPT 알고리즘이 종래의 IC MPPT 알고리즘에 비하여 정상상태 도달 시간이 빠르며 정상상태에서 오차가 작게 나타났다. 이로써 본 논문에서 제시한 N-IC MPPT 알고리즘의 타당성을 입증할 수 있었다.

[참고 문헌]

- [1] 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.
- [2] 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.