

일사량 조건을 고려한 태양광 발전의 새로운 MPPT 제어

정병진, 고재섭, 최정식, 김도연, 장미금, 정동화
순천대학교

A novel MPPT control of photovoltaic considering insolation condition

Byung-Jin Jung, Jae-Sub Ko, Jung-Sik Choi, Do-Yeon Kim, Mi-Geum Jang, Dong-Hwa Chung
Sunchon National University

Abstract - This paper proposes a novel maximum power point tracking(MPPT) control algorithm considering insolation to improve efficiency of PV system. The proposed algorithm 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. 서론

에너지원의 다양한 분산화가 추진되는 상황에서 지역 편중성 및 설치 규모의 선정이 자유로운 소규모 주택용 태양광 발전시스템의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 태양에너지는 에너지 밀도가 $1[\text{kW/m}^2]$ 정도로 낮고, 직류-교류 전력변환장치가 필요하며 출력특성이 일사량, 온도 등의 자연조건에 따른 변동으로 불안정하다. 또한 태양전지의 광전 변환 효율이 상용제품의 경우 16.9[%] 정도로 낮고, $1[\text{W}]$ 당 가격이 약 4[\$] 정도로 많은 초기 투자비가 소요되는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 효율개선을 위한 연구가 이루어지고 있으며, 이 중 태양전지에 대한 연구는 전기에너지로서의 제조단가를 낮추기 위한 연구에 초점을 두고 진행되고 있다.[1][2] 또한 에너지 손실의 최소화와 태양전지 어레이로부터 최대전력을 얻을 수 있는 MPPT(Maximum Power Point Tracking)제어에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.[3]-[5] 현재 가장 많이 적용하는 태양전지의 MPP를 제어하는 방법으로는 Perturbation and Observation(PO)방법, Incremental Conductance(IC) 및 Constant Voltage(CV)방법 등이 있다. 그러나 종래의 PO 방법은 일사량이 급격하게 변하는 경우 MPP를 추적하지 못하고 IC 방법은 계산량이 많고 고성능 CPU를 요구하며 CV 방법은 정확한 MPP를 추적하기 어려운 문제점이 있다.

본 논문에서는 종래의 MPPT 방법의 문제점을 해결하고 효율개선을 위한 새로운 MPPT 방법을 제시한다. 새로운 MPPT 방법은 종래의 MPPT 방법인 PO방법과 CV방법의 장점을 상호 혼합하여 구성한 것으로 일사량뿐만 아니라 저 일사량 시에도 MPP를 추적함으로써 발전량을 증대시키고 효율을 향상시킨 새로운 MPPT 제어 방법이다. 또한 일사량 변동에 대한 실험을 통하여 제시한 새로운 MPPT 제어 방법의 타당성을 입증한다.

2. 종래의 MPPT 알고리즘

2.1 PO 방법

PO 제어방법은 간단한 피드백 구조를 갖으며 소수의 측정 파라미터를 갖기 때문에 널리 사용된다. 이는 태양전지 전압을 주기적으로 증가, 감소시킴으로써 동작하며, 이전의 교란주기 동안의 태양전지 어레이 출력전력과 함께 현재 어레이 출력전력 비교에 의해 최대전력의 상태를 연속적으로 추적하며 찾는다. 전력이 증가하면 교란은 다음 주기 동안 계속해서 같은 방향으로 증가할 것이며 그렇지 않으면 교란의 방향은 반대가 될 것이다. 이것은 어레이 단자전압이 모든 MPPT 주기 동안 교란된다는 것을 의미한다. 그러므로 MPP에 이르렀을 때 PO 제어방법은 일정 혹은 천천히 변하는 환경조건에서 자력진동 할 것이며, 그 결과 태양전지 어레이의 손실이 발생하게 된다. 이 문제는 MPP에 도달했을 때를 검출하기 위해 바로 앞의 주기 동안 두 개의 파라미터 비교와 교란 부를 바이패스하기 위한 PO 제어방법의 개선에 의해 해결할 수 있다. 전력손실을 줄이기 위한 다른 방법으로는 교란 스텝의 감소가 있다. 그러나 이 방법은 환경조건이 급하게 변할 경우 MPP 추적속도가 늦어지게 되므로 스텝의 결정이 중요하게 된다.

2.2 CV 방법

태양전지 어레이의 출력전압은 일사량의 변화에 대해서 약간의 변동 폭을 가지는 정전압 특성을 나타내고 있으므로, $V_{ref} = 0.76V$ 로 설정하여 정전압으로 제어하는 방법이 CV 제어방법이다. 따라서 이 기법은 출력에 대해 전력량이 필요하지 않는다. 부스트 컨버터의 듀티는 제어회로에 의해 결정되고, 출력 측 DC 전압은 정상상태 조건의 V_{ref} 값에 의해 일정한 값으로 유지된다. 이로서 저 일사량의 경우에도 MPP를 추적할 수 있는 장점을 가진다. 그러나 일사량 급변 시 정확한 MPP를 찾아 동작하지 못해 출력효율이 감소되고 태양전지 모델링의 정확성에 성능이 크게 좌우되는 단점이 있다.

3. 새로운 MPPT 알고리즘

새로운 제어방법은 일사량 변동에 대하여 태양전지 어레이의 출력전력의 효율을 극대화하기 위하여 제안한 방법이다. 급변하는 일사량의 조건에서 MPPT를 수행하는 알고리즘을 다르게 사용한다. 먼저 일사량이 낮은 경우에는 CV 제어방법을 수행하고, 일사량이 높은 경우에는 기존의 PO 제어방법이 MPP에서 자력진동으로 손실이 발생하는 단점을 개선한 PO 제어방법을 수행한다. 실험상에서 PO나 IC 제어방법이 낮은 일사량에서 CV 제어방법보다 효율이 높지 않으므로, 특정한 낮은 일사량에서 CV 제어방법으로 동작모드를 변경하는 방법이다. 이 방법에 대한 순서도는 그림 1과 같다. 이 제어방법은 일사량센서를 이용하거나 전력량을 가지고 일사량 값으로 바꾸어 프로그램 상에서 동작모드를 변경할 수 있다.

제안된 방법은 전지 어레이의 출력전력이 MPP에 도달할 때까지 태양전지 출력전압의 레퍼런스를 동일한 방향으로 증가 또는 감소시키며 최대전력(P_{max})를 추종한다. 또한 P_{max} 값에 일정한 α 값(1이하)을 곱하여 최소 출력전력을 결정하고, MPP에 도달한 후 태양전지의 출력전압은 최소출력과 같아질 때까지 추종한다. 임의로 만들어진 최소출력전력 값보다 낮아질 경우, 플래그가 변경되어 반대 방향으로 태양전지의 출력전압을 증가시킨다. MPP를 통과하고 태양전지의 출력전압은 같은 최소출력전력에 도달하게 된다. 이 최소출력전력보다 작게 되면 다시 플래그가 반전되어 태양전지의 출력전압을 감소시킨다.

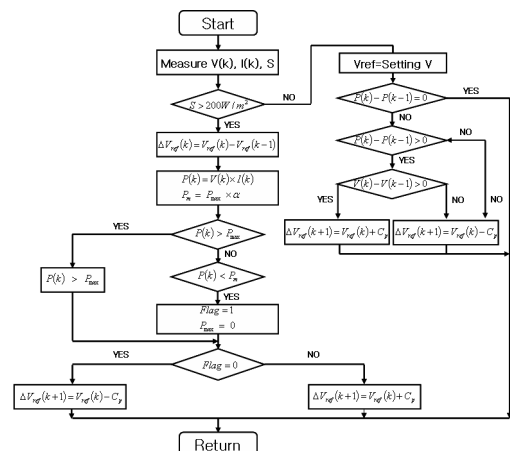


그림 1 Hybrid MPPT 알고리즘 순서도.

따라서 MPP를 기준으로 태양전지의 출력전압을 증가 혹은 감소시키면서 MPPT제어를 한다. 본 논문의 시뮬레이션에 사용된 α 값과 최소

전력(P_{max})을 식 (1)과 같다.

$$P_m = P_{max} \times \alpha \quad (1)$$

태양전지의 출력전압을 MPP까지 증가시킨 후, 임의의 α 값으로 MPP를 곱하여 두 개의 최소 출력점을 생성하게 된다. 이 기법은 MPP에 도달하자마자 주위에서 진동하게 되는 종래의 PO 제어방법의 단점을 개선하여 진동으로 발생하는 손실을 감소시키게 된다.

4. 시스템 성능 결과

그림 2는 본 논문에서 제시한 알고리즘의 성능시험을 위한 태양광 발전시스템의 구성도를 나타낸다. 태양에너지를 전기에너지로 변화하는 PV 모듈과 Boost 컨버터로 구성된다. PV 모듈에서 전압과 전류를 측정하여 전력을 계산하여 일사량 변동에 대하여 MPPT를 수행한다. MPPT에서 나오는 V_{ref} 을 이용하여 PWM을 통해 Boost 컨버터를 제어한다. 본 논문에서 현재 가장 많이 사용되고 있는 PO 방법과 제시한 새로운 방법의 성능을 비교, 분석하였다..

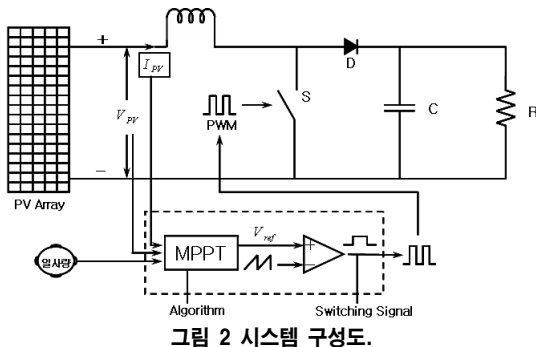


그림 2 시스템 구성도.

그림 3~6은 PSIM으로 구성된 시뮬레이션의 출력파형을 나타내고 있다. 어레이의 일사량은 $1000 [W/m^2]$, 온도는 $45[^\circ C]$ 로 일정하게 하고 부하에 대한 어레이에서 발생하는 최대전력과 V_{ref} 을 나타내고 있다.

그림 3의 PO 제어방법은 정상상태에서 V_{ref} 값이 지속적으로 증가 혹은 감소를 통해서 출력전력도 진동을 하게 되고, 이런 불필요한 진동은 출력손실로 나타난다. 그림 4는 새로운 방식에 의한 MPPT 제어의 출력파형을 나타낸다. 종래의 PO 방법에 비해 제시한 방법에서 안정화 시간이 빠르며, 정상상태에서 진동이 감소되고 있다.

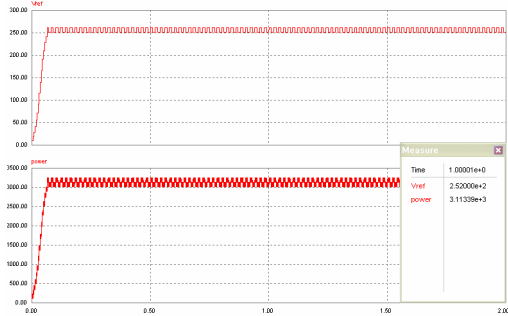


그림 3 MPPT 방법에 따른 응답특성(PO).

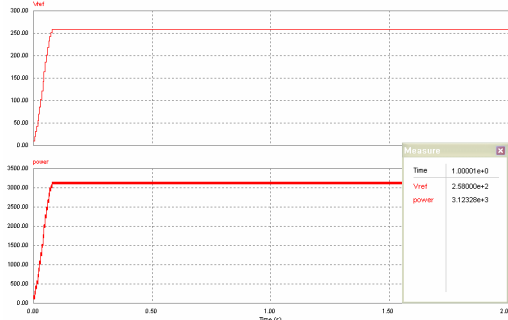


그림 4 MPPT 방법에 따른 응답특성(Hybrid).

그림 5는 일사량 변동에 대한 PO 제어방법의 오차를 나타내고 있다. PO 방법은 최대전력의 추정속도가 스텝 값에 따라 결정된다. 한편 저 일사량에서는 MPPT에 실패하여 오차 값이 급격하게 증가하는 것을 보여주고 있다. 그림 6은 일사량 변동에 대한 새로운 제어방법의 오차를 나타내고 있다. 새로운 제어방법은 종래의 PO 제어방법보다 출력오차가 적게 나타나며, 종래의 PO 제어방법은 저 일사량에서 정확한 MPP 추종에 실패하였지만 제시한 제어방법은 저 일사량에서도 MPP를 추종하는 것을 발생된 오차의 비교를 통해 알 수 있다.

제시한 새로운 방법이 종래의 PO 방법에 대해 정상상태 안정화 시간이 짧고 저 일사량에서도 MPP를 추적할 수 있었으며 이로서 MPPT 제어의 우수한 성능을 나타내고 있다.

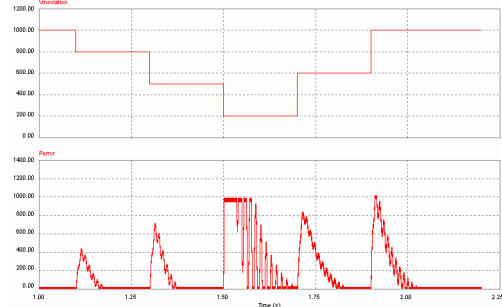


그림 5 일사량 변동에 따른 응답특성(PO).

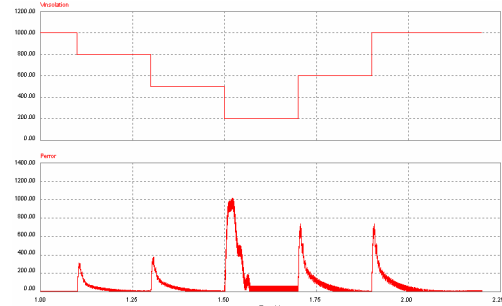


그림 6 일사량 변동에 따른 응답특성(Hybrid).

5. 결론

본 논문에서는 종래의 MPPT 제어방법의 문제점을 개선하기 위해 PO 방법과 CV 방법을 혼합한 새로운 MPPT 제어방법을 제시하였다. PO 방법은 간단한 피드백 구조를 갖으며 소수의 추정 파라미터를 갖기 때문에 구현이 간단하고, CV 방법은 저 일사량에서도 MPPT 추적이 가능한 제어방법이다. 일사량의 변화가 일정할 때와 일사량이 급변하는 조건으로 PSIM을 이용하여 결과를 종래의 PO 방법과 비교, 분석하였다. 제시한 Hybrid MPPT 제어 방법은 종래의 PO 방법에 비해 저 일사량에서도 MPPT 추적이 가능하고 정상상태에서도 출력전력의 자리진동이 감소되어 발전 성능이 향상됨을 알 수 있다. 이로서 본 논문에서 제시한 Hybrid MPPT 알고리즘의 타당성을 입증하였다.

[참고 문헌]

- [1] X. Sun, W. Wu, X. Li, Q. Zhao, "A research on photovoltaic energy controlling system with maximum power point tracking", Proc. of PCC '02, Vol. 2, 2002, pp. 822-826.
- [2] L. Zhanlg, A. Al-Amoudi, Y. Bai, "Real-time maximum power point tracking for grid-connected photovoltaic systems", IEEE Publ. No. 475, 2000, pp. 124-129.
- [3] 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.
- [4] Tae-Kyung Kang, Kang-Hoon Koh, Young-Cheal Kim, "The Study on MPPT Algorithm for Improved IncCond Algorithm" Proceedings of International Solar Energy Society, Asia-Pacific Conference, pp. 299-306. Oct. 2004.
- [5] R. J. Wai, W. H. Wang, and C. Y. Lin, "High-performance stand-alone photovoltaic generation system," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 55, no. 1, pp. 240-250, Jan. 2008.