일사량 급변에 대응한 P&O 기반 가변스텝 전압제어 MPPT 알고리즘

김지찬*, 차한주**
대전도시철도공사*, 충남대학교**

A Novel Voltage Control MPPT Algorithm using Variable Step Size based on P&O Method Considering the Sudden Change of Solar Radiation

Ji Chan Kim*, Hanju Cha**
Daejeon Metropolitan Rapid Transit Corporation*, Chungnam National University**

ABSTRACT

본 논문은 태양광 발전시스템에서 일사량이 급변했을 때 최대 전력점(MPP: Maximum Power Point)을 빠르게 추종할 수 있는 P&O(Perturb and Observe)기반 가변 스텝 알고리즘을 제안하였다. 제안한 기법은 일사량 또는 온도에 의해 환경 변화 시 최대 전력점에서의 전압 변화 특성을 이용하며, 가변 스텝 방식이 적용된 전압제어를 통해 MPP를 추종한다. 임계값 설정으로 일사량 급변을 판단하며, MPP를 빠르게 추종하기 위한 고속 모드로 동작한다. MPP에 도달하면 가변 모드로 전환하여 정상상태 오차를 최소화 한다. PV 시뮬레이터와 태양광 전력변환시스템을 통해 제안한 MPPT 알고리즘의 성능을 검증하였다.

1. 서론

태양광(PV: Photovoltaic) 발전은 무한한 태양광에너지를 전기에너지 변환하는 방식으로 발전 과정에서 배출되는 오염물질이 없어 신재생 에너지로 각광받고 있다. 하지만 태양전지 고유 특성에 따라 일사량과 온도에 따라 전압과 전류가 일정한 패턴으로 변화한다. 따라서 이런 특성을 고려하여 태양전지에서 생산되는 전기에너지를 최대한 활용하기 위해 최대 전력점 추종(MPPT: Maximum Power Point Tracking)기법이 필요하며 이에 대한 다양한 연구가 진행되어 오고 있다. 이러한 기법은 P&O (Perturb and Observe), INC (Incremental Conductance, CV (Constant Voltage), LA (Linear Approximation) 등이 있으며, 태양전지의 출력 전압(V), 전류(I) 및 전력(P)의 변화 패턴을 통해 최대 전력점을 추종한다[1]-[2].

본 논문에서는 일사량이 급변할 때에도 고효율과 빠른 응답성을 확보할 수 있는 P&O 기반의 가변 스텝 사이즈 MPPT 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해 타당성을 검증하였다.

2. 태양광 시스템 구성 및 특성

2.1 태양광 시스템 구성

태양광 발전시스템 구성은 태양광 패널, 부스트컨버터, PV 인버터로 구성되어 있다. 부스트컨버터는 전압의 동작 범위를 넓혀주기 위한 기능을 수행하며, 그림 1은 태양광 발전시스템 제어기 구성도이다.

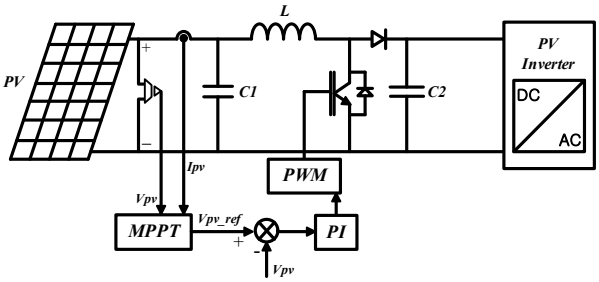

그림 1 PV 시스템 제어기 구성도
Fig. 1 Diagram of PV System Controller Configuration

2.2 일사량과 온도에 따른 P-V 특성 곡선

그림 2는 일사량 변화에 따른 태양전지의 P-V, P-I 특성 곡선을 나타낸다. 각각 일사량 600W/㎡, 800W/㎡, 1,000W/㎡ 때의 특성 곡선이다. P-V 곡선의 경우 MPP지점에서 전압 값 변동이 작지만, P-I 곡선의 MPP지점에서는 전류 값 변동이 큰 것을 확인할 수 있다.

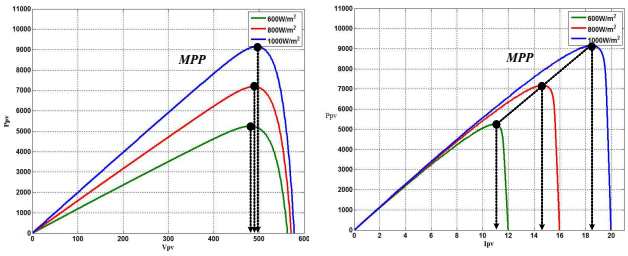

그림 2 일사량에 따른 태양전지 P-V, P-I 곡선
Fig. 2 PV P-V, P-I Curve according to Solar irradiance

최대 전력점 추종을 위해서는 태양전지 출력 요소 증감 비교를 통해 현재 동작점을 파악하고, 다음 동작점 제어를 한다. 하지만 입력 급변 시 최대 전력점 전류를 이용한 최대 전력점 추종 제어는 전류 변화가 크므로, 현재와 이전 전류 값 비교를 통한 제어가 용이하지 않다. 따라서 일사량 급변 시에도 상대적으로 변화가 적은 전압 요소를 이용한 최대 전력점 추종을 위해 전압제어 방식을 사용하였다.

3. 가변 스텝 전압제어 MPPT 알고리즘

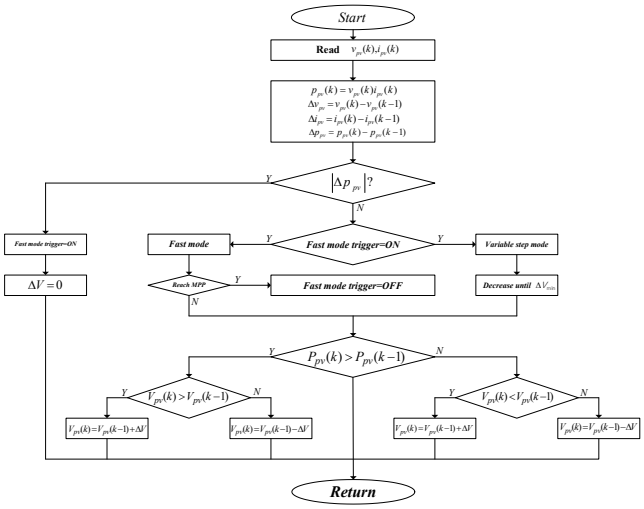

그림 3 제안한 MPPT 알고리즘 순서도
Fig. 3 Flowchart of the proposed MPPT Algorithm

일반적인 P&O 방식은 태양전지 전압(V_{pv}), 전류(I_{pv}), 전력(P_{pv})를 통해 현재 값과 이전 주기 값을 비교하여 나온 전압 지령치(ΔV)에 따라 제어하며, 일정한 스텝 사이즈로 최대 전력점을 추종한다. 하지만 고정된 스텝 사이즈에서는 스텝 사이즈가 크면 최대 동작점 추종은 빠르나 MPP부근에서 진동이 커 정상상태 효율이 낮게 된다. 반대로 스텝 사이즈가 작을 경우 효율은 좋아지나 MPP 추종 속도가 느려진다. 이러한 단점을 보완하기 위해 가변 스텝 사이즈를 적용하였다. 일사량 등 급변이 발생하면 고속 모드로 변경하여 큰 전압 지령치로 최대 전력점을 신속하게 추종한다. 그리고 MPP에 도달하면 전압 지령치가 최솟값까지 일정한 비율로 감소하여 MPP지점에서 효율을 향상시킨다. 그림 3은 제안된 가변 스텝 전압제어 알고리즘 순서도이다.

4. 시뮬레이션 결과

4.1 시스템 파라미터

표 1 PV 시뮬레이터 파라미터
Table 1 PV Simulator Parameters

Parameter	일사조건 (1000W/㎡, 25℃)	일사조건 (500W/㎡, 25℃)
개방회로 전압(V_{oc})	260.00[V]	250.67[V]
단락회로 전류(I_{sc})	8.21[A]	4.1[A]
MPP 전압(V_{mpp})	220.61[V]	212.04[V]
MPP 전류(I_{mpp})	7.72[A]	3.86[A]
MPP 전력(P_{mpp})	1702.0[W]	818.83[W]

표 1은 PV 시뮬레이터 파라미터이다. 제안된 알고리즘은 이 파라미터를 통한 PV 패널, 부스트컨버터, 부하로 구성된 시뮬레이션 회로로 검증하였다.

4.2 시뮬레이션 결과

그림 4와 5는 시뮬레이션 결과이다. 일사량이 각각 1000W/㎡에서 500W/㎡으로 증가, 감소했을 때 PV전압과 전류, 전압 지령치(ΔV) 스텝 변화크기를 확인할 수 있다.

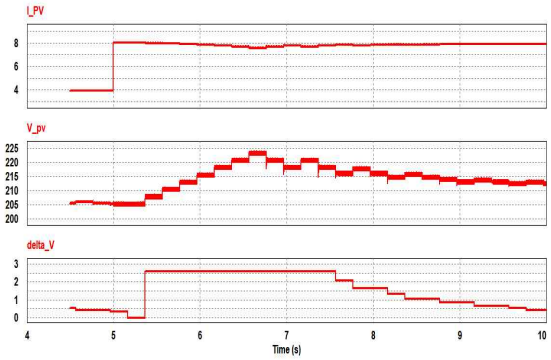

그림 4 일사량 500 → 1000W/㎡ 변동 시 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation results when solar irradiance increases

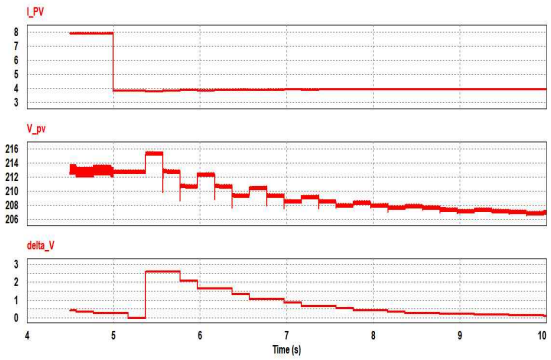

그림 5 일사량 1000 → 500W/㎡ 변동 시 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Simulation results when solar irradiance decreases

5. 결론

본 논문은 태양광 시스템에서 일사량 급변 시 PV 모듈 출력에 따라 신속한 최대 전력점 추종과 MPP지점에서 안정적인 동작을 위해 P&O기반으로 가변 스텝 사이즈를 적용한 전압제어 MPPT 알고리즘을 제안하였다. 급변 발생 시 전력(P) 임계값을 통해 모드를 변경하여 큰 스텝사이즈로 MPP를 빠르게 추종한 뒤 일정 비율로 스텝사이즈를 감소시켜 정상상태에서 효율을 향상시킨다. 시뮬레이션을 통해 제안한 MPPT 알고리즘을 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] Y. S. Choi, E. K. Kim, J. W. Jung, "MPPT Control Method of PV System", KIPE Magazine 18(1), pp. 29-39, 2013. 02.

[2] B. S. Kim, G. J. Jung, W. S. Sim, J. M. Jo, H. J. Cha, "A Study on High-Efficiency MPPT Algorithm Based on P&O Method with Variable Step Size", The Transactions of Korean Institute of Power Electronics 24(1), pp. 1-8, 2019. 2.