

독립형 태양광 발전시스템의 하이브리드 MPPT 알고리즘

이한림, 최우진, 이교범
아주대학교

Hybrid MPPT Algorithm for a Stand-Alone Photovoltaic System

Han Rim Lee, Woo Jin Choi, and Kyo-Beum Lee
AJOU UNIVERSITY

ABSTRACT

본 논문은 최대전력점 추종 제어기법의 성능 개선을 위한 독립형 태양광 발전시스템의 하이브리드 기법을 제안한다. 하나의 기법만을 사용하는 경우, 일사량 및 온도 조건에 따라 비선형적 출력특성을 갖는 태양전지의 최대출력점을 효율적으로 추종하기 어렵다. 제안한 방법은 가변 스텝 사이즈를 적용한 Perturb and Observe (P&O) 기법으로 과도상태의 추종성능을 보장하고, Incremental Conductance (InC) 기법으로 정상상태의 자력진동을 감소시켜 출력 전력의 효율을 높일 수 있다. 1.4kW 태양광 발전시스템을 모의하여 수행된 PSIM 시뮬레이션 결과로 제안한 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

1. 서론

태양광 발전시스템에서는 일사량 및 부하, 온도 조건 등의 외부적인 요인에 따라 변동하는 태양 전지의 비선형적인 출력을 최대로 부하에 공급하기 위한 MPPT 제어가 요구된다.^[1] MPPT 기법으로는 P&O 방식과 InC 방식, Hill Climbing 방식 등이 있다. 이 중 일반적으로 많이 사용되는 기법은 P&O 방식과 InC 방식이다. P&O 방식은 태양 전지의 출력 전력의 변화량을 비교하여 태양 전지의 출력 전압을 증가 또는 감소시킴으로써 최대전력점을 추종하는 방식이다. 반면에 InC 방식은 태양 전지의 출력 전압과 출력 전류를 이용하여 출력 전력을 계산하고, 출력 전압의 변화량과 출력 전력의 변화량에 따라 P-V 특성 곡선에서의 동작점을 이동시켜 최대전력점을 추종하는 방식이다.

기존의 P&O 방식은 과도상태 응답특성이 빠르다는 장점을 가지지만, 정상상태에서 큰 자력진동을 가지므로 출력 효율이 낮다는 단점이 있다. 또한 InC 방식은 정상상태에서 출력의 자력진동은 작지만, 과도상태의 속응성이 느리다는 단점을 가진다. 이러한 단점을 보완하기 위해, 최근 전력의 변화량에 따라서 스텝값을 가변하는 가변 스텝 MPPT 알고리즘에 대한 연구가 많이 이루어졌다.^[2] 이러한 방법들은 고정된 스텝을 사용하는 방식에 비해 정상상태에서 작은 자력진동과 과도상태의 빠른 동특성을 갖는 방식으로 발전하였다.

본 논문에서는 하나의 MPPT 기법만 사용했을 때의 단점을 보완하고, 효율적인 MPPT를 위한 하이브리드 제어기법을 제안한다. 제안하는 방식은 하나의 MPPT 기법과 비교하여 과도상태에서 빠른 응답특성과 정상상태에서 작은 출력 리플을

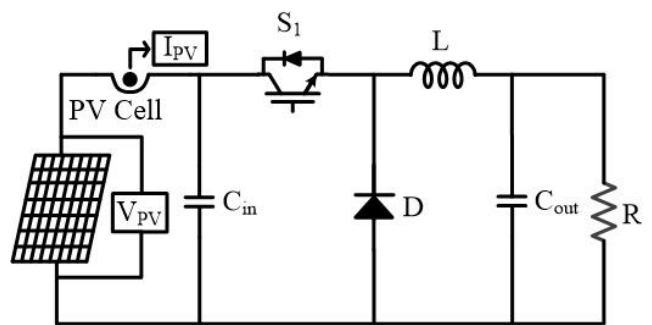


그림 1 태양광 발전 시스템의 구성도
Fig. 1 Configuration of the PV system

가지며, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 그 성능을 분석하였다.

2. 본론

2.1 태양광 발전시스템의 구성

본 논문에서 사용된 회로의 구성은 그림 1과 같다. 일반적인 벽 컨버터로 구성되며, 현재 전류와 전압의 상태에 따라 듀티비를 증감하여 출력 전력의 MPPT 제어를 수행한다.

2.2 제안하는 MPPT 기법

MPPT 기법은 태양 전지(PV Cell)의 출력 전압과 전류를 이용하여 전력을 계산하고 최대전력점을 추종하는 방식으로, 태양 전지 출력 전력은 식 (1)로 나타낼 수 있다.

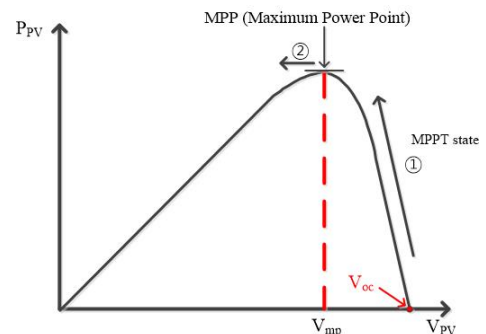


그림 2 태양 전지의 P-V 특성곡선
Fig. 2 P-V characteristic curve of a PV Cell

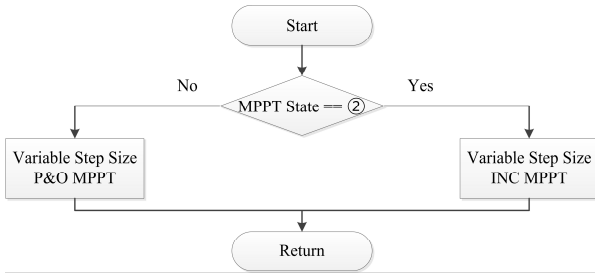


그림 3 제안하는 MPPT 알고리즘 순서도
Fig. 3 Flow chart of proposed MPPT control algorithm

$$P_{PV} = V_{PV} \times I_{PV} \quad (1)$$

그림 2는 일반적인 태양 전지의 P-V 특성곡선을 나타낸다. P-V 특성 곡선에서 동작 점은 제어 초기에 태양 전지의 개방 전압(V_{oc})에서 태양 전지의 전압을 감소시키는 방향으로 이동하여 최대전력점에 도달한다. 제안하는 방식은 개방전압으로부터 MPP점에 도달하기 전의 전력이 상승하는 구간을 과도상태라고 판단한다. 반면에 동작점이 최대전력점을 지나쳐 출력 전압과 전력이 하강하는 시점은 태양 전지의 출력 전력이 최대전력점과 근접하므로 정상상태로 판단한다. 이와 같이 MPPT 상태를 이용한 과도상태 및 정상상태 판별식은 식 (2)와 같다.

$$MPPT \ state = \begin{cases} \text{if } x = 1, & \text{transient state} \\ \text{if } x = 2, & \text{steady state} \end{cases} \quad (2)$$

그림 3은 본 논문에서 제안하는 MPPT 기법의 제어 블록도이다. 제안하는 하이브리드 MPPT 기법은 식 (2)로 과도상태와 정상상태를 구분한다. 구분된 MPPT 상태를 기준으로 1인 경우에는 가변 스텝 P&O 방식을, 2인 경우에는 가변 스텝 InC 방식을 사용하여 MPPT를 수행한다.

3. 시뮬레이션

제안하는 하이브리드 MPPT 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 정격출력 1443W의 태양광 발전시스템을 설계하고, PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에서 사용된 태양광 발전시스템의 파라미터는 표 1과 같다.

표 1 태양광 발전시스템의 파라미터
Table 1 Parameters of the PV system

구분	파라미터	구분	파라미터
최대전력	1443 W	C_{in}	330 μF
MPP 전압	48 V	C_{out}	470 μF
MPP 전류	30 A	L	200 μH
f_{sw}	10 kHz	R	1.5 Ω

그림 4는 가변 스텝 MPPT 방식과 제안하는 MPPT 방식의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 그림 4(b)는 과도상태에서의 응답 특성을 보이며, 제안하는 MPPT 방식은 P&O 방식과 동일한 빠른 과도상태 응답특성을 가진다. 그림 4(c)는 정상상태의 파형으로, 제안하는 MPPT 방식은 가변 스텝 InC 방식과 동일한 정상상태 응답특성을 가진다. 과도상태에서 가변 스텝 InC 방식이 MPP점에 도달하는 시간은 약 1.45ms이고, 제안하는 방

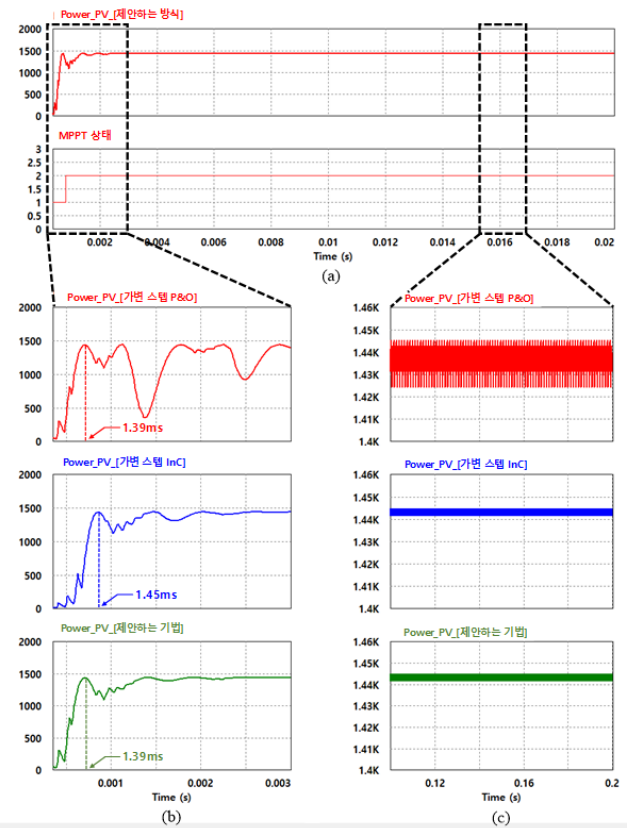


그림 4 하이브리드 MPPT 시뮬레이션 결과 파형
(a) 전 구간 시뮬레이션 파형, (b) 과도상태, (c) 정상상태
Fig. 4 Simulation results of hybrid MPPT control

식은 1.39ms이다. 제안하는 방식이 가변 스텝 InC 방식보다 약 0.06ms 더 빨리 MPP점에 도달한 것을 확인할 수 있다. 정상상태에서 가변 스텝 P&O 방식의 평균 전력은 1436W이고, 제안하는 MPPT 방식의 평균 전력은 1442W이다. 태양 전지의 최대 출력 전력 대비 출력 효율을 나타내면 가변 스텝 P&O 방식의 출력 효율은 99.53%, 제안하는 MPPT 방식의 출력 효율은 99.97%임을 확인하였다. 따라서 기존 방식들과 비교했을 때 약 0.44% 정도 태양 전지의 출력 효율이 향상됨을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 기존의 가변 스텝을 사용하는 P&O와 InC 기법의 단점을 보완하기 위한 하이브리드 MPPT 기법을 제안하였다. 제안된 하이브리드 기법은 PSIM 시뮬레이션 결과로 기존의 방식들과 비교 및 분석하였으며, 그 타당성을 검증하였다. 본 방식을 적용하여 과도상태와 정상상태의 응답특성이 개선되고, 시스템의 출력 효율이 향상됨을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 김정현, 김광섭, 이교범, "태양광 배터리 충전기를 위한 적응형 신경회로망-퍼지로지 기반의 센서리스 MPPT 제어", 전력전자학회지, 제 18권, 제 4호, pp. 349-358, 2013.
- [2] 최영식, 김은경, 정진우, "태양광 발전시스템의 MPPT 제어 기법", 전력전자학회지, 제 18권, 제 1호, pp. 29-36, 2013.