

태양광 최대 전력점 추종을 위한 진동없는 제어 알고리즘

지상근, 유철희, 노정욱, 홍성수, 한상규
국민대학교 전력전자 연구소

Non-Oscillation Control Algorithm for the MPPT Employed in Photovoltaic Applications

Sang-Keun Ji, Cheol-Hee Yoo, Chung-Wook Roh, Sung-Soo Hong, Sang-Kyoo Han
Kookmin University Power Electronics Center

ABSTRACT

태양전지는 일사량 및 온도에 의해 출력 특성이 변화하여 최대전력을 얻을 수 있는 위치도 변화한다. 따라서 태양전지의 동작점을 최대 전력점에서 동작하게 하는 최대전력점 추적(MPPT, Maximum Power Point Tracking)이 필요하다. 본 논문에서는 P&O 방식처럼 자러진동을 하지 않고 최대 동작점에서 머물면서 동작하는 NOC(Non-Oscillation Control) 방법을 제안한다. 이 방식은 빠르게 최대 동작점을 찾을 수 있고 특히 급격한 일사량 변동에 대해 유리한 장점을 갖는다. 최종적으로 제안된 제어기법의 타당성을 검증하기 위하여 3KW급으로 수행된 MPPT 모의 실험을 제시한다.

1. 서론

태양전지 어레이의 최대전압은 일사량과 온도에 의해서 시시각각으로 변한다. 즉 태양 전지의 고유한 비선형 특성으로 인해, 항상 태양 전지의 최대 전력점(Maximum Power Point)에서 동작하도록 하는 제어가 필요하다.

가장 많이 알려진 MPPT 제어 방식으로 P&O(Perturbation and Observation)방식과 IncCond(Incremental Conductance)방식이 있다.^{[1][2]} 하지만 대부분의 MPPT 제어 방식은 최대 전력점 한 점에 고정되어 동작하는 것이 아니라 그 주위에서 진동하며 동작 한다. 특히 P&O 방식은 자러진동 함으로써 일사량이 일정할 때에도 계속 동작점을 변화시키면서 최대전력점 추종을 하게 된다. 이는 MPPT 효율에 좋지 않은 결과를 가져오며 또한 일사량 급변시 최대 전력점 추정에 많은 시간을 요한다. 본 논문에서는 자러진동 없이 항상 최대 동작점에서 고정되어 동작하고 일사량 급변시 빠르게 최대전력점을 추종 할 수 있는 간단한 MPPT 제어방식을 제안한다.

2. 제안된 새로운 MPPT 방식의 기본 원리

2.1 듀티 사이클이 PV 어레이에 미치는 영향

그림 1은 부스트 컨버터를 PV 어레이에 연결한 회로이다. 이 때 듀티 사이클이 PV 어레이에 미치는 영향을 살펴보면 듀티가 증가하면 인덕터 전류 및 PV 전류 또한 증가하여 태양전지 특성곡선에서 알 수 있듯이 PV 전압은 감소하게 된다. 마찬가지로 듀티가 감소하면 인덕터 전류 감소 및 PV 전류 또한 감소하게 되어 PV 전압은 증가하게 된다. 상기와 같은 메카니

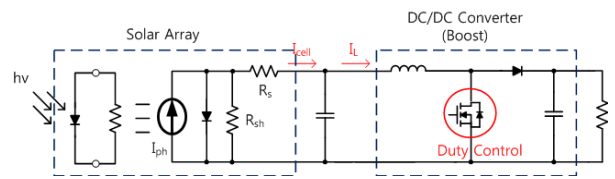


그림 1. Duty Cycle이 PV 어레이에 미치는 영향
Fig. 1 The effects of the Duty Cycle in PV Array

즘에 따라 듀티 사이클을 조절하여 동작 전력점을 조절할 수 있다.

2.2 제안 MPPT 방식의 기본 원리

최대 전력점 부근에서 자러진동 하면서 동작을 하는 기존 MPPT 알고리즘과는 달리 제안된 방법은 미소 변동차를 이용하지 않고 간단하게 최대 전력점을 추종하며 특히 일사량 급변시 변동된 최대 전력점을 빠르게 찾을 수 있다. 제안된 MPPT 방식의 전력단은 부스트 컨버터를 사용했으며, 제어단은 그림 2와 같이 전압과 전류를 제어하기 위하여 2중 제어 루프로 구성되어 있는 기존 방식에 부스트 컨버터의 듀티를 일정시간 ON/OFF 하기 위한 제어루프가 추가되었으며 이는 전류제어루프와 상보적으로 동작하게 된다.

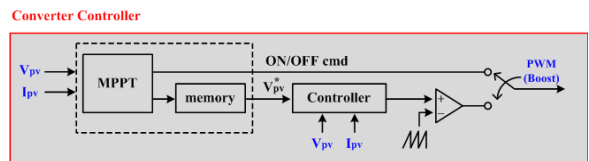


그림 2. 제안 MPPT 알고리즘의 블록도
Fig. 2 The block diagram of the proposed MPPT Algorithm

그림 3은 제안 방식의 동작원리를 나타낸다. 현재 일사량에서의 최대 전력점을 A2라고 하면, 초기 기동 시 동작은 다음과 같다. 2.1절에서 듀티와 부스트 컨버터의 전압, 전류의 관계에 따라 P-V 곡선에서 현재의 동작점이 최대전력점(MPP)를 기준으로 오른쪽에 있으면 스위치를 '턴온', 왼쪽에 있으면 스위치를 '턴오프' 시켜 최대전력점으로 동작점을 이동시킬 수 있다. 즉, 초기의 PV 어레이의 출력전압은 V_{oc}(개방전압)지점이고 이때는 MPP보다 오른쪽에 위치하고 있으므로 ON/OFF 직접 명령을 이용하여 스위치를 '턴온'시켜준다. 이때 동작점은 MPP를 스위칭 동작없이 한 번에 도달하게 되고 MPP 지점에서의 전압값과 현재 전력값을 기억해서 ON/OFF 명령을 차단하고 제

어루프로 들어가 전압 명령을 기억한 전압값으로 제어하게 된다. 따라서 전압 명령을 바꿔가면서 MPP를 추종하는 기존 방식과는 달리 제안 방식은 전압 명령을 고정함으로써 자려진동으로 발생하는 손실을 줄일 수 있다.

일사량이 급변하여 전력이 증가 하였을 때의 동작은 다음과 같다. 현재 동작점은 A2 지점이고 일사량 증가로 인해 이전에 기억된 전력값 보다 현재 전력이 커지게 되면 동작점은 A2에서 A3'로 바뀌게 된다. 하지만 이 지점은 MPP 지점이 아니기 때문에 MPP 지점인 A3 지점으로 가야한다. A3' 지점은 MPP 보다 왼쪽에 있으므로 스위치를 '턴오프' 해주어야 한다. 따라서 현재 제어루프를 끊고 ON/OFF 직접 명령을 이용해 '턴오프' 명령을 주게 되면 스위칭 없이 한 번에 MPP 지점인 A3로 이동하게 된다. 이때도 마찬가지로 A3 지점의 전력값과 전압값을 기억해 놓고 제어루프 전압명령으로 사용하여 MPPT 동작을 수행한다.

한편, 일사량이 감소할 경우에는 A2 지점에서 A1'지점으로 이동하게 되고 이 지점은 MPP보다 오른쪽에 있으므로 스위치를 '턴온'하여야 한다. 따라서 전류루프를 끊고 ON/OFF 직접 명령을 이용해서 스위치를 '턴온'해주어 A1 지점으로 이동하게 하고 이때의 전력값과 전압값을 이용하여 전류루프를 이용하여 전압명령을 주게 되어 최대전력점 추종을 가능하게 할 수 있다.

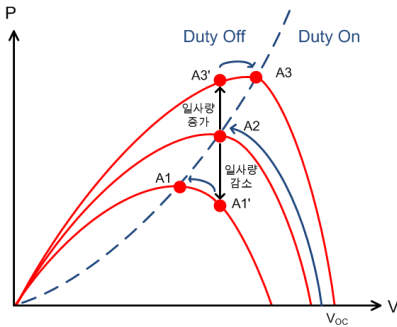


그림 3. 제안된 MPPT 방식의 기본 원리
Fig. 3 The basic principle of proposed MPPT

3. 모의 실험 결과

전력전자 시뮬레이션 툴인 PSIM을 이용하여 제안방식의 시뮬레이션을 행한다. 시뮬레이션은 태양광 모델링, 부스트 컨버터, 제어 블록으로 구성된다. 일사량 100%일 때 최대 약 3,342W를 갖는다.

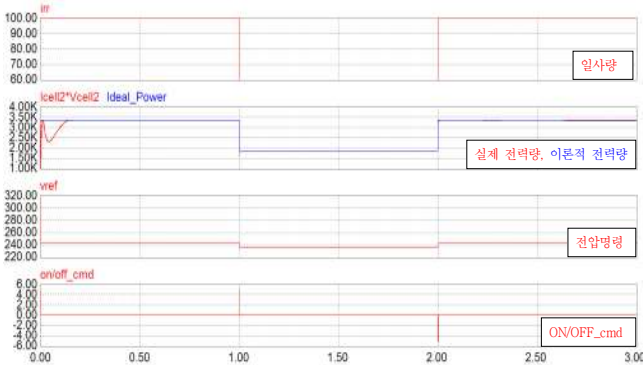


그림 4. 시뮬레이션 파형
Fig. 4 Simulation Waveforms

그림 4는 제안방식의 시뮬레이션 결과 파형이다. 위에서부터 일사량, 실제 전력과 이론적 전력량, 전압 명령, ON/OFF 명령 순이다. 시뮬레이션은 일사량을 100%→60%→100%로 변동시켰다. 2.2절에서 설명한 것과 같이 초기동작은 ON/OFF 명령 파형에서 보듯이 '턴온' 하면서 시작한다. '턴온' 되면 Voc 지점에서 전압이 작아지면서 전력은 MPP 지점을 찾게되고 전압명령 파형에서 보듯이 그때의 전압값을 기억하고 전류루프로 제어한다. 이때 전압값은 244V이다.

일사량이 100%에서 60%로 변하면 현재 전력값이 기억하고 있는 전력량 보다 작기 때문에 일사량이 줄어든 것을 체크하고 전류루프를 끊고 ON/OFF 직접 명령을 이용하여 '턴온'하게 된다. 그 결과 동작 전압값이 작아지면서 변경된 P-V곡선의 MPP점을 빠르게 찾고 그때의 전압값을 기억하고 전류루프를 이용하여 제어하게 된다. 이때 전압값은 237V이다.

일사량이 60%에서 100%로 변하면 현재 전력값이 기억하고 있는 전력량 보다 크기 때문에 일사량이 커진 것을 체크하고 전류루프를 끊고 ON/OFF 직접 명령을 이용하여 '턴오프'하게 된다. 그 결과 동작 전압값이 커지면서 변경된 P-V곡선의 MPP점을 빠르게 찾고 그때의 전압값을 기억해 제어하게 된다. 이때 전압값은 249V이다.

4. 결론

태양전지는 전류-전압, 전력-전압의 관계가 비선형 특성을 갖고 있고 외부조건(온도, 일사량)에 의해서 최대전력점이 수시로 변함으로 태양전지로부터 최대전력을 얻는 것은 중요하다. 가장 많이 쓰이고 있는 MPPT 제어기법인 P&O 방식은 태양전지 전압을 주기적으로 증가, 감소시킴으로써 일사량이 일정 하더라도 자려진동 하게 되고 이는 곧 태양전지 어레이의 손실로 발생하게 된다.

본 논문은 자려진동 없이 MPP를 추적하고 일사량 급변시에 빠르게 추종 가능한 제어기법을 제안했다. 제안 방법은 기본적인 제어루프에 추가적으로 ON/OFF 직접 명령을 두어 부스트 컨버터의 스위치를 "ON/OFF" 할 수 있게 함으로써 일사량 급변시에 빠르게 MPP로 동작점을 옮길 수 있으며 그 지점을 전압명령으로 줌으로써 자려진동을 없애 MPPT 효율을 높일 수 있다. 모의실험으로 본 제안 방식의 타당성을 확인하였다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-C1090-1021-0005)

참고 문헌

- [1] O.Wasynczuk, "Dynamic behavior of a class of photovoltaic power systems," IEEE Trans. Power Applcat. Syst., vol. PAS-102, pp. 3031-3037, Sept. 1983.
- [2] P. Huynh and B. H. Cho, "Design and analysis of a microprocessor controlled peak-power-tracking system," IEEE Trans. Aerosp. Electron.Syst., vol. AES-32, pp. 182-190, Jan. 1996.