

# 태양광 MPPT용 듀티 제어와 전류제어기법 비교

이재현, 조종민, 윤동현, 차한주  
충남대학교

## Comparison of Duty - Control and Current Control Method for Photovoltaic MPPT application

Jaehyun Lee, Jongmin Jo, Donghyun Yun, Hanju Cha  
Chungnam National University

### ABSTRACT

본 논문은 태양광 시스템에서 최대 전력점을 추종하기 위해 듀티 제어와 전류제어를 이용한 두 가지 제어 기법이 적용된 P&O 방식 기반의 MPPT 알고리즘을 구현하였다. 듀티 제어를 이용한 MPPT의 경우에는 P V 특성곡선을 이용한 방식으로, 태양광 시스템에서 발전되는 전력과 전압의 현재값 이전값을 비교하여 컨버터 듀티 변화를 통해 최대 전력점을 추종하도록 제어하였다. 전류제어 방식은 전력과 전류의 현재값 이전값을 비교함에 따라 전류 지령치를 생성하고, PI 제어를 통해 컨버터 전류를 제어하는 알고리즘으로써 P I 곡선의 특성을 이용하였다. 두 가지 제어기법을 시뮬레이션을 통해 구현하고 제어 특성을 분석하였다.

### 1. 서 론

최근 전 세계적으로 환경오염 및 화석 연료 고갈로 인해 기존의 에너지원을 대체하는 신재생에너지에 관심이 집중되고 있다. 그 중에서 태양광에너지는 청정하고 태양으로부터 오는 무한한 에너지를 받아들일 수 있어 고갈되지 않고, 초기 설치 이후에는 유지·보수의 경제적 이점 등 많은 장점이 있어 수요가 많은 신재생에너지다. 사용분야는 가정용 전력 공급, 군사 및 항공우주 부품, 축전지 충전, 가로등, 전기자동차와 같은 군사, 산업, 일상생활 등 폭넓은 분야와 다양한 쓰임세로 각광 받고 있다. 그러나 태양광 시스템의 발전효율은 약 15~20% 정도로 다른 신재생에너지에 비해 효율성이 낮은 뿐만 아니라, 일사량과 온도에 따라 최대 전력점이 변동하는 문제점을 갖는다. 따라서, 태양광 발전시스템은 최대 전력점을 빠르고 정확하게 추종하는 제어 알고리즘이 필수적으로 요구된다. 본 논문에서는 최대 전력점을 추종하기 위한 P&O(Perturb&Observe) 방식을 기반으로 듀티 제어<sup>[1]</sup>와 전류 제어<sup>[2]</sup> MPPT(Maximum Power Point Tracking) 알고리즘을 DC DC 컨버터 시뮬레이션에 구현하고, 최대 전력점을 추종특성을 분석하였다.

## 2. 듀티 제어와 전류제어기법을 적용한 MPPT 알고리즘

### 2.1 태양광 DC-DC 컨버터 구성

그림 1은 태양광 발전시스템의 구조로서 태양광 패널, DC DC 컨버터 및 전자부하로 구성되며 DC DC 컨버터는 부

스트 컨버터 구조이다. 표 1은 태양광 패널 및 DC DC 컨버터의 시스템 파라미터를 나타낸다.

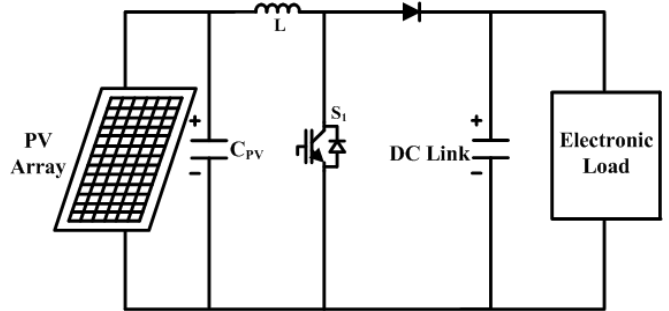


그림 1 태양광 패널 및 DC-DC 컨버터 구성

Fig. 1 PV array and DC-DC converter construction

표 1 태양광 패널 및 DC-DC 컨버터 파라미터  
Table 1 PV array and DC-DC converter parameter

태양광 패널 사양	
개방전압( $V_{oc}$ )	580V
단락전류( $I_{sc}$ )	20A
정격전압( $V_{mp}$ )	493.64V
정격전류( $I_{mp}$ )	19.28A
DC DC 컨버터 파라미터	
인덕터(L)	2mH
커패시터( $C_{PV}$ )	47uF

### 2.2 듀티 제어 MPPT 알고리즘

그림 2는 태양광 발전의 최대 전력점을 추종하기 위한 P&O 방식의 듀티 제어 MPPT 알고리즘을 나타낸다. 듀티 제어 P&O 방식은 태양광 패널의 전압과 전류를 곱하여 계산되는 전력의 현재 값과 이전 값을 비교한 후, 비교한 결과에 따라 동일한 방식으로 전압의 현재 샘플링 값과 이전 값을 비교해 듀티를 조절함으로써 최대 전력점을 추종하는 방식이다. 듀티제어 MPPT 알고리즘은 전력과 전압을 알고리즘의 기준으로 사용하므로 그림 3과 같은 P V 곡선의 특성을 이용한다. 초기 동작점은 개방전압에서 시작하며, 최대 전력점 우측에 동작점이 위치한 경우에는 식 (1)과 같이 P V 곡선 기울기가 음이므로 듀티를 증가시킨다. 이와 반대로 식 (2)와 같이 P V 곡선 기울기가 양으로 동작점이 최대 전력점 좌측에 위치한 경우에는 듀티를 감소시켜 최대 전력점을 추종하는 알고리즘이다.

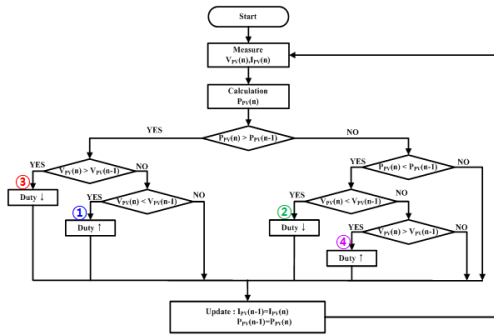


그림 2 P&O 방식을 이용한 듀티 제어 MPPT 알고리즘  
Fig. 2 MPPT algorithm of duty control using P&O method

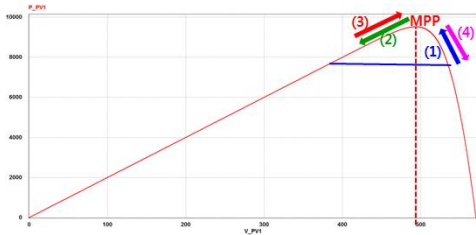


그림 3 P-V 특성곡선  
Fig. 3 P-V characteristic curve

$$\frac{\Delta P_{pv}}{\Delta V_{pv}} < 0 \quad (1)$$

$$\frac{\Delta P_{pv}}{\Delta V_{pv}} > 0 \quad (2)$$

### 2.3 전류 제어 MPPT 알고리즘

그림 4는 태양광의 최대 전력점을 추종하기 위한 P&O 방식의 전류제어 MPPT 알고리즘을 나타낸다. 전류제어 방식은 전력의 현재 값과 이전 값을 비교한 후, 비교한 결과에 따라 전류의 현재 값과 이전 값을 비교함으로써 컨버터에 흐르는 전류 지령치를 생성하고, PI 제어기를 통해 전류를 제어한다. 전류제어 MPPT 알고리즘은 전력과 전류를 알고리즘의 기준으로 사용하므로 그림 5와 같은 P I 곡선의 특성을 이용한다. 초기 동작점은 영전류 지점에서 시작하고, 동작점이 최대 전력점의 좌측에 위치하여 식 (3)과 같이 P I 곡선의 기울기가 양이면 전류 지령치 크기를 증가시킨다. 반면, 최대 전력점의 우측에 동작점이 위치하여 P I 곡선의 기울기가 음인 식 (4)의 조건에서는 전류 지령치 크기를 감소시킨다.

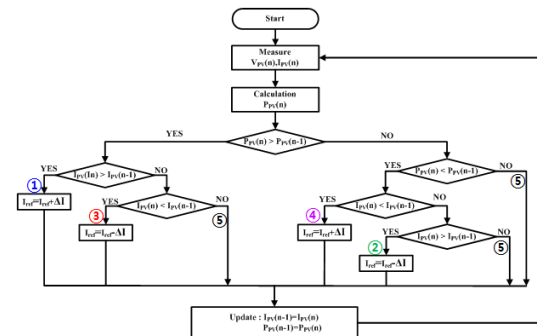


그림 4 P&O 방식을 이용한 전류 제어 MPPT 알고리즘  
Fig. 4 MPPT algorithm of current control using P&O method

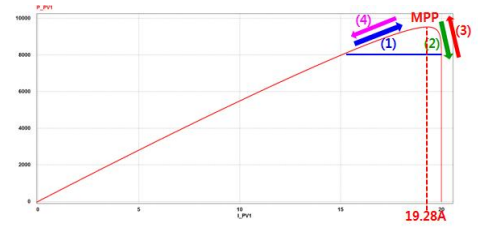


그림 5 P-I 특성곡선  
Fig. 5 P-I characteristic curve

$$\frac{\Delta P_{pv}}{\Delta I_{pv}} > 0 \quad (3)$$

$$\frac{\Delta P_{pv}}{\Delta I_{pv}} < 0 \quad (4)$$

### 2.4 시뮬레이션 결과

그림 6(a)는 듀티 제어 시뮬레이션 결과파형으로 평균전력, 듀티 및 동작모드를 보여준다. 동작점은 개방전압에서 최대 전력점으로 이동하기 위해 약 0.622초까지 듀티 상승 구간이며, 이후에는 최대 전력점 부근에서 동작점이 이동하며 최대 전력점을 잘 추종하는 것을 알 수 있다. 그림 6(b)는 전류제어 시뮬레이션 결과파형으로 평균전력, 전류 지령치 컨버터전류 및 동작모드를 나타낸다. 약 0.94초까지는 동작점이 영전류에서 전류 지령치를 지속적으로 상승시켜 최대 전력점으로 이동하는 구간이며, 이후에는 최대 전력점 지점에서 전류 지령치의 증감을 통해 최대 전력점을 정상적으로 추종하는 것을 알 수 있다.

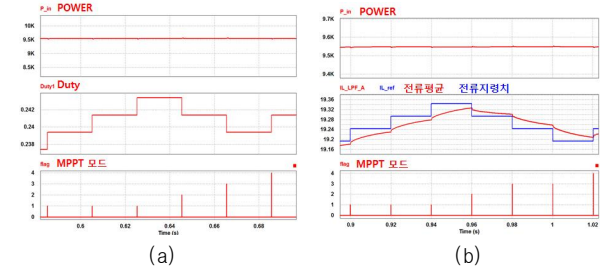


그림 6 시뮬레이션 결과 (a) 듀티 제어 (b) 전류제어  
Fig. 6 Simulation results (a) duty control (b) current control

## 3. 결론

본 논문은 태양광 시스템의 최대 전력점 추종을 위해 듀티 제어와 전류제어의 두 가지 제어 기법이 적용된 P&O 방식의 MPPT 알고리즘을 구현하였다. 듀티 제어는 P V 특성곡선을 이용한 방식으로 발전전력과 전압의 현재값 이전값을 비교하여 컨버터 듀티를 변화시켰다. 전류제어 방식은 P I 특성곡선을 이용하여 전력과 전류를 비교함에 따라 전류 지령치를 생성하고, PI 제어기를 통해 컨버터 전류를 제어하였다. 부스트 컨버터 기반의 시뮬레이션을 통해 두 가지 제어기법을 구현하였으며, 최대 전력점을 정상적으로 추종하는 것을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] 이상인, 박남주, 현동석 "태양광 발전 시스템에 적용 가능한 이중 듀티 모드를 이용하여 개선된 P&O MPPT 알고리즘" 전력전자학회 창립 10주년 기념 추계학술대회 논문집, 2006.11, 131 133
- [2] 유양우, 서덕현, 김유하, "PV 전류를 이용한 최대전력점 추적방식의 태양광 발전 시스템 개발", 조명·전기설비학회 논문지, 제28권, 제5호, 31 38, 2014.05