

# 태양광 시스템의 전 범위 전력점 추종을 위한 CPG 알고리즘 비교

양형규, 이준혁, 박정욱  
연세대학교

## Comparison of Constant Power Generation Algorithm for Whole Range Power Point Tracking in Photovoltaic System

HyoungKyu Yang, Junhyuk Lee, Jung Wook Park  
Yonsei University

### ABSTRACT

본 논문에서는 태양광 시스템에서 전 범위 전력점을 추종하기 위한 Constant Power Generation (CPG) 알고리즘을 구현하였다. 기존의 최대 전력점 추종 (MPPT) 알고리즘은 고출력의 태양광 시스템을 위해 광범위하게 사용되고 있지만, 변화하는 계통상황에 대한 유연한 제어가 불가능하다. 구현한 알고리즘은 MPPT 제어를 수행하면서도 상황에 따라 원하는 전력을 출력할 수 있다. 전 범위의 전력점 추종이 가능한 계통 연계 태양광 컨버터를 구성하였으며 CPG 알고리즘의 두 가지 기법을 소개하였다. 시뮬레이션을 통해 두 CPG 알고리즘을 구현하고 그 성능을 비교 및 분석하였다.

### 1. 서론

현재 태양광 시스템 제어에서 최대 전력점 추종 (MPPT) 알고리즘은 많은 발전량을 위해 필수적이다. 그러나 태양광과 같이 출력 전력의 예측이 불가능하고 변동이 큰 전원은 계통에 많은 부담을 줄 수 있다. 전통적인 화석연료 발전소 중심에서 신재생 에너지 발전소 중심으로 변화하고 있는 최근의 계통 흐름에 따라 태양광 시스템의 계통 연계 용량이 지속적으로 증가한다면, 계통의 안정도 유지를 위해 출력 전력의 유연한 제어가 반드시 가능해져야 한다. 이를 위하여 제안된 방법이 Constant Power Generation (CPG) 알고리즘이다. CPG 알고리즘의 장점으로는 1) 태양광 시스템의 계통 연계점 전압 상승 억제 2) 전력 수급 불균형으로 인한 역조류 방지 등이 있다.

본 논문에서는 태양광 시스템의 전 범위 전력점 추종을 위한 Perturbation & Observation CPG (P&O CPG) 기법<sup>[1]</sup>과 Incremental Conductance CPG (IC CPG) 기법<sup>[2]</sup>을 시뮬레이션을 통해 구현하고 비교 및 분석을 수행하였다.

### 2. 전 범위 전력점 추종 알고리즘

#### 2.1 계통 연계 태양광 컨버터 구성

전 범위 전력점 추종 알고리즘의 적용을 위한 계통 연계 태양광 컨버터가 그림 1에 나타나 있다. 태양광 패널, DC/DC 컨버터, 단상 인버터로 구성되었으며, DC/DC 컨버터는 넓은 범위의 입력전압을 위해 부스트 컨버터 토폴로지를 사용하였다. 표 1은 태양광 패널 및 DC/DC 컨버터의 시스템 파라미터이다.

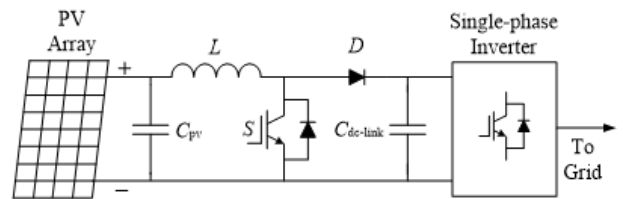


그림 1 계통 연계 태양광 컨버터의 구성  
Fig. 1 Grid-connected PV converter configuration

표 1 태양광 패널 및 DC/DC 컨버터의 시스템 파라미터  
Table 1 PV array and DC/DC converter system parameters

태양광 패널 사양			
개방전압 ( $V_{oc}$ )	420 V	정격전압 ( $V_{mpp}$ )	340 V
단락전류 ( $I_{sc}$ )	3.8 A	정격전류 ( $I_{mpp}$ )	3.6 A
DC/DC 컨버터 파라미터			
인덕터 ( $L$ )	1 mH	커패시터 ( $C_{pv}$ )	220 $\mu$ F

#### 2.2 동작 원리

그림 2(a)는 전 범위 전력점 추종 알고리즘의 순서도이다. 알고리즘은 두 가지 모드로 나눌 수 있다. 첫 번째는 MPPT 모드 ( $P_n < P_{ref}$ )로, 현재 전력점  $P_n$ 이 최대 전력점  $P_{mpp}$ 를 추종한다. 두 번째는 CPG 모드 ( $P_n > P_{ref}$ )인데, 현재 전력점  $P_n$ 이 기준 전력점  $P_{ref}$ 보다 크지 않도록 제한한다. 따라서, CPG 모드는  $P_{ref}$ 가  $P_{mpp}$ 보다 낮게 위치한 경우에만 의미를 갖는다. 그림 2(b)는 전 범위 전력점 추종 알고리즘의 P-V 곡선이다.

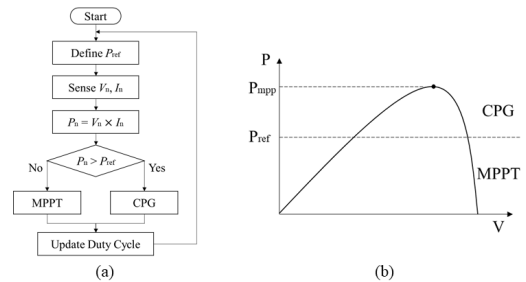


그림 2 전 범위 전력점 추종 알고리즘의 (a)순서도 및 (b)P-V곡선  
Fig. 2 The whole range power point tracking: (a)flow chart and (b)P-V curve

### 2.3 CPG 알고리즘

CPG 알고리즘을 구현하기 위한 가장 간단한 방법은 MPPT 알고리즘을 변형하는 것이다. 본 논문에서는 P&O CPG와 IC CPG 기법을 소개한다. 태양광 패널의 P-V 곡선 특성 상  $P_{ref}$ 의 값을 가지는 전력점은 두 개다. 어느 전력점으로 수렴할 것인가는 알고리즘의 성능을 결정하는 중요한 요소이다.

#### 2.3.1 P&O-CPG 기법

P&O CPG 기법의 순서도가 그림 3(a)에 나타나 있으며, 그림 3(b)는 기법의 P-V 곡선이다. P&O CPG 모드에서 태양광 동작 전압  $V_{ref}$ 는 지속적으로 감소한다. 따라서,  $P_{ref}$ 보다 큰 전력점  $P_n$ 은 항상 CPP L점으로 수렴하게 된다.

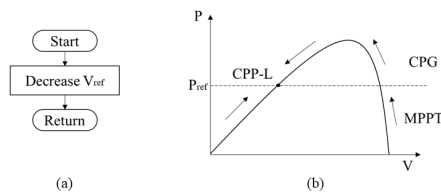


그림 3 P&O-CPG 기법의 (a)순서도 및 (b)P-V곡선  
Fig. 3 P&O-CPG method: (a)flow chart and (b)P-V curve

#### 2.3.2 IC-CPG 기법

그림 4(a)는 IC CPG 기법의 순서도이며, P-V 곡선은 그림 4(b)에 나타나 있다. IC CPG 기법은 현재 전력점  $P_n$ 의 기울기를 파악한다. 기울기가 양수이면  $V_{ref}$ 를 감소시켜 전력점  $P_n$ 을 CPP L점으로 수렴하게 하고, 기울기가 음수이면  $V_{ref}$ 를 증가시켜 CPP R점으로 수렴하게 한다.

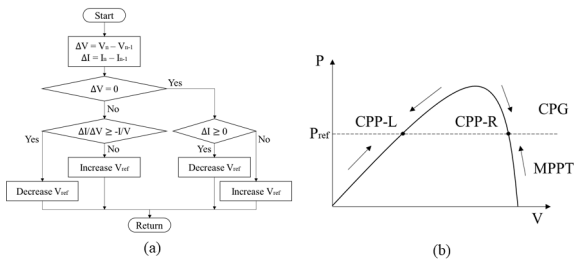


그림 4 IC-CPG 기법의 (a)순서도 및 (b)P-V곡선  
Fig. 4 IC-CPG method: (a)flow chart and (b)P-V curve

### 2.4 시뮬레이션 결과

앞서 소개한 두 CPG 알고리즘이 PSIM 프로그램을 통해 구현되었다. 두 가지 상황 시뮬레이션을 통해 CPG 기법의 차이를 비교해본다.

#### 2.4.1 급격한 일사량 변화에 따른 전력 변동 폭

본 시뮬레이션은 P&O CPG와 IC CPG 기법에서의 전력점이 각각 CPP L점과 CPP R점으로 수렴되어있는 상황을 가정한다. 그림 5(a)와 5(b)는 각각 P&O CPG와 IC CPG 기법의 P-t 및 V-t 그래프이다. 0.1초에서 일사량을 기존 1000 W/m<sup>2</sup>부터 200 W/m<sup>2</sup>로 급격히 감소시켰을 때 P&O CPG 기법의 전력 변동 폭이 IC CPG 기법에 비해 작음을 알 수 있다.

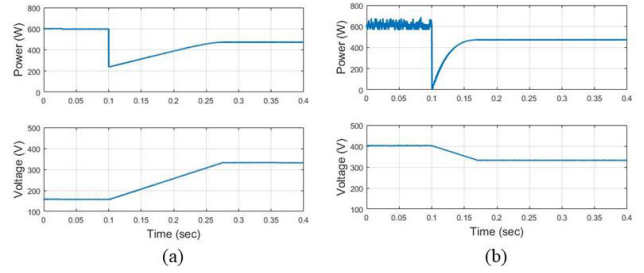


그림 5 일사량 변화 시 P-t 및 V-t 그래프: (a)P&O-CPG (b)IC-CPG  
Fig. 5 P-t and V-t graphs with irradiation change: (a)P&O-CPG (b)IC-CPG

#### 2.4.2 수렴 과정의 overshoot

본 시뮬레이션은 P-V 곡선의 우측선 상 전력점이 CPG 기법에 따라 각각 CPP L 또는 CPP R점으로 수렴해야 하는 상황을 가정한다. 각각 P&O CPG와 IC CPG 기법의 P-t 및 V-t 그래프인 그림 6(a)와 6(b)를 통해 P&O CPG 기법의 수렴 과정에만 overshoot이 존재함을 확인하였다.

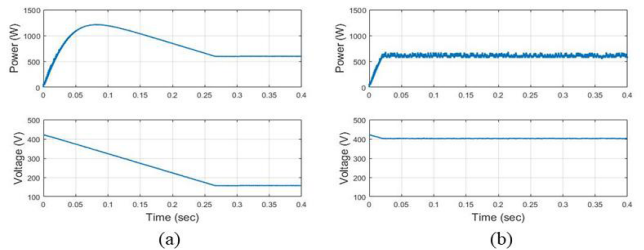


그림 6 수렴 과정의 P-t 및 V-t 그래프: (a)P&O-CPG (b)IC-CPG  
Fig. 6 P-t and V-t graphs in convergence: (a)P&O-CPG (b)IC-CPG

## 3. 결론

본 논문에서는 전 범위 전력점 추종을 위한 두 가지 CPG 알고리즘을 소개하고 시뮬레이션을 통해 그 성능을 비교하였다. P&O CPG 기법은 급격한 일사량 변화에도 작은 전력 변동 폭을 보였으나 그에 따라 수렴 과정에서 전력의 overshoot이 발생하였다. IC CPG 기법은 수렴 과정에 overshoot이 나타나지 않으나 급격한 일사량 변화에 매우 불안정함을 보였다.

이 논문은 2016년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 중견연구자지원(도약 전략)연구(No.2016R1E1A1A02920095)입니다.

## 참고 문헌

- [1] A. Sangwongwanich, Y. Yang, F. Blaabjerg, "High Performance Constant Power Generation in Grid Connected PV Systems," *IEEE Trans. Power Electron.*, Vol. 31, No. 3, pp. 1822-1825, Mar. 2016.
- [2] E. Prasetyono, D. O. Anggriawan, A. Z. Firmansyah, N. A. Windarko, "A Modified MPPT Algorithm Using Incremental Conductance for Constant Power Generation of Photovoltaic Systems," in *Proc. Int. Electron. Symp. Eng. Technol. Appl.*, Sept. 2017, pp. 1-6.