

# 태양광 발전 시스템의 효율 향상을 위한 개선된 가변 스텝을 적용한 P&O MPPT 알고리즘 연구

조 인권, 남 광희  
포항공과대학교

## Improved adaptive step size P&O MPPT algorithm for Solar Photovoltaic System

InGwon Jo, Kwanghee Nam  
POSTECH

### ABSTRACT

현재 친환경 신재생 에너지에 대한 관심이 점차 증가하고 있으며, 그중 태양광은 신재생 에너지 중 가장 많은 주목을 받고 있다. 본 논문에서는 태양광 발전 시스템에서 효율을 높이기 위해 최대출력 점을 찾는 MPPT 알고리즘에서 step size를 결정하는 새로운 방법을 제안한다.

### 1. 서 론

많은 신재생 에너지 중에서 태양광 에너지는 풍부하고, 설치가 용이하며, 유지보수 비용이 거의 들지 않기 때문에 각광받는 신재생에너지로 손꼽힌다. 하지만, 아직은 태양광 모듈의 에너지 변환 효율이 낮기 때문에 태양광 에너지의 가격이 높게 형성되고 있는 추세이다. 이러한 단점을 극복하기 위해서, 여러 환경에 대해 최대의 에너지를 변환할 수 있는 MPPT 제어 알고리즘이 많이 연구되고 있다.

일반적인 MPPT 제어 알고리즘에는 P&O (Perturbation and Observation) 방법, Hill Climbing 방법, IC (Incremental Conductance) 방법, CV (Constant Voltage) 방법 등이 있고, 더 나아가 요즘에는 Artificial Neural Networks를 이용하거나, Fuzzy Logic을 이용한 MPPT 방법도 많이 연구되고 있다<sup>[1]</sup>. 일반적인 MPPT 제어 알고리즘 중에서도 P&O 알고리즘이 가장 간단하고 좋은 제어 결과를 보여주어 많이 사용되고 있다. 하지만 P&O 알고리즘에는 두 가지 단점이 있는데, 첫 번째는 급변하는 일사량 조건에서 MPPT 추종 경로를 잃어 효율이 감소하는 경우와, 두 번째는 일사량이 변하지 않는 정상상태에서의 지속적인 변화로 인한 떨림이 발생하여 효율을 감소시킨다.

본 논문에서는 일반적인 P&O 알고리즘에서 문제 되는 정상상태에서의 지속적인 진동에 의한 효율감소를 해결할 수 있는 가변 스텝 크기 P&O MPPT 알고리즘을 제안한다.

### 2. Solar Cell 모델링

그림 1은 Solar Cell 에 대한 등가회로이며, Solar Cell의 수식은 그림 1을 통해 식 (1)~(2) 으로 나타낼 수 있다.

$$I_{PV} = I_{PH} - I_d - I_{sh} \quad (1)$$

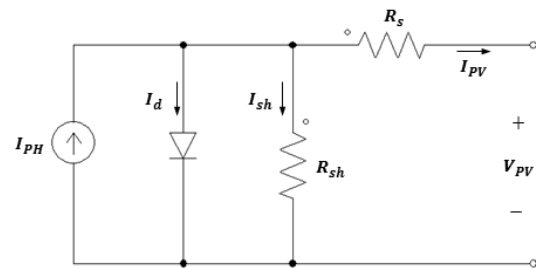


그림 1 Solar Cell의 등가회로  
Fig. 1 Equivalent circuit of solar cell

$$I_{sh} = \frac{(V_{PV} + R_s I_{PV})}{R_{sh}} \quad (2)$$

또한 태양광에 의한 전류인  $I_{PH}$  는 일사량과 온도에 따라 변하는 전류로 식 (3) 과 같이 나타낼 수 있으며,  $I_d$  는 'Shockley diode equation' 에 의해서 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$I_{PH} = (I_{PH,STC} + K_I (T - T_{STC})) \frac{G}{G_{STC}} \quad (3)$$

$$I_d = I_s \left[ \exp\left(\frac{V_{PV} + I_{PV} R_s}{a}\right) - 1 \right] \quad (4)$$

$$a = \frac{AkT}{q} \quad (5)$$

여기서  $G$  는 일사량,  $G_{STC}$  는 STC(Standard Test Condition) 에서의 일사량,  $T$  는 cell의 온도,  $T_{STC}$  는 STC 에서의 cell의 온도,  $I_s$  는 다이오드의 역포화전류,  $K_I$  는 PV cell 의 단락전류에 대한 온도계수,  $A$  는 다이오드의 이상계수,  $k$  는 Boltzmann 상수로  $1.381 \times 10^{-23}$ ,  $I_{sh}$  는 병렬저항에 흐르는 전류,  $I_d$  는 다이오드 전류,  $R_s$  는 직렬저항,  $R_{sh}$  는 병렬저항,  $I_{PV}$  와  $V_{PV}$  는 PV cell 의 최종 출력 전류, 전압을 의미한다.

### 3. MPPT 알고리즘

#### 3.1 P&O 알고리즘

많은 P&O 알고리즘 중, 일사량의 급변에 의해 최대 전력점을 찾아가지 못하고 MPPT 경로를 벗어나는 것을 방지하기 위해, dI를 이용한 Drift Avoidance 알고리즘<sup>[2]</sup>을 이용하여 고정 step size와 제안하는 가변 step size에 대한 P&O 알고리즘을 비교하여 분석한다.

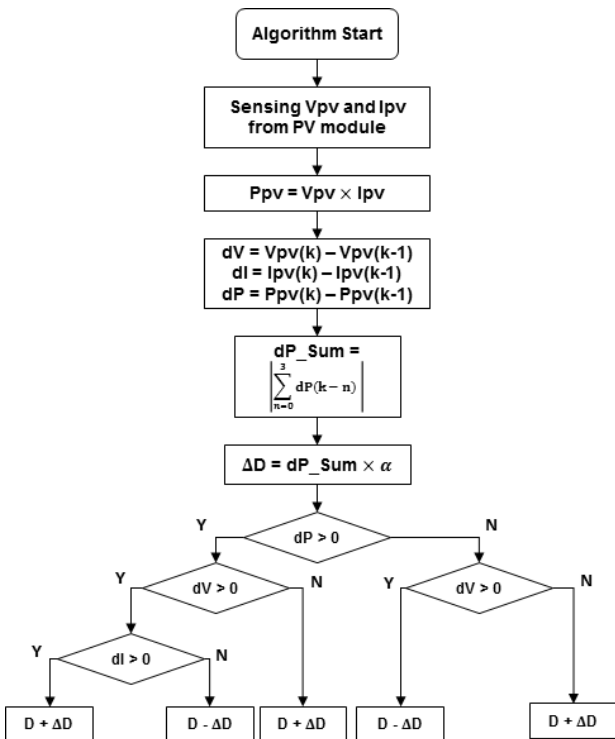


그림 2 가변 step size P&O 알고리즘  
Fig. 2 Adaptive step size P&O Algorithm

#### 3.2 가변 step size P&O 알고리즘

일반적인 P&O 알고리즘의 단점을 제거하기 위해, 그림 2에서 보여 지듯이 이전 파워와 현재 파워의 차이를 4주기 동안 더하여 그 값에 따라 step size를 결정하게 되는 알고리즘을 제안하고 있다.

만약 일사량이 급격히 증가했을 때는, dP의 값이 지속적으로 양의 값을 가지므로, 4주기에 대한 dP의 합이 계속해서 커지므로, step size 또한 커지게 된다. 반면 정상상태에서는 최대 출력점 근처에서 동일한 크기의 dP로 양수와 음수가 교차되어 나타나므로, dP의 합이 0으로 수렴하게 되어 step size가 거의 0에 가깝게 된다. 그러므로, 식 (6)에 따라  $\Delta D$ 의 값이 결정된다.

$$\Delta D = \alpha \sum_{n=0}^3 dP(k-n) \quad (6)$$

그림 (3)은 Psim 시뮬레이션을 위한 회로이고, 그림 (4)는 일반적인 고정된 step size P&O 방법과, 제안하는 가변 step size P&O 알고리즘에 대한 결과 파형이다.

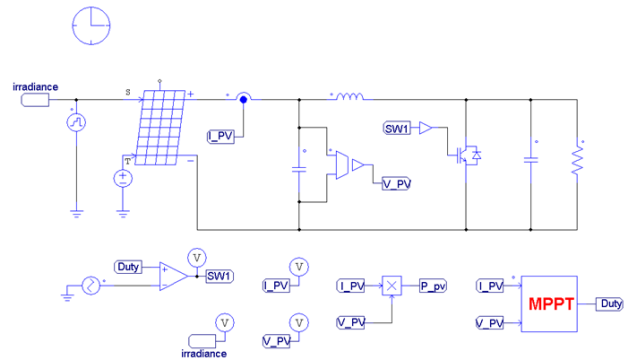


그림 3 Psim 시뮬레이션 회로  
Fig. 3 Psim Simulation Circuit

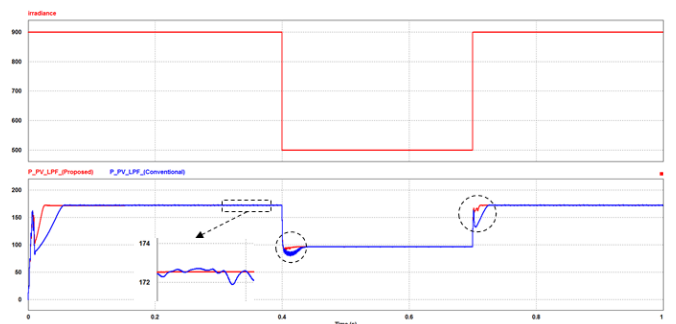


그림 4 Psim 시뮬레이션 결과  
Fig. 4 Psim Simulation Results

### 4. 결론

본 논문에서는 일반적인 고정 step size P&O 알고리즘의 단점을 해결하기 위해 가변 step size P&O 알고리즘을 dP의 합을 통해 얻어내는 알고리즘을 제안하였다.

그림 4의 시뮬레이션 결과를 통해, 빨간색의 제안한 알고리즘의 파형이 파란색의 일반적인 알고리즘에 비해 더 빠르게 최대 출력점에 도달하고, 정상상태에서의 오차 또한 거의 0에 가깝게 되어 전체적인 효율이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

이 논문은 한국산업기술평가관리원 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] Nabil Karami, Nazih Moubayed, Rachid Outbib, "General review and classification of different MPPT Techniques", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 68, Part 1, pp. 1-18, 2017, February.
- [2] Muralidhar Killi, Susovon Samanta, "Modified Perturb and Observe MPPT Algorithm for Drift Avoidance in Photovoltaic Systems", IEEE Transactions on Industrial Electronics, VOL. 62, NO. 9, 2015, September.