

최대전력추종제어기법 비교 분석

이경수, 정영식*, 소정훈*, 유권중*, 최재호
 충북대학교 전기공학과, *한국에너지기술연구원

The analysis of MPPT algorithms

Kyung-Soo Lee, Young-Seck Jung*, Jung-Hoon So*, Gwon-Jong Yu*, Jae-Ho Choi
 Chungbuk National University, *Korea Institute of Energy Research

Abstract - As the maximum power operating point(MPOP) of photovoltaic(PV) power generation systems changes with changing atmospheric conditions such as solar radiation and temperature, an important consideration in the design of efficient PV system is to track the MPOP correctly. Many maximum power point tracking(MPPT) techniques have been considered in the past, however, techniques using microprocessors with appropriate MPPT algorithms are favored because of their flexibility and compatibility with different PV arrays. Although the efficiency of these MPPT algorithms is usually high, it drops noticeably in case of rapidly changing atmospheric conditions. This paper analysed and researched the characteristics of three MPPT algorithms: P&O, Inc&Cond, ImP&O and simulated them with irradiance changing.

1. 서 론

태양전지 어레이의 특성은 일사량과 온도에 따라 좌우된다. 태양전지로부터 I-V커브와 P-V커브를 그려낼 수 있기에 이러한 커브에 대한 최대전력점이 존재하며 이 점을 추종하는 것을 최대전력추종제어(MPPT)라고 한다.

최대전력추종제어의 방법에는 여러 가지가 있지만 현재 널리 이용되는 제어방법으로 Perturb and Observe (P&O), Incremental Conductance (IncCond) 그리고 개선된 P&O 방법 등이 있다.

P&O 알고리즘은 간단한 구조와 적은 측정 파라미터가 필요하다. 하지만 매 주기마다 동요가 있어서 최대전력점에서도 전력의 손실을 야기한다. 또한 일사량 급변시에 최대전력을 벗어난다.

IncCond 알고리즘은 출력전압이 최대전력점의 전압에 맞추어 항상 조절된다. P&O 제어보다는 전력 손실이 적고 최대전력을 항상 추종하지만, 두 번의 나눗셈으로 인하여 좀 더 빠른 연산속도를 가진 마이크로프로세서를 필요로하고 센서로부터 변환되는 시간이 길어 전력손실을 피할 수 없다[1,2].

개선된 P&O는 P&O의 최대전력점에서의 동요로 인한 전력손실과 일사량의 급변시의 최대전력추종에 대해 장점을 가지고, IncCond에 비하여 두 번의 나눗셈 연산으로 인한 연산속도의 제한에 장점을 가진다. 또한 알고리즘이 간단한 특징이 있다[4].

본 논문에서는 위에서 제시한 P&O, IncCond 제어에 대한 장, 단점과 개선된 P&O 제어의 특징에 대해서 살펴본다. 또한 일사량을 급변하였을 경우에 최대전력추종은 어떻게 되는지에 대해서 시뮬레이션을 통해서 살펴본다.

2. 본 론

2.1 태양전지 어레이의 모델링

태양전지의 출력특성은 그림 1로부터 얻어진다.

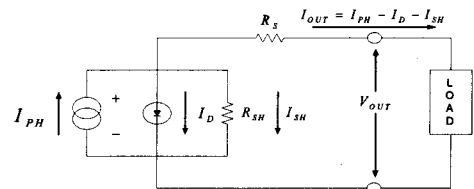


그림 1. 태양전지의 등가회로

그림 1의 태양전지 등가회로를 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_{OUT} = I_{PH} - A \left\{ \exp \frac{q}{BkT} (V_{OUT} + I_{OUT}R_S) - 1 \right\} - \frac{V_{OUT} + I_{OUT}R_S}{R_{SH}} \quad (1)$$

- I_{PH} : 광발생전류
- I_{OUT} : 부하측에 흐르는 전류
- V_{OUT} : 태양전지 출력전압
- R_S : 내부 직렬저항
- R_{SH} : 내부 병렬저항
- A : pn접합의 재료특성과 온도특성 계수
- B : 재료 계수
- k : 볼츠만 상수(1.380658×10^{-23})
- T : 전지 온도
- q : 전하량(1.6×10^{-19})

이 식을 정리하여 다시 쓰면 식 (2)이 된다.

$$I_{OUT} = I_{SC} - \frac{I_{MAX}}{\exp\left(\frac{q}{BkT} K\right) - 1} \left\{ \exp\left(\frac{q}{BkT} \frac{V_{OUT}}{V_{OP}} K\right) - 1 \right\} \quad (2)$$

- I_{SC} : 일사량에 따른 단락전류
- I_{MAX} : 일사량 $1kW/m^2$ 시의 단락전류
- V_{OP} : 일사량 $1kW/m^2$ 시의 개방전압
- K : 계수(다이오드 순방향 전압 V_D)

식 (2)를 이용하여 일사량에 따른 모의 태양전지 출력특성을 얻을 수 있다. 그림 3은 PSIM 프로그램을 이용하여 모의 태양전지를 구현한 회로도이다.

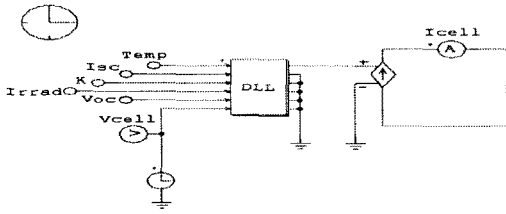


그림 2. PSIM을 이용한 태양전지 회로도

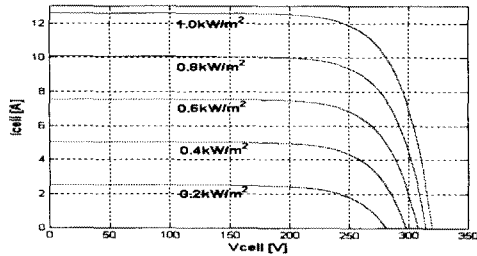


그림 3. 태양전지 I-V 특성 곡선

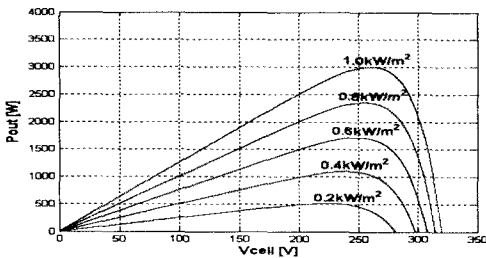


그림 4. 태양전지 P-V 특성 곡선

2.2 MPPT 제어 알고리즘

1) P&O 제어

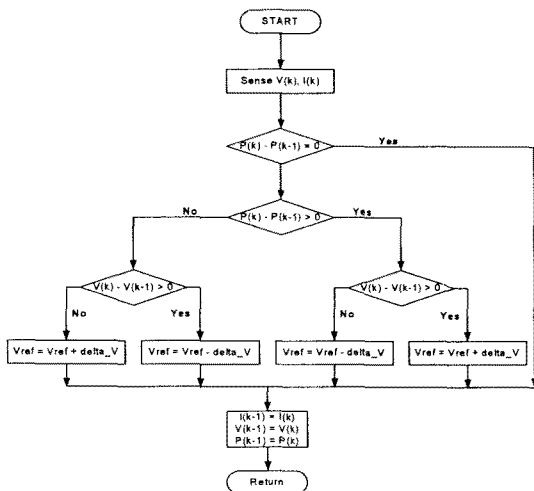


그림 5. P&O 제어 순서도

P&O 제어는 태양전지 출력전압을 주기적으로 변동하고, 변동이전의 출력전력과 변동 이후의 출력전력을 비교하여 최대전력점을 추종한다. 제어가 간단하여 현재 널리 사용되고 있는 장점이 있지만, 최대전력점에 도달했을시에 계속해서 미소변동 함으로써 출력전력의 손실을 가져온다. 또한 일사량의 급격한 변화에 추종을 벗어 나는 단점이 있다[1,2,3].

2) IncCond 제어

P&O의 단점을 개선하여 태양전지 출력전압이 최대전력점의 전압에 맞추어 항상 조절된다. 주요 개념은 그림 4에서 태양전지 출력이 최대전력점의 왼쪽에 위치했을 경우에 출력은 전압의 증가에 따라 증가하게 되며 ($dP/dV > 0$), 반대로 최대전력점 우측에 위치했을 경우 출력은 감소하게 된다($dP/dV < 0$). 이러한 관계는 다음과 같이 식 (3)으로 표현된다.

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(I \cdot V)}{dV} = I + V \frac{dI}{dV} \quad (3)$$

그러므로, 태양전지 어레이의 컨덕턴스에 대한 증분과 순시치($dI/dV, I/V$)를 측정하여, 태양전지 어레이의 출력전압을 MPOP 전압으로 제어하게 된다[1,2,3,4].

이러한 IncCond 제어방법은 MPPT 성능이 우수한 장점이 있으나, 두 번의 나눗셈이 필요하므로 연산속도에 제한이 있거나, 센서로부터의 변환시간이 많이 필요하여 전력 손실을 피할 수 없다[3,4].

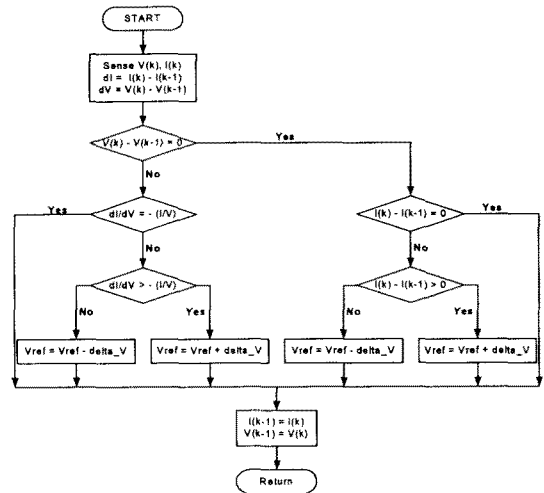


그림 6. IncCond 제어 순서도

3) 개선된 P&O

기존 P&O 제어 알고리즘의 단점을 보완한 알고리즘이다[8]. 제어 방법은 태양전지 어레이의 출력전력이 최대값에 도달할 때까지 태양전지 출력전압의 레퍼런스를 동일한 방향으로 증가 또는 감소시키며 최대전력값을 갱신한다. 태양전지 어레이의 출력전력이 최대전력값에 도달하여 현재 출력전력이 최대전력값 보다 작아질 경우, 출력전압의 레퍼런스를 반전시킬 최소한의 전력값(P_m) 보다 작은 지를 판단하여, 작을 경우 레퍼런스를 반전하고, 작지 않을 경우 반전하지 않고 통과한다. 이와 같이 반전을 일으키는 최소한의 전력값(P_m)을 비교하는 이유는 센싱값의 오차나 노이즈 등에 영향을 받아 출력값이 진동하는 것을 막기 위한 것이다. $P_m = P_{max} * 0.96$ 값의 실험을 통해서 얻은 가장 최적의 값이다.

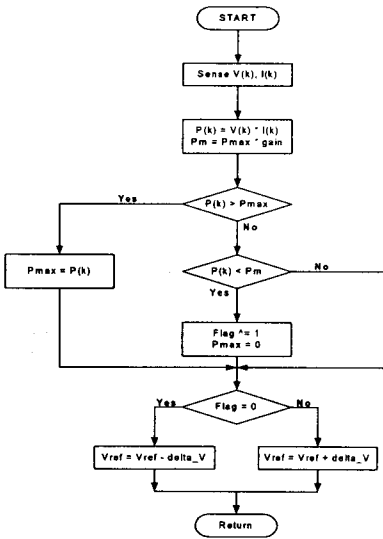


그림 7. 개선된 P&O 제어 순서도

2.3 시뮬레이션

일사량을 0.5kW/m^2 에서 0.75kW/m^2 로 가변하였을 경우의 MPPT 추종 전력을 알아보았다. 시뮬레이션은 3kW급 단상 계통연계형 인버터로 하였고 변압기 없는 Transless형태이며, 부스트 컨버터가 최대전력추종제어를 하고, 인버터가 DC링크단 전압을 제어한다. 또한 제어주기는 8kHz이다.

그림 11은 일사량에 따른 세가지 MPPT 효율을 분석한 그래프이다. 전 일사량을 통하여 개선된 P&O 알고리즘이 최대전력추종의 효율이 좋음을 알 수 있다.

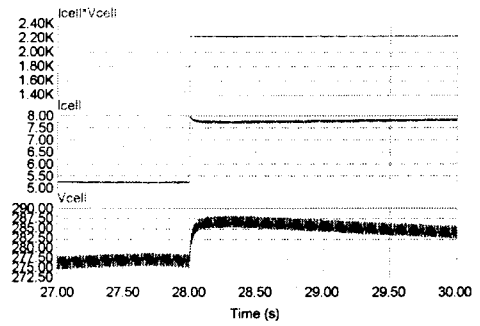


그림 10. 개선된 P&O 제어($0.5 \rightarrow 0.75\text{kW/m}^2$)

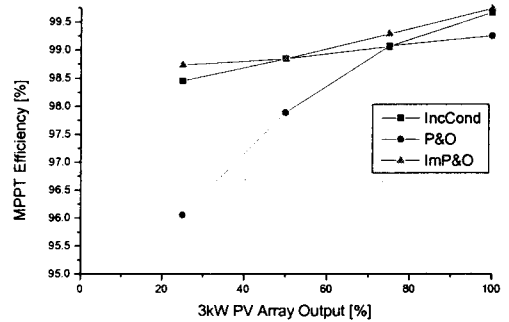


그림 11. 일사량에 따른 MPPT 효율

3. 결 론

일사량과 온도에 따라 변화가 심한 태양전지의 I-V, P-V 특성곡선에서 최대전력점 추종제어에 대한 P&O, IncCond 그리고 개선된 P&O 알고리즘의 특징을 살펴보고 있다. 그리고 일사량의 변화에 따른 각각의 알고리즘의 효율을 분석하였다. 전 일사량에 대해서 개선된 P&O 알고리즘은 안정된 최대전력추종과 효율의 우수성을 입증하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] K.H Hussion, G.Zhao, Maximum Photovoltaic Power Tracking: An Algorithm for Rapidly Changing Atmospheric Conditions, Proceedings of the IEE, Vol. 142, No. 1, pp. 59-64, 1995
- [2] Hussion. K.H., Muta. I, Modified Algorithms for Photovoltaic Maximum Power Tracking, Record of 1992 Joint Conference of Electrical and Electronics Engineers in Kyushu, Japan, pp.301, October, 1992
- [3] Chihchiang Hua, Jong Rong Lin, Chihming Shen, Implementation of a DSP-Controlled Photovoltaic System with Peak Power Tracking, IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol. 45, No. 1, Feb, 1998
- [4] 정영석 외, "P&O 알고리즘을 개선한 새로운 MPPT 알고리즘", 전력전자학술대회 논문집(II), pp. 925-928, 2003

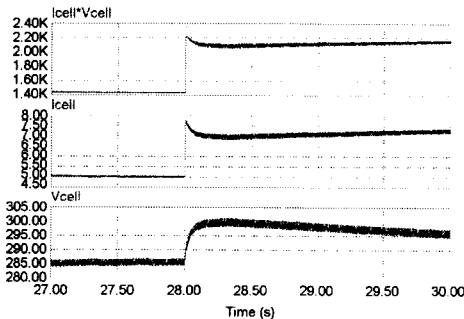


그림 8. P&O 제어($0.5 \rightarrow 0.75\text{kW/m}^2$)

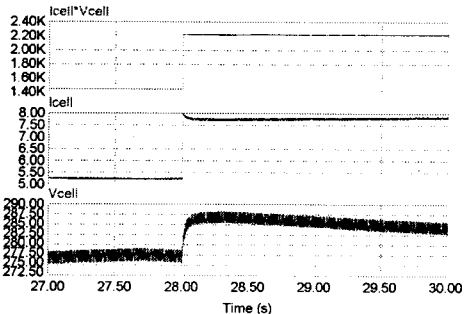


그림 9. IncCond 제어($0.5 \rightarrow 0.75\text{kW/m}^2$)