

태양광 시스템의 동작특성에 따른 개선된 P&O MPPT 알고리즘 연구

이 승희¹⁾, 장 기영²⁾, 김 상모³⁾, 김 기현⁴⁾, 유 권종⁵⁾

A study of Improved P&O MPPT Algorithm go with a Dynamic characteristic of Photovoltaic System

Seunghee Lee, Kiyoung Jang, Sangmo Kim, Kihyun Kim, Gwonjong Yu

Key words : Photovoltaic system(태양광 시스템), Maximum Power Point Tracking(MPPT, 최대전력추종제어기법), Perturbation and Observation(P&O), Solar Cell(태양전지), ImP&O(Improved P&O)

Abstract : The photovoltaic power system is effected by atmospheric condition. Therefore, The maximum power point tracking(MPPT) algorithm of the Photovoltaic (PV) power system is needed for high efficiency. Many MPPT techniques have been considered in past, but In this paper, the author analyzes widely known P&O MPPT algorithm and ImP&O algorithm, and presents new MPPT algorithm complementing weaknesses of other two algorithms.

Nomenclature

Isc : short-circuit current [A]
q : electron charge. 1.6e-19 [C]
T : pn junction temperature [K]

subscript

PV : photovoltaic, solar cell
DLL : dynamic link library
MPPT : maximum power point tracking
P&O algorithm : Perturb & observe algorithm

는 DC/DC 컨버터와 AC출력을 내보낼 수 있는 DC/AC 인버터가 존재한다. 보통의 경우, 인버터는 컨버터의 출력에 따라 AC출력을 결정하며 태양전지의 출력은 컨버터가 제어하게 된다. 이처럼 컨버터가 태양전지의 최대 출력을 얻기 위해 제어하는 것을 MPPT(Maximum Power Point Tracking)라고 한다. 태양전지의 출력은 기후조건에 영향을 받는다. 최대 출력을 얻기 위해서는 태양전지 특성에 따라 MPPT 동작을 해야 한다. 이를 위하여 기존 MPPT 알고리즘을 분석하고 태양전지 상태에 따른 최적화된 MPPT기법을 제안하였다.

1. 서론

현재 전 세계적으로 신재생에너지에 대한 연구가 한창인 가운데 태양광발전은 유지보수가 거의 없으며 청정에너지라는 점에서 상당한 관심을 가지고 있다. 그리하여 현재 태양광발전시스템은 폭넓은 분야에 사용되고 있다.

태양전지는 낮은 변환 효율을 가지고 있으므로 전체 시스템의 단가를 줄이는 대안은 전력변환 장치의 고효율화와 태양전지로부터 최대 에너지를 발생하도록 제어하는 것이다. 일반적인 태양광 발전시스템은 태양전지의 DC출력을 제어하

-
- 1)(주) 빅텍 기술연구소
E-mail : smkim@victtek.co.kr
Tel : (031)631-7301(431) Fax : (031)631-7311
 - 2) (주) 빅텍 기술연구소
E-mail : kyjang@victtek.co.kr
Tel : (031)631-7301(443) Fax : (031)631-7311
 - 3) (주) 빅텍 기술연구소
E-mail : lsh@victtek.co.kr
Tel : (031)631-7301(444) Fax : (031)631-7311
 - 4) (주) 빅텍 기술연구소
E-mail : pvlab@victtek.co.kr
Tel : (031)631-7301(441) Fax : (031)631-7311
 - 5) 한국에너지기술연구원 신재생에너지연구본부
E-mail : y-gj@kier.re.kr
Tel : (042)860-3417 Fax : (042)860-3692

2. 태양전지

2.1 태양전지 특성방정식¹⁾

태양광 시뮬레이터 시스템을 구성하기 위해서 태양 전지의 특성이 필요하다. 태양 전지 특성 방정식을 참조하여 시뮬레이션 Tool PSIM6.0의 DLL 을 이용, Visual C++로 작성하여 시뮬레이션 하였다.

태양전지의 특성은 온도 및 셀 특성 등에 따라 다음 수식으로 일반화 할 수 있다.

$$I_p = I_{sc}S_N + I_t(T_c - T_r)N_p \text{ ----- (1)}$$

$$I_D = I_O \left[e^{\frac{qV_L}{AKTN_s}} - 1 \right] N_p \text{ ----- (2)}$$

$$I_O = I_{or} \left[\frac{T_c}{T_r} \right]^3 \times e^{\frac{qE_G}{Bk} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_c} \right)} \text{ ----- (3)}$$

$$S = 100 \sin[15 \times S_H - 90^\circ] \text{ ----- (4)}$$

여기서, I_p : 광전류[A],
 S_N : 단위일사량,
 I_t : 단락전류 온도계수[A/°K],
 T_c : 태양전지 온도[°K],
 T_r : 태양전지 기준온도[°K],
 N_p : 모듈의 병렬연결 수,
 N_s : 모듈의 직렬연결 수,
 I_D : 다이오드전류[A],
 I_O : 역포화전류[A],
 A, B : 제조상수,
 I_{or} : 역포화전류[A],
 E_G : 에너지밴드 갭 [eV],
 k : 볼츠만 상수, S_H : 시간

<식1>은 광전류를 나타내고 <식2>는 다이오드 전류를 나타내고 <식3>은 출력 전류를 나타내고 <식4>는 일사량을 나타낸다. 위의 수식을 이용하면 일사량에 따른 태양전지 어레이의 출력특성을 얻을 수 있다.

2.2 태양전지 시뮬레이션

위 수식을 이용, 전력전자용 시뮬레이션 Tool 인 PSIM으로 시뮬레이션 한 회로도를 <Fig.1>에 나타내었고, 결과인 V-I(Voltage-Current), V-P (Voltage-Power)특성 곡선을 <Fig.2>에 나타내었다. 태양전지의 전압을 시간과 동일하게 상승 시켰고 그에 따른 특성 곡선을 확인할 수 있었다.

태양전지 모듈은 (주)삼성전자의 SM-60을 모델로 하였다.

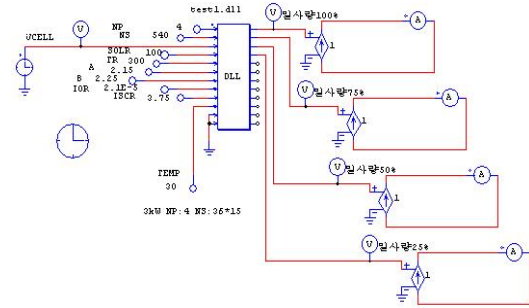
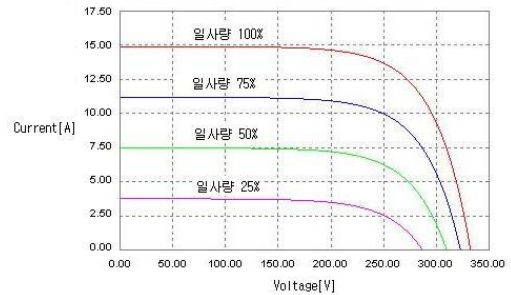
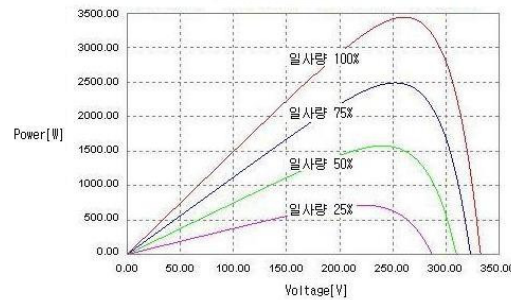


Fig. 1 태양전지 시뮬레이션 회로도



(a)



(b)

Fig. 2 태양전지 모듈의 특성곡선
(a) V-I curve, (b) V-P curve

3. MPPT 제어 알고리즘

3.1 기존의 MPPT 알고리즘

태양 전지의 출력 특성은 일사량과 온도에 따라 출력특성이 변동한다. 따라서 변동하는 최대 출력을 얻기 위해 MPPT 제어를 하게 되며 기존의 대표적인 알고리즘으로 P&O기법과 InCond기법이 있으며, 본 연구에서 비교대상으로 하는 Imp&O기법이 있다.

3.1.1 P&O MPPT 알고리즘

P&O 제어기법은 태양전지의 출력전압을 주기적으로 증가, 감소시킴으로써 동작하며 이전의 출력전력과 현재의 출력전력을 비교하여 최대전력의 상태를 추적하며 찾는다. 제어가 간단하여 널리 사용되지만, 초기에 최대 전력점까지 도달

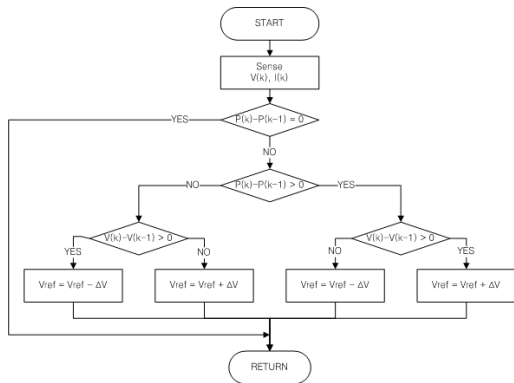


Fig. 3 P&O MPPT 알고리즘 순서도

하려면 진동을 하면서 증가하기 때문에 시간이 많이 걸린다. 또한 정상상태에서도 태양전지 출력전압이 ΔV 라는 상수의 크기에 따라 진동하기 때문에, 만약 ΔV 값이 크면 최대 전력점 추종시간이 줄어들지만 최대전력점에서 진동폭이 커지고, ΔV 를 작게 설정하면 진동폭은 감소하지만 최대 전력점까지의 도달 시간이 오래 걸리게 된다. <Fig.3>는 P&O 알고리즘의 순서도를 나타낸다.

3.1.2 Imp&O MPPT 알고리즘

Imp&O MPPT 알고리즘은 기존의 P&O MPPT 제어 알고리즘의 단점을 보완한 기법으로 태양전지의 출력전력이 최대값에 도달할 때까지 태양전지 출력전압의 레퍼런스를 동일한 방향으로 증가시킨다. 그러므로 최대전력 값에 도달할 때까지 진동하지 않고 빠르게 추종하여 안정적으로 동작하게 된다.

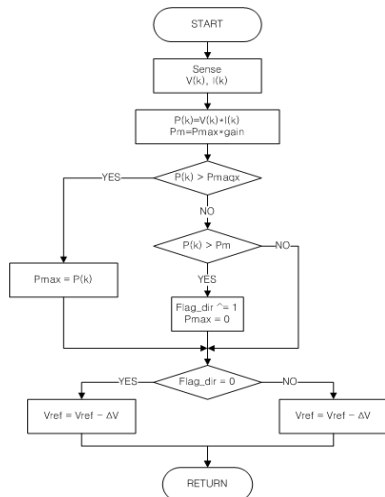


Fig. 4 Imp&O MPPT 알고리즘 순서도

그러나 최대 전력점 도달 시 입력 진동에 대하여는 단점을 보이고 있다. 방향성을 가지므로 일사량 변동에 대하여 전압 레퍼런스가 한쪽방향으로 치우치거나 발산할 가능성이 있다. 또한 전압

의 레퍼런스 방향을 변경할 때 최소한의 전력값 (P_m)을 비교하여 변경하게 되는데 이 또한 미소 진동을 만들게 되며 이는 기존 P&O보다 큰 진동을 나타낸다. <Fig.4>는 Imp&O 알고리즘의 순서도를 나타낸다.

3.2 개선된 P&O MPPT 알고리즘

P&O기법과 Imp&O기법을 응용하여 상태에 따라 추적 알고리즘을 변경하는 기법이다. 초기에 Imp&O와 같이 출력 전력이 최대값에 도달할 때까지 태양전지 출력전압의 레퍼런스를 계속 감소시켜 주기 때문에 진동하면서 증가하지 않으며 출력 전력이 최대로 도달하면 비교를 P&O 알고리즘으로 동작하게 함으로써 레퍼런스 증감을 Imp&O 알고리즘보다 더 확실한 방향성을 가지고 추종하게 된다. 다만, 진동을 줄이기 위해 레퍼런스 변동값은 기존 P&O 알고리즘보다 작게 설정한다. <Fig.5>는 개선된 P&O 알고리즘의 순서도를 나타낸다.

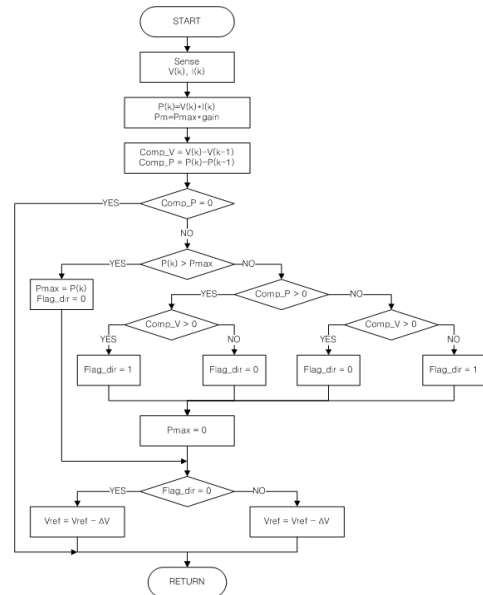
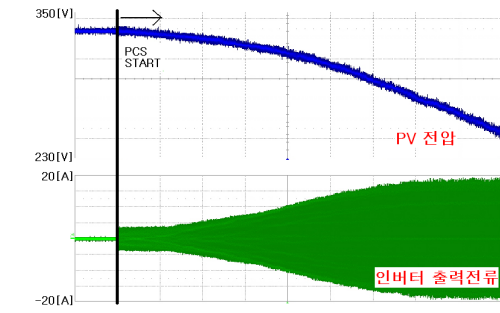


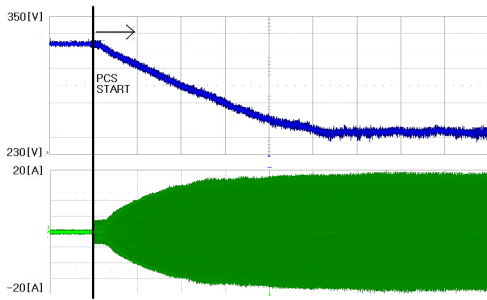
Fig. 5 개선된 P&O MPPT 알고리즘 순서도

5. 실험 결과

본 논문의 MPPT 알고리즘을 실험 장치를 구성하여 기존 MPPT 알고리즘과 비교 실험하였다. Programmable DC power supply를 이용하여 태양전지 시뮬레이터를 구성하였고 3kW급 계통연계형 PCS를 제작하여 P&O, Imp&O, 본 논문에서 제시한 P&O MPPT를 적용하여 추종 특성을 확인하였다. 전원조건 및 인버터 컨버터 제어기 설정, 소프트웨어 스타팅 조건 등은 모두 동일하게 설정하였고, MPPT 알고리즘만 변경하였다. <Fig.6>은 P&O MPPT 알고리즘과 논문에 제시한 P&O MPPT 알고리즘을 분석한 것이다. 동일 시간 축에 대하여 PV 전압과 인버터 출력 전류를 나타낸 결과 파형이며 결과적으로 초기 동작 시 방향성을 가지고 증가하는 MPPT 방식의 우수성을 나타낼 수 있었다.

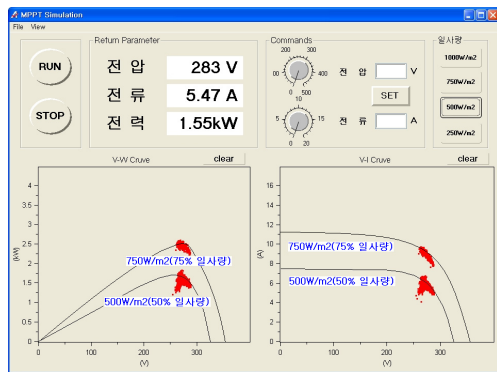


(a)

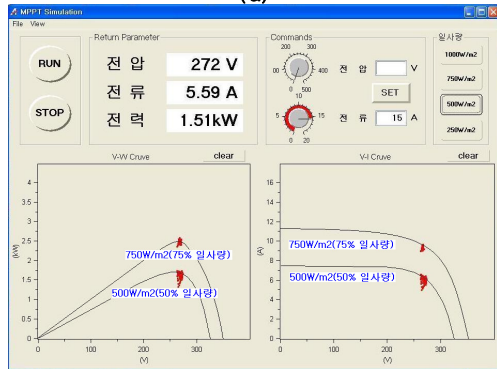


(b)

Fig. 6 (a) P&O 알고리즘을 적용한 초기 동작 실험 (PV전압 / 인버터 출력전류), (b) 본 논문에서 제시한 개선된 P&O 알고리즘을 적용한 실험 (PV전압 / 인버터 출력전류)



(a)



(b)

Fig. 7 일사량 75% → 50%의 변동에 따른 동작점 변화 (a) Imp&O 알고리즘을 적용한 실험, (b) 본 논문에서 제시한 개선된 P&O 알고리즘을 적용한 실험

<Fig.7>은 MPPT 추적 완료시 75%의 일사량에서 50%의 일사량으로 급변 시켰을 경우(step change), 기존 Imp&O와 논문에서 제시한 P&O의 차이를 나타내었다. 그래프 위의 점들은 시뮬레이터의 현재 출력점을 나타낸다.

Imp&O MPPT 알고리즘은 초기동작 시 방향성을 가지고 증가하여 빠르게 최대 전력점에 도달하지만 일사량 급변 시 전압 레퍼런스의 방향성 때문에 변화하는 일사량을 따라서 최대 전력점 추종 과정에서 큰 진동을 가지게 된다.

이에 반해 본 논문에서 제시한 MPPT 알고리즘은 전압변동에 대하여 P&O 알고리즘과 같이 반응하므로 일사량 변화에 따른 상태의 전력을 비교하여 최대 전력점을 추종하기 때문에 진동이 적으며 빠르게 최대전력점에 도달하는 장점이 있다.

6. 결론

본 연구는 태양광 발전 시스템에서 태양광 인버터의 안정적인 동작과 최대 발전을 하기 위해 기존 MPPT 알고리즘보다 개선된 알고리즘을 제안하였다.

P&O MPPT 알고리즘과 Imp&O MPPT 알고리즘을 상황에 따라 혼합 사용함으로써 두 알고리즘을 수정·보완하였으며 동작이 기존 방식보다 안정적이고 효과적으로 동작함을 실험을 통해 검증하였다.

후기

본 연구는 (주)빅텍의 “3kW 태양광인버터 개발 사업”의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] 김기현, 유권중, 정영석, 2001 “계통연계형 인버터의 태양광발전시스템의 최대출력제어법”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집B, pp.1293-1295
- [2] 유권중, 정영석, 김기현, 최주엽, 2002 “저일사강도에서 MPPT를 동작시키기 위한 알고리즘연구” 대한전기학회 논문지:전기기기 및 에너지변환시스템부문B v.51, no.3, pp.142-149
- [3] 정영석, 유권중, 소정훈, 최주엽, 최재호, 2003 “태양광발전용 PCS의 MPPT 제어알고리즘 고찰”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집B, pp.1359-1361