

독립형 태양광 발전시스템의 MPPT 제어기법 비교

이홍식, 김남인, 정성원, 김재현
순천대학교

MPPT Control Method comparison of the Stand-alone PV system

Yong-Sik Lee, Nam-In Kim, Sung-Won Jeong, Jae-Hyeon Gim
Sunchon National University

Abstract - Maximum power point tracking(MPPT) techniques are used in photovoltaic systems to maximize the PV array output power by tracking continuously the maximum power point which depends on panels temperature and on irradiance conditions. In this paper, the controller of the stand-alone PV system applicable to various fields are designed. The improved P&O MPPT and traditional P&O MPPT method was applied. This improved algorithm consists of a constant perturbation with an step control which will make easier the controller PV power data acquisition process. This strategy of control has, in first time, been validated by PSIM simulations. After, been field test. The experimental results show that the improved P&O method increased the PV output power compare to traditional P&O method.

1. 서 론

태양광 에너지는 신재생에너지 중 가장 풍부한 자원으로 미래에 지배적으로 사용될 수 있는 에너지원으로 평가받고 있다. 일반적으로 태양광 발전시스템은 독립형과 계통연계형 시스템으로 구분되며, 최근 독립형 시스템은 가로등, 조명분수, 식물농장 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 태양전지는 비선형적 출력특성을 가지고 있으며, 출력전압은 일사량 및 태양전지 표면온도에 따라 연속적으로 변하기 때문에 최대 출력 동작점이 변하게 된다. 따라서 태양전지를 효율적으로 사용하기 위해 최대 출력을 얻도록 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 제어가 필요하다. MPPT 제어 방식은 정전압 방식, 비선형함수 계산방식, Perturbation (P&O)방식, Incremental Conductance(IncCond)방식 등이 있으나 필드에 적용되어지는 기법들은 제어가 간단하면서 연산량이 적고 안정성이 높은 제어 알고리즘들이 사용되고 있다.[1][2]

본 논문에서는 PSIM 시뮬레이션을 이용하여 MPPT 제어기법의 성능을 검증하고, 소형 독립형 전원시스템에 적용되는 총·방전 컨트롤러를 설계한 후, 검증한 MPPT 제어기법을 적용하여 비교분석함으로써 타당성을 입증하였다.

2. 독립형 태양광 발전시스템 구성

2.1 총·방전 컨트롤러 설계

독립형 태양광 발전시스템의 컨트롤러를 설계하기 위한 제어블록도는 그림 1과 같다. 태양전지의 전압, 전류를 MPU[Micro Processor Unit]의 A/D 컨버터를 통해 현재의 전력 값을 연산하고, 이전의 전력 값과 비교를 통한 MPPT 제어로 지령치 전압이 생성된다. 지령치 전압에 따라 MOSFET의 PWM 듀티비를 조절함으로써 태양전지의 최대 출력점을 추종하게 되며, 출력효율을 높일 수 있다.

본 논문에서는 저전력 구동이 가능한 8K byte의 In-System Programming인 ATmega8을 사용하여, 태양전지 입력전압, 전류, 배터리 전압을 센싱하기 위한 3개의 A/D 컨버터를 사용하였으며, 스위칭 소자로는 IRF3205 MOSFET을 병렬형으로 구성하였다.

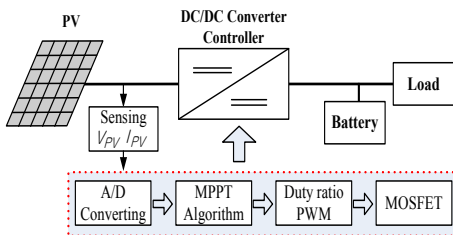


그림 1 독립형 태양광 발전시스템 컨트롤러 블록다이어그램

2.2 MPPT 제어

본 논문에서는 간단한 피드백 구조로 소수의 측정 파라미터를 갖는 P&O 제어방법과 태양전지 출력상태에 따라 이득 값이 가변되는 개선된 P&O 제어방법에 대해 비교분석 하였다.

2.2.1 P&O 제어기법

P&O 제어기법은 그림 2와 같이 태양전지의 출력전압과 전류의 곱에 의한 전력변화 계산에 기초를 두고 있으며, 현재의 출력전력($P(t)$)과 이전 출력전력($P(t-1)$)을 비교하여 지정된 이득 값의 연산에 의해 지령치 출력전압(V_{ref})을 계산하는 제어방식이다. 현재의 지령치 출력전압에 따라 MOSFET 듀티비를 조절함으로써 최대 전력상태를 유지시킬 수 있게 한다.

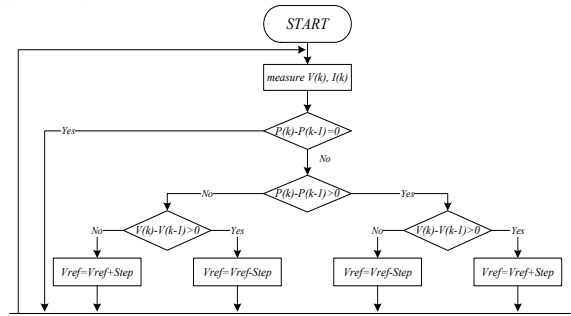


그림 2 P&O MPPT 알고리즘 순서도

2.2.2 개선된 P&O 제어기법

기존의 P&O 제어기법은 태양전지의 단자전압이 MPP에 이르렀을 때 일정 혹은 천천히 변하는 환경 조건에서 자려진동하여 출력 효율이 떨어진다. 단점이 있다.[3] 따라서 환경변화에 따른 출력전력 상태를 고려하여 MPP의 추적속도를 높이고 손실을 줄이기 위해 본 논문에서는 개선된 P&O 알고리즘을 적용하였으며, 순서도는 그림 3과 같다.

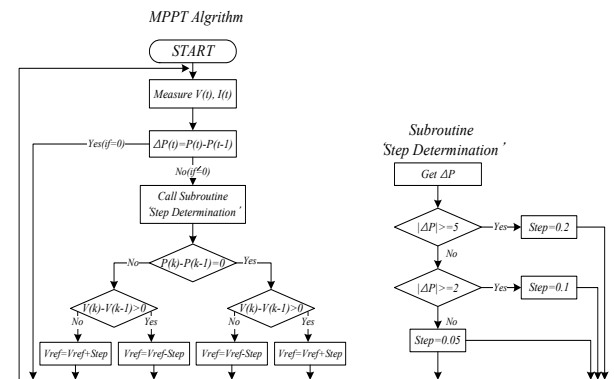


그림 3 개선된 P&O MPPT 알고리즘 순서도

3. 시뮬레이션 및 실험 성능 결과

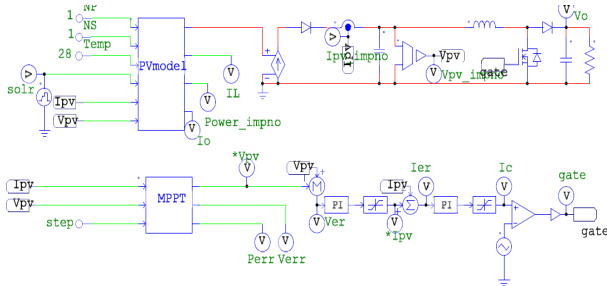
본 논문에서는 PSIM 시뮬레이터를 이용하여 태양전지의 출력특성 및 MPPT의 제어기법의 성능을 비교분석 하였으며, 컨트롤러의 MPU에 MPPT 알고리즘을 적용하여 출력 특성을 확인하였다. 시뮬레이션 및 실험에 사용된 태양전지 특성은 표 1과 같다.

〈표 1〉 태양전지 사양

Maximum Power(P_{max})	[W]	50
Max-Point Voltage(V_{mp})	[V]	17.3
Max-Point Current(I_{mp})	[A]	2.90
Open circuit Voltage(V_{OC})	[V]	21.8
Short circuit Current(I_{SC})	[A]	3.20
Standard Test Conditions		
Irradiance : (1000 W/m ²)		
Air mass : 1.5		
Temperature : 25° C		

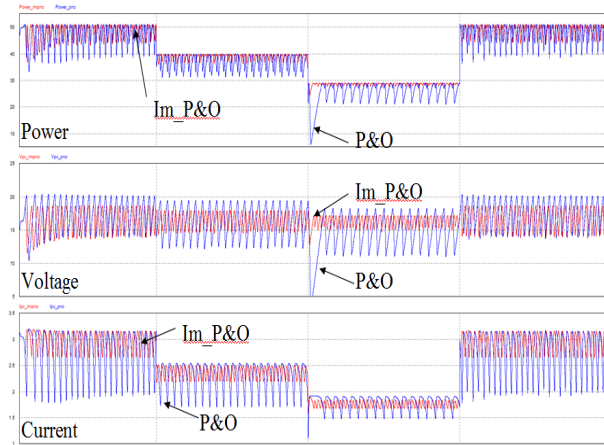
3.1 시뮬레이션

그림 4와 같이 2개의 C block을 이용하여, 태양전지 모델과 MPPT 제어알고리즘을 적용하고 Boost 컨버터 회로도를 구성하였으며, 일사량 조건은 1000 ~ 600 [W/m²], 온도는 25 ~ 28 [°C] 조건으로 시뮬레이션 하였다.



〈그림 4〉 MPPT 제어특성 분석을 위한 회로도

그림 5는 P&O 제어기법과 개선된 P&O 제어기법을 적용하여, 일사량이 변동되는 조건에서 태양전지의 출력전력, 전압, 전류의 특성을 나타내고 있다. 개선된 P&O 제어가 기존의 P&O 제어에 비해 이득 값을 가변함으로써 자러진동이 적고, 최대 전력점에 더 빠르게 도달하며, 전체 출력전력이 높게 나타남을 확인할 수 있다.



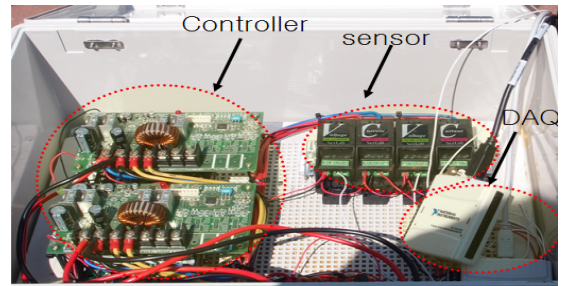
〈그림 5〉 일사량에 따른 출력전력, 전압, 전류 특성 비교

3.2 실험구성 및 결과

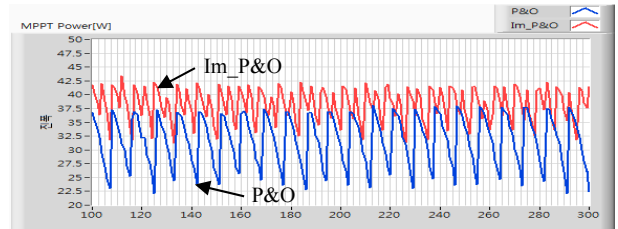
동일조건에서 MPPT의 제어기법의 특성을 분석하기 위하여 그림 6과 같이 2개의 컨트롤러에 2[kW] 2[Ω] 코일저항을 결선한 후 센서 및 데이터 수집보드를 통해 출력특성을 확인하였다. 실험시 환경조건은 일사량 400 ~ 700 [W/m²], 온도 27 ~ 28 [°C]이다.

그림 7은 일사량이 가장 높을 때의 P&O 제어기법과 개선된 P&O 제어기법을 적용한 태양전지 출력특성으로 시뮬레이션과 동일하게 개선된 P&O 제어기법이 자러진동 폭이 적고 출력특성이 높게 나타남을 확인할 수 있다. MPPT 비교 실험결과 출력전압의 평균오차는 약 250[mV]로 나타났으며 전압의 변동범위를 확인할 수 있다. 출력전류의 평균오차는 약 300[mA]로 비교적 높게 나타났으며, 출력전력은 약 0.8[W]의 차이를 갖는다.

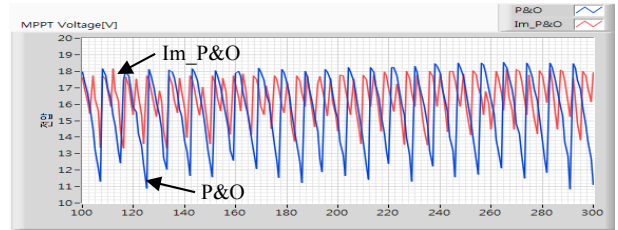
실험결과 개선된 P&O 기법이 기존의 P&O 기법에 비해 출력특성이 우수하고, 설계한 컨트롤러에 부합하다는 것을 확인할 수 있다.



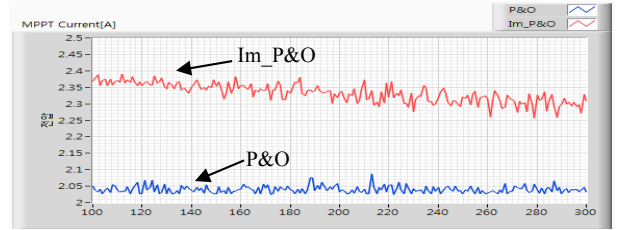
〈그림 6〉 MPPT 비교분석을 위한 실험구성



(a) 출력전력



(b) 출력전압



(c) 출력전류

〈그림 7〉 P&O와 개선된 P&O의 출력 특성 비교

4. 결 론

본 논문에서는 다양한 분야에 적용할 수 있는 독립형 태양광발전시스템의 컨트롤러를 설계하고, 태양광 발전의 최대 전력점 알고리즘을 적용하여 비교분석 하였다. 소형 독립형 태양광 발전시스템의 유효성을 고려하여 50[W]의 태양전지를 입력으로 사용하였으며, 최소 출력전력, 전압, 전류를 고려하여 일사량이 400[W/m²] 이상인 조건에서 실험하였다.

시뮬레이션 및 실험결과를 바탕으로 태양전지의 출력전력의 오차에 따라 이득 값이 연산되는 개선된 P&O MPPT 제어기법이 기존 P&O 기법에 비해 출력특성이 우수하고, 설계한 컨트롤러에 부합하다는 것을 확인하였다. 개선된 MPPT 알고리즘을 적용한 독립형 태양광 발전 컨트롤러는 가로등 및 축사관리, 조명 분수 등에 보다 효과적으로 적용이 가능할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] D.P. Hohm, M.E. Ropp, "Comparative study of maximum power point tracking algorithms using an experimental, programmable, maximum power point tracking test bed", IEEE, Conference Record of the Twenty-Eighth, pp. 1699-1702, 2000

[2] Roger Gules, Juliano De Pellegrin Pacheco, Heloi Leaes Hey, "A Maximum Power Point Tracking System with Parallel Connection for PV Stand-Alone Application", IEEE Transactions on power electronics, VOL.55, 2674-2675, 2008

[3] E.B, Youssef, P. Stephane, E. Bruno, A. Corinne, "New P&O MPPT algorithm for FPGA implementation", IEEE, Conference IECON 2010-36th, pp. 2868-2873, 2010