

저가형 태양광 발전시스템을 위한 아날로그 MPPT 알고리즘의 특성 해석

김한구, 이상용, 최문규, 김홍성, 최규하
건국대학교 전기공학과

Analysis of analog MPPT Algorithms for Low cost Photovoltaic System

Han-Goo Kim, Sang-Yong Lee, Moon-Gyu Choi, Hong-Sung Kim, Gyu-Ha Choe
Dept. of Electrical Engineering Konkuk University

ABSTRACT

In this paper, Simple and inexpensive analog maximum power point tracker (MPPT) algorithm for photovoltaic power system and low power system of doesn't use digital signal processor (DSP). The control circuit is composed such that the actual current and voltage are sensed directly from the PV array. These two signals are then multiplied by a single-chip multiplier. The multiplier output go through different time constants genesis pulse width modulated to switch. Finally those were verified through simulation.^[1]

1. 서 론

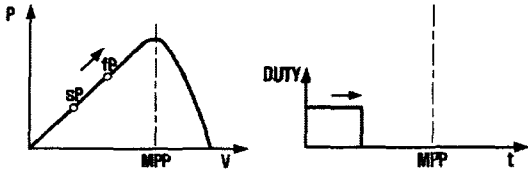
최근 에너지 고갈 및 환경오염 문제가 갈수록 심각해짐에 따라 무한정 재생가능하고 또한 환경오염을 유발시키지 않는 새로운 대체에너지 개발에 대한 관심이 증가되고 있다. 지금까지 개발된 여러 가지의 대체에너지 자원 중에서 태양광 발전시스템이 에너지의 위기문제에 중요한 해결책으로 대두 되고 있다. 이러한 태양광 발전 시스템을 수행하기 위해서는 일사량과 태양전지 표면온도에 따라 시시각각 변하는 태양전지의 최대 전력점(Maximum Power Point)에서 동작하도록 MPPT의 제어가 필요하다. 이러한 최대출력점에서 시스템의 동작점을 추종하게 하는 MPPT방식에는 정전압제어법, 비선형 함수 계산법, Perturbation & Observation법, 및 Incremental Conductance법을 들수있다.^[5] 이러한 방법들은 대부분 대용량 발전 시스템에서 DSP를 이용한 제어 방식들이다. 하지만 저가용 소용량 시스템에서 이러한 방법은 비경제적이라는 단점이 있

다. 따라서 저가용 소용량에서는 DSP를 사용하지 않는 MPPT방식들이 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 저가용 소용량에 대한 문제점을 DSP를 사용하지 않고 아날로그로 구현하면 간단히 해결을 할 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서 구성한 제어 알고리즘은 V-P곡선을 바탕으로 간단한 아날로그 회로로 구성해 전압, 전류를 센싱 받아 곱한 다음 서로 다른 RC 시정수를 통해 시간 차를 갖고 나오는 신호에 의해서 최대전력점에 추종하도록 하였다.

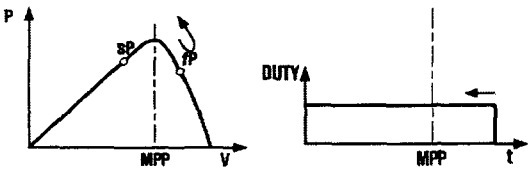
2. 구성된 아날로그 MPPT의 기본 원리

그림 1은 태양전지의 전압에 대한 전력의 곡선이며 구성된 아날로그 MPPT의 기본원리를 나타내는 것으로 태양전지 어레이로부터 전압과 전류를 센싱 받고 센싱된 신호 레벨을 곱하여 태양전지 어레이 출력에 비례하는 출력신호 레벨을 발생시킨다. 그 출력신호 레벨은 서로 다른 시정수를 갖는 RC회로에 의해 시정수 $\tau = RC(s)$ 만큼의 시간 차이를 갖게 된다. 그 시정수만큼의 시간지연으로 두 전력 중 낮은 전력을 Slow Power라하고 다른 한 전력을 Fast Power이라 한다. 이것은 RC 직렬회로에서 스위치 턴·온시 커패시터 전압이 충·방전을 하게된다. 이때 시정수가 클수록 커패시터의 과도상태는 길어지고 작을수록 과도상태가 짧아진다. 이러한 원리를 이용하여 Slow Power과 Fast Power을 제어하게 된다. 태양전지 출력이 변하고 있을 때 서로 다른 출력을 발생하여 Fast Power과 Slow Power의 차가 발생한다. 이 때 Fast Power가 Slow Power보다 크게 되면 converter의 duty를 증가시켜 태양전지 어레이 출력 전류를 증가시킨다. 다시 Slow Power보다 작게 되면 duty를 감소시키고 태양전지 어레이 출력 전류를 감소시키게 된다. 그리

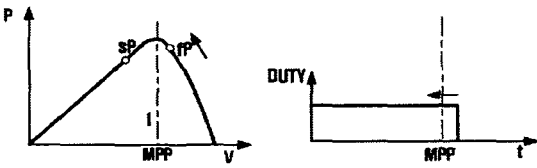
고 다시 Slow Power 보다 크게 되면 duty를 증가시키고 어레이 출력 전류를 증가시킨다. 이런 과정이 무한히 반복되면서 Fast Power과 Slow Power의 간격이 계속 작아지고 결국 최대 전력점 주변에서 최대전력을 추종하기 위해 영구적인 발진을 한다.



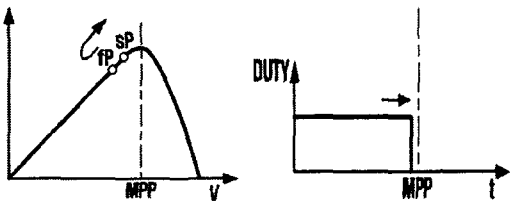
(a) 초기 턴온, duty의 증가
(a) Initial turn on, increase of duty



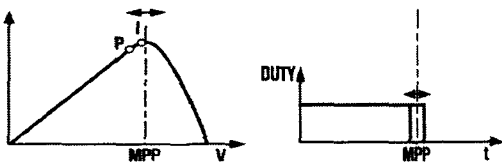
(b) 첫 번째 오버슈트, duty의 감소
(b) First overshoot, decrease of duty



(c) 플립플롭의 리셋, duty의 유지
(c) Reset of flip-flop, maintain of duty



(d) 두 번째 오버슈트, duty의 증가
(d) second overshoot, increase of duty



(e) 최종, 최대 전력점
(e) final, maximum power point tracker

그림 1 구성된 아날로그 MPPT의 기본 원리
Fig 1 Principle of compose analog MPPT

MPPT 제어 알고리즘을 흐름도로 나타내면 그림 2과 같다. 알고리즘은 상당히 간단한 것을 알 수 있다. Isol의 증가와 감소는 시정수에 의해 앞선 전력과 뒤진 전력을 비교하여 반복적으로 수행한다. 이처럼 알고리즘은 DSP를 사용하지 않고 간단하게 아날로그 회로로 구현을 할 수 있다.

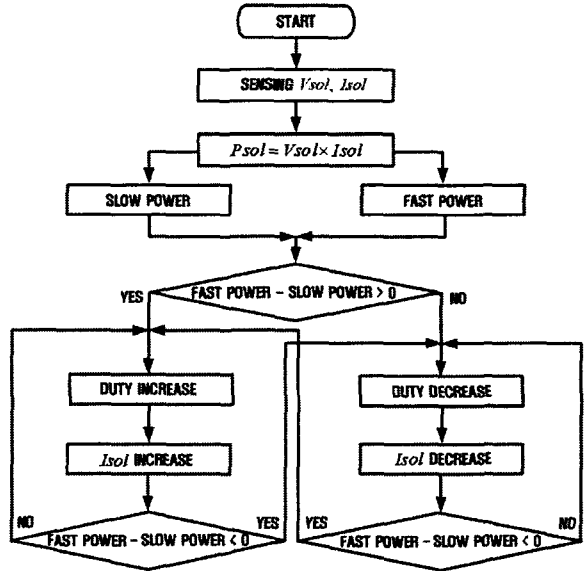


그림 2 구성된 아날로그 MPPT 제어 알고리즘의 흐름도
Fig 2 Flowchart of algorithm of compose analog MPPT

그림 3은 MPPT 제어 블록도를 나타낸 것이다. 이것은 한 개의 곱셈기, 간단한 3개의 RC회로, 두 개의 비교기, 하나의 플립플롭 등의 간단한 하드웨어로 구성된다. 앞에서 언급했듯이 태양전지 어레이로부터 센싱된 전류와 전압은 센싱 회로를 통해 전압 신호로 변환되고 증폭된다. 이 두 신호는 시스템 전류에 비례하는 신호이며 single-chip 아날로그 Multiplier에 의해 곱해진다. 이 Multiplier는 실제 태양전지 어레이 신호 출력에 비례하는 신호를 발생시킨다. Multiplier에 의해 얻어진 출력 신호는 서로 다른 시정수를 갖는 RC회로를 통해 비교기로 입력된다. 비교기에서 서로 비교된 신호는 플립플롭을 거쳐 컨버터의 스위치를 제어 할 수 있는 신호를 발생한다. 그림 4는 태양전지 어레이 출력변화에 따른 플립플롭의 동작상태를 나타낸다. 그리고 플립플롭의 변화에 따른 duty 변화를 보여준다.^[1]

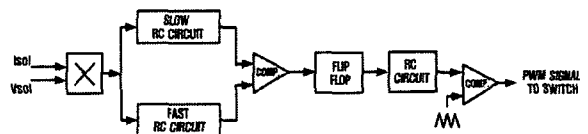


그림 3 구성된 아날로그 MPPT 제어 블록도
Fig 3 Function block diagram of compose analog MPPT

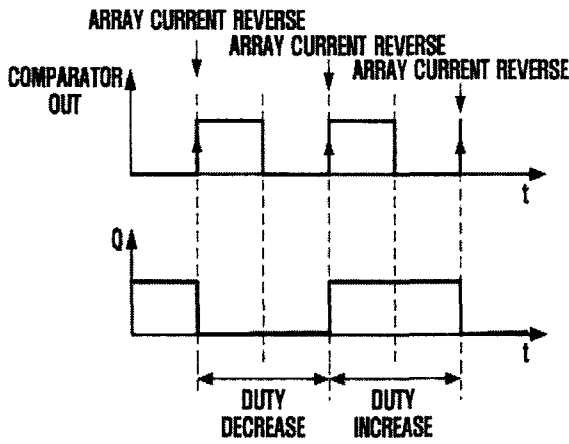


그림 4 태양전지 어레이 변화에 따른 플립플롭 출력
Fig 4 FLIP-FLOP output by output of solar array

3. 두개의 인덕터를 갖는 스텝-다운 컨버터

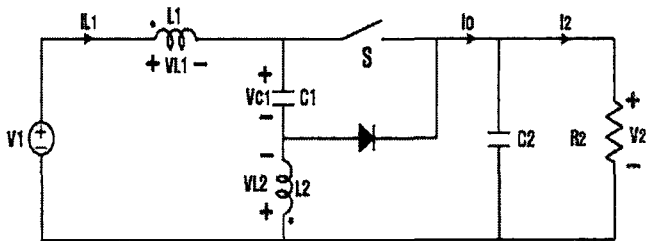


그림 5 2개의 인덕터를 갖는 스텝-다운 컨버터
Fig 5 Step-down converter with two inductor

그림 5는 시뮬레이션에 사용한 2개의 인덕터를 갖는 스텝-다운 컨버터는 기본적인 inverting $\hat{C}uk$ converter의 스위칭 Cell을 회전시킴으로서 얻어진다. 낮은 리플 입력전류를 위해 이 컨버터가 갖는 이점은 인덕터 중의 하나가 선로 측에 있어서 입력 전류가 연속이고 'zero' 리플 기술사용에 의한 입력 전류 리플은 입력 인덕터에 의해 감소되고 낮은 리플 입력전류를 갖는 step down 전류를 얻는다. 이 컨버터는 돌입전류(Inrush current) 제한과 단락회로 보호를 제공한다.^[2]

4. 시뮬레이션 및 결과

구성된 알고리즘을 검증하기 위해서 간단한 회로를 구성하였다. 이를 [표 1] 같은 조건으로 시뮬레이션을 하였다. 표 1은 최대 전력 450[W]를 갖는 MPPT 제어의 시정수 값들이며 450[W] 스텝-다운 컨버터의 부하저항 값을 5.85[Ω]으로 하였고 스위칭 주파수를 20[kHz]로 설정하였다. 그림 6는 최대 전력점에서 정상적으로 추종하는 것을 보여 주고 있다. 그림 7은 최대 전력점에서 시정수 값의 변화에

어떻게 작동하는지를 확대하여 보여주며 각각의 경우에 추종하는 속도를 나타낸다. 즉 시정수가 커질수록 최대 전력점에 도달하는 시간이 길어지는 것을 볼 수 있다. 하지만 시정수를 너무 작게 거나 크게 설계시에는 추종에 실패하는 것을 확인하였다. 그러므로 적절한 R, C 값을 선택하여 한다.

표 1 시뮬레이션의 조건

Table 1 Parameter of simulation

T_{slow}	5 [ms]
T_{fast}	4 [ms]
T_{ref}	20 [ms]
f_{sw}	20 [kHz]
부하저항	5.85 [Ω]

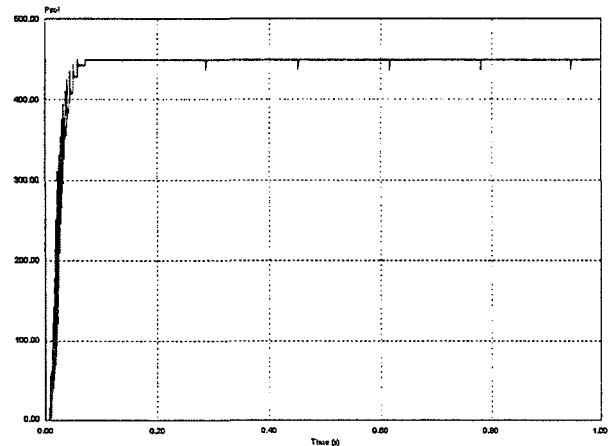
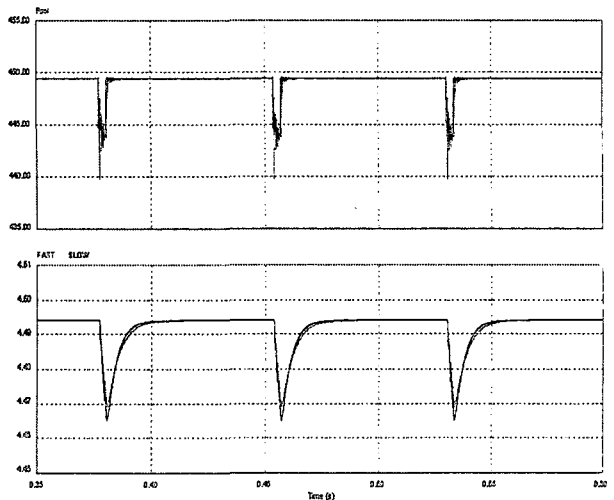


그림 6 최대 전력점 추종 동작

Fig 6 Maximum power point estimate operation

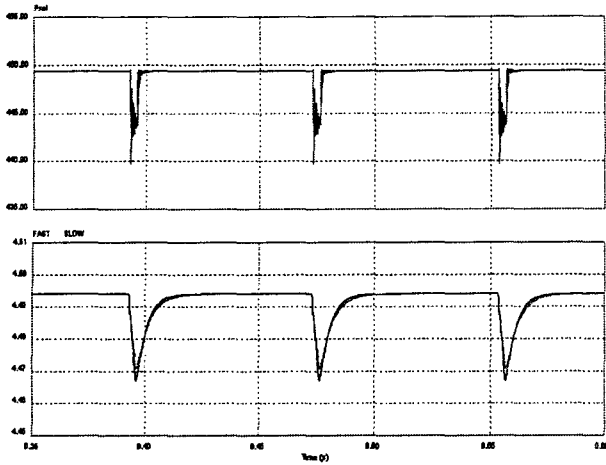


(a) 시정수가 5ms, 4ms일 경우

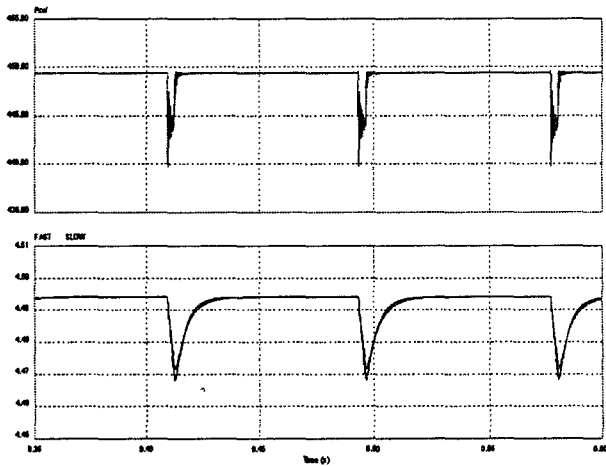
(a) In the case of constant 5ms, 4ms respectively

참고 문헌

- [1] Ziyad Salameh and Daniel Taylor " Step-up Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Arrays" Solar Energy Vol. 44. No. 1. pp57-61, 1990
- [2] Kasemasn Siri, Vahe A. Caliskan, C, Q. Lee "Maximum Power Tracking in Parallel Connected Converters" , IEEE Transaction on Aerospace and Electronic systems , Vol. 29 , No 3 , July 1993
- [3] B. L. Grossman, B. L. Brench, L. L. Bucciarelli, and F. J. Solman, Simulation of the Performance of a 100kW peak photovoltaic system, proceedings at the 14th IEEE photovoltaic Specialist Conference, San Diego, Ca, U. S .A. (1980)
- [4] 노형주, 이동운, 현동석, " 소규모 태양광 발전시스템을 위한 전류보상기법을 갖는 향상된 MPPT 추적 컨버터" 전력전자학술대회 논문집, 2002
- [5] 이상용, " 계통연계형 태양광 발전시스템을 위한 새로운 최대전력점 추적 알고리즘", 건국대학교 공학석사 학위, 2000



(b) 시정수가 5.25ms, 4.25ms일 경우
(b) In the case of constant 5.25ms, 4.25ms respectively



(c) 시정수가 5.5ms, 4.5ms일 경우
(c) In the case of constant 5.5ms, 4.5ms respectively

그림 7 시정수 값의 변화에 따른 추종속도
Fig 7 Estimate speed according to constant value

5. 결 론

본 논문에서 구성된 아날로그 MPPT는 태양전지 어레이 P-V곡선의 특성을 이용하여 전압, 전류를 센싱 받아 곱한 전력을 각각 다른 값을 갖는 RC 시정수를 통해 두 신호의 차이로 스위치의 PWM을 생성하여 최대 전력점을 추종하게 하였다. 이를 시뮬레이션을 통하여 추종하는 것을 검증하였고 RC 시정수 값에 따라 최대 전력점 추종에 도달하는 시간이 달라지는 것을 알 수 있었다. 향후에는 실제 회로를 구현하여 실측파형과 시뮬레이션 파형을 비교 검증해야하며 또한 soft switch에 의해서 리플을 감소시키는 것까지 하여야 할 것이다.