

이산치 신호를 이용한 PV시스템의 제어특성

김동휘, 백형래

여수공업대학 전기과, 조선대학교 전기·제어계측공학과

The Control Characteristics of PV System Using Discrete Data Signal

Dong-Hui Kim, Hyung-Lae Baek

Yosu Tech. College, Chosun University

Abstract

Solar cell generate DC power from sunlight whose power is different at any instance according to condition of variables : insolation and temperature. In order to improve the system utility factor and efficiency of energy conversion, it is desirable to operate the PV system at maximum power point of solar cell under different condition.

In this paper, Boost chopper is controlled its output voltage with a new discrete control algorithm for MPPT. PWM signal of DC-DC converter are generated with a 89C51 microcontroller. Switching frequency of DC-DC converter is set at 10kHz. Simulation and experimental results show that the PV system studied in this paper is always operated at maximum power point under different maximum power point of solar cells having stabilized output voltage waveform with relatively small ripple component.

I. 서론

태양광발전은 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 시스템으로서 연료가 필요 없고, 설비자체가 가동부분이나 열기관이 없어 수명이 길고, 다른 발전 방식에 비하여 운전과 유지보수가 용이하며 모듈로 구성하기 때문에 수요나 지형에 맞게 설계할 수 있으므로 송전시설이 필요하지 않아 송배전 손실이 없다. 그러나 기존 발전방식에 비하여 발전단가가 높고, 에너지 밀도가 희박하여 일정한 전력을 이용하기 위해

서는 비교적 커다란 면적의 태양전지모듈 설치장소가 필요하며, 기상조건 및 자연조건에 절대적인 영향을 받는다. 또한 태양광발전은 빛 에너지를 전기에너지로 직접 변환시켜 발전하는 방식으로 출력된 전기를 축적하는 기능은 갖고 있지 않다. 그러므로 축전지와 같은 전력저장시스템을 추가하여 사용하여야 하는 등의 단점들을 가지고 있다. 지금까지 태양광발전시스템의 가장 큰 장애요인이었던 태양전지의 가격과 효율은 각각 감소 및 증가추세에 있고 전력전자기술의 진보는 태양광발전 제어용 전력변환시스템의 이용기술개발을 촉진하고 있다. 태양전지 모듈은 일사량, 소자온도, 부하와 같은 외부환경 등에 따라 최대출력점이 변하는 특성을 가지고 있으며 변환효율이 매우 낮기 때문에 가능한 많은 에너지를 태양전지에서 얻을 수 있도록 해야하며 항상 최대출력점에서 동작하도록 제어해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 일사량, 온도 변화에 따라 태양전지의 출력특성이 다르기 때문에 DC-DC 컨버터의 듀티비를 제어하여 최대전력을 얻을 수 있도록 데이터를 이산화 하여 부하에 항상 최대전력을 공급할 수 있도록 하였으며, 부하변동시에도 안정된 출력을 공급할 수 있도록 승압형 컨버터의 시비율을 마이크로프로세서 89C51의 이산화 값에 의해 MOSFET의 온, 오프제어를 하였다. 시스템을 구현하기 위하여 MPPT 제어특성을 시뮬레이션하고 실험에 의해 제어특성을 검토하였다.

II. 시스템 구성

본 논문에서 전체 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 시스템은 태양전지 어레이, 승압형 DC-DC 컨버터,

시스템을 제어하기 위한 Controller로 구성되어 있다.

DC-DC 컨버터는 승압형 초퍼로 태양전지의 출력을 항상 최대가 되도록 최대전력점추적(MPPT)을 하면서 일정출력전압을 유지할 수 있도록 구성하였다. 태양전지 어레이는 SSM-60 모델을 4S*2P로 연결하여 최대 일사량일 때의 출력을 320[W]로 하여 설계하였다. 승압형 DC-DC 컨버터는 마이크로컨트롤러에서 태양광 어레이의 입력전압 및 전류를 검출하여 최대전력점에서 동작할 수 있도록 듀티비를 조정하여 항상 최적전력점에서 운전하도록 제어한다.

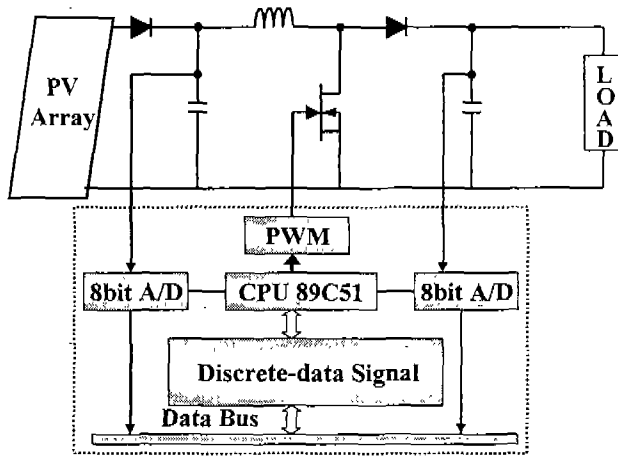


Fig. 1 Configuration of PV system

III. MPPT 제어

시스템을 최적동작점에서 항상 운전하기 위해서는 태양전지의 출력전압이 일사량이나 온도변화에 대하여 거의 일정하기 때문에 태양전지의 최대동작전압 V_m 을 결정한 후 부하변동이나 일사량의 변화에 대해서 초퍼의 듀티비를 조정하여 태양전지의 출력을 결정된 최대동작점에서 운전할 수 있도록 정전압 제어방식을 이용하여 MPPT를 했다.

그림 2는 정전압 제어방법의 블록도로서 만일, 부하율이 너무 높거나 일사량이 감소하게 되면 태양전지 출력이 감소하여 태양전지의 동작점 전압은 최대 동작전압보다 떨어지게 된다.

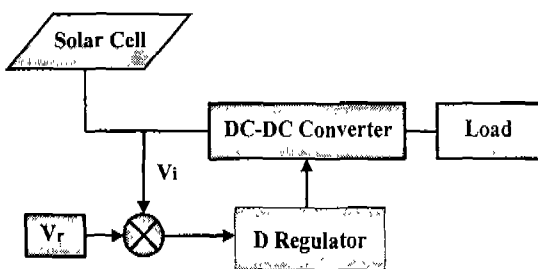


Fig. 2 Constant voltage control method

이때 초퍼의 듀티비를 감소시켜 초퍼의 출력전압을 감소시키면 태양전지의 운전점 전압은 증가한다. 그리고 부하율이 너무 낮거나 일사량이 증가했을 경우에는 반대로 초퍼의 듀티비를 증가시키면 운전점 전압은 감소한다.

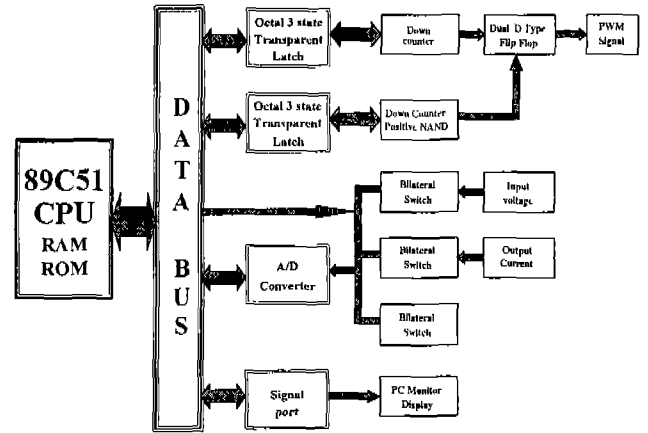


Fig. 3 Control block diagram of DC-DC converter

그림 3은 승압형 DC-DC 컨버터의 제어블럭도를 나타내고 있다. 마이크로프로세서는 89C51을 사용하였으며, 정전압 제어기법을 위한 알고리즘은 태양전지의 입력전압과 전류를 검출하여 부하변동이나 일사량의 변화에 대해서도 항상 최적전력점에서 운전할 수 있도록 설계하였다.

IV. 시뮬레이션

태양광 발전시스템에서 부하변동이나 일사량 변화시에 부하측에 안정된 전압을 공급하면서 최대전력점에서 동작할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 제안된 시스템을 구현하기 위하여 Matlab Simulink ver. 5.2를 사용하여 시뮬레이션을 행했다.

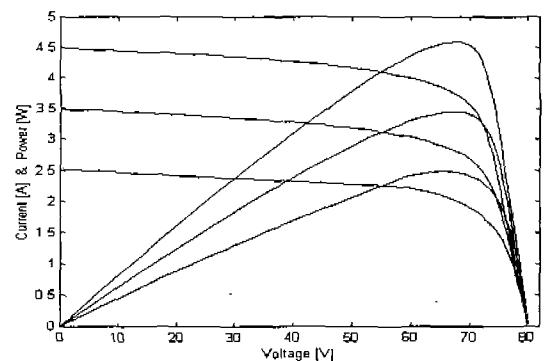


Fig. 4 Output characteristics curve of solar cell

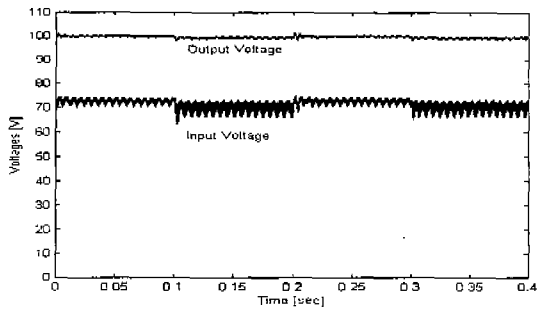


Fig. 5 Input-output voltage waveforms at different load

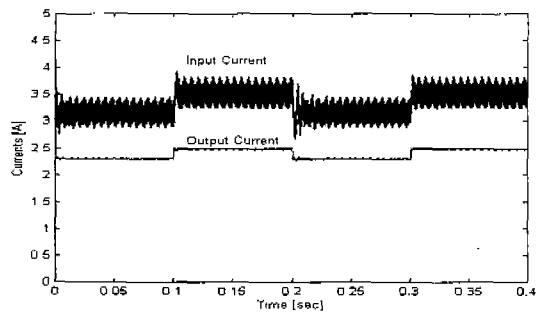


Fig. 6 Input-output current waveforms at different load

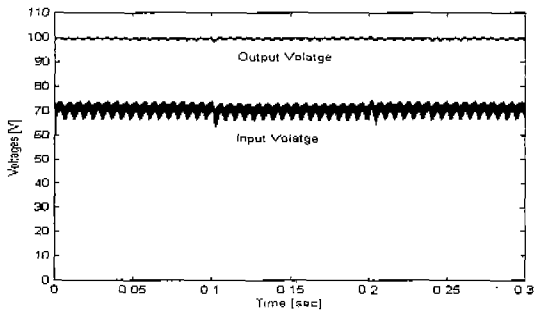


Fig. 7 Input-output voltage waveforms on MPPT

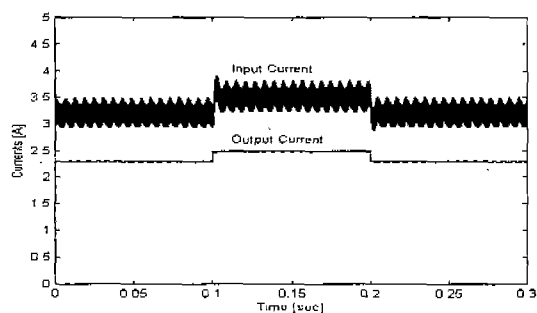


Fig. 8 Input-output current waveforms on MPPT

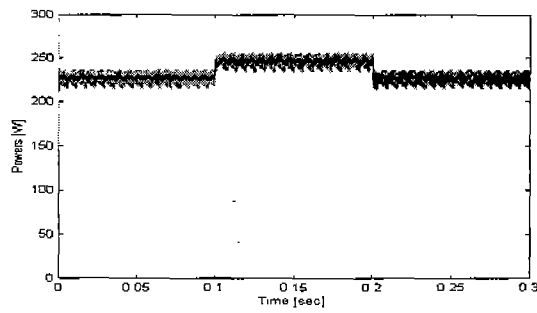


Fig. 9 Input-output power waveforms on MPPT

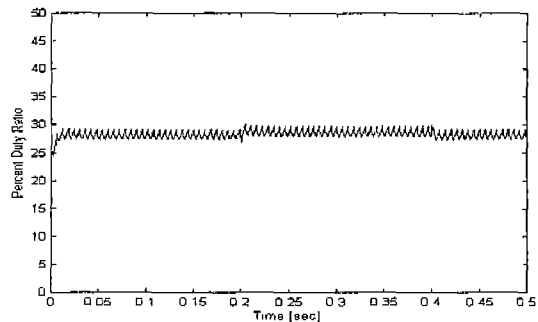


Fig. 10 Duty ratio on MPPT

전력변환장치의 MPPT 제어특성을 고찰하기 위하여 온도변화를 $t=0.002[\text{sec}]$ 마다 $[0 \ -5]$, $[-5 \ 0]$, $[0 \ 5]$, $[5 \ 0]$, 온도계수를 $0.2 [V/^\circ C]$ 로 하고 일사량을 변화시켰다. 그림 4는 태양전지의 개방전압 $80[V]$, 단락전류 $4.5[A]$, $3.5[A]$, $2.5[A]$ 일 때의 V-I 특성곡선을 보여주고 있다. 그림 5와 그림 6은 일사량이 일정한 경우 부하를 증감했을 때의 파형으로 부하가 감소할 때는 동작점이 개방전압 쪽으로 이동하여 안정된 출력전압을 부하측으로 공급하는 것을 알 수 있다. 그림 7, 그림 8, 그림 9, 그림 10은 최대일사량에서 일사량을 감소시킴과 동시에 부하 또한 최대부하로 감소했을 경우의 파형을 나타내고 있으며 MPPT가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

V. 실험결과

PV시스템의 최적화에 있어서 DC-DC 승압형 컨버터로부터 입력전압과 출력전압을 검출하여 마이크로프로세서의 이산화 값으로 태양전지의 최적점에서 제어될 때의 출력전압, 출력전류 및 궤적에 대한 파형을 측정, 분석하였다. 그림 12와 그림 13은 최대 부하에서의 입출력 전압, 전류 궤적곡선을 나타낸 것으로 MPPT가 이뤄지고 있음을 알 수 있다. 부하를 가변시켜도 항상 일정한 출력전압을 유지하고 있음을 그림 14와 그림 15를 통하여 알 수 있다.

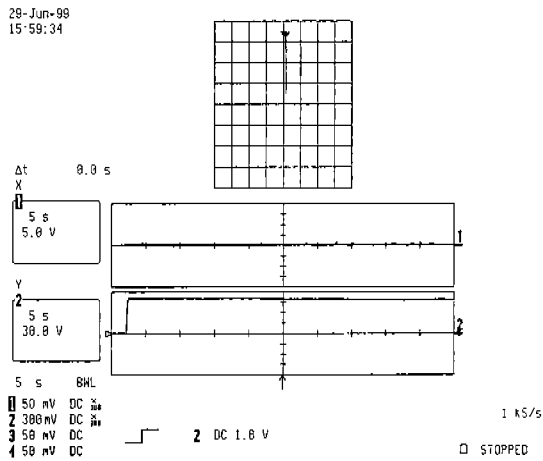


Fig. 12 Input current and voltage waveforms on MPPT

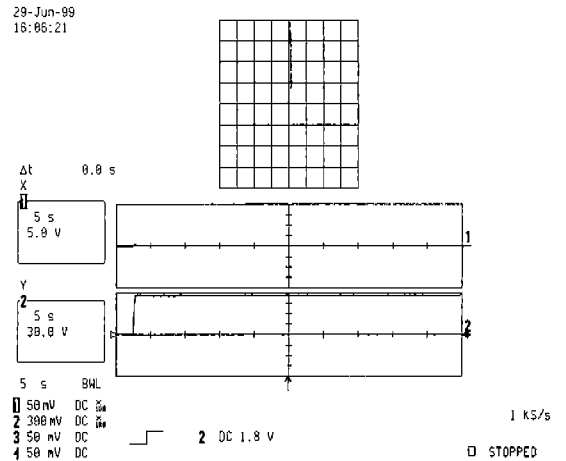


Fig. 15 Output current and voltage waveforms at different load

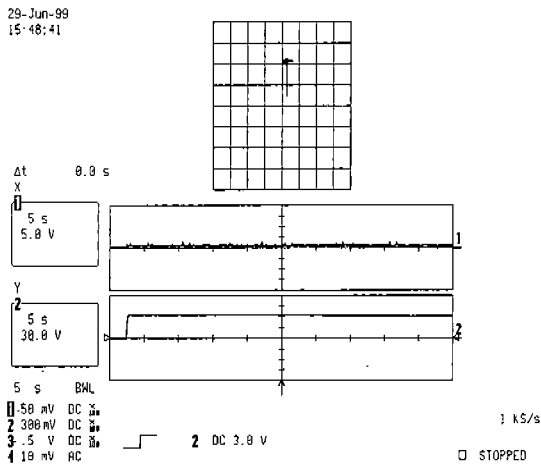


Fig. 13 Output current and voltage waveforms on MPPT

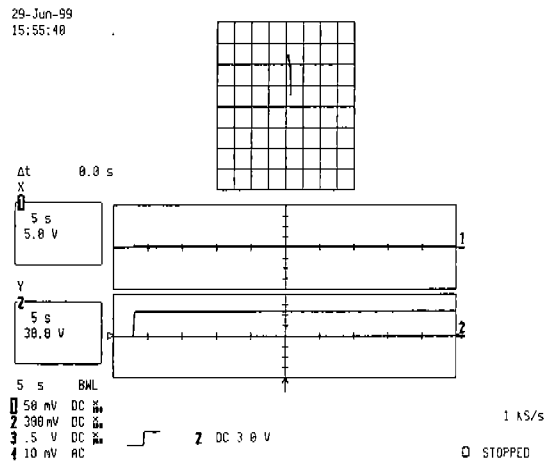


Fig. 14 Input current and voltage waveforms at different load

VI. 결론

본 연구에서는 태양광발전시스템에서 일사량 변화 및 온도변화 그리고 부하가 변화할 경우에 부하측으로 일정전압을 공급해 주고 태양전지의 동작점이 최적출력점에서 동작하는 것을 시뮬레이션 및 실험을 통하여 입증하였다. PV시스템의 최적화에 있어서 DC-DC 승압형 컨버터의 제어부를 간단히 구성할 수 있었으며 이산화된 데이터값에 의해 시스템이 항상 최적점에서 운전됨을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Paul Batcheller, Ziyad Salameh, "Microprocessor controlled maximum power point tracker for photovoltaic systems", The 1993 American Solar Energy Society Annual Conf., pp. 101~104.
2. 유권중 외, "PWM Chopper에 의한 태양전지 출력 제어", 대한전기학회 하계학술대회, pp. 401, 1990.
3. Z. Salamdo and D. Taylor, "Step-Up Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Arrays", Solar Energy, Vol.44, No.1, pp. 57~61, 1990.
4. S.Y.R. Hui et., "Step-Up Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Arrays", Solar Energy Vol.44, No.1, pp. 57~61, 1990.