

모듈 통합형 태양광 전력조절기 시스템을 위한 직접 PWM 제어 방법

문 솔, 김도현, 김찬인, 서정원, 박종후
숭실대학교

Direct PWM control in Module Integrated Converter for photovoltaic power conditioning system

Sol Moon, Do Hyun Kim, Chan in Kim, Jung Won Seo and Jung Hu Park
Soongsil University

ABSTRACT

이 논문에서는 모듈 통합형 태양광 전력조절기 시스템을 간소화하기 위해서 인버터 스테이지 DSP에서 도통률을 결정하여 지그비를 이용한 무선방식으로 전송하고 이를 모듈에서 직접 PWM으로 변환하여 전력조절기를 제어하는 직접 PWM 제어 방식을 제안하였다. 각 모듈의 전압, 전류를 지그비 모듈을 통하여 일정 간격으로 샘플링하여 그 값을 인버터 스테이지 DSP에 보내주고 MPPT 동작을 통하여 최대전력점에 해당하는 시비율을 컨버터에 다시 지그비 모듈을 통하여 무선으로 보내주는, 전압제어루프를 사용하지 않는 직접 PWM을 이용하여 부스트 컨버터를 제어하는 방법을 사용하였다. 제안하는 방식을 증명하기 위하여 50W 태양광 전력조절기, 듀얼 솔라 PV시뮬레이터 그리고 지그비 모듈을 사용하여 그 타당성을 입증하였다.

1. 서 론

태양광 전력조절기 시스템은 그 형태에 따라 중앙집권형, 직렬형, 모듈통합형 등으로 나눌 수 있다. 그 중 모듈 통합형 시스템은 태양광 모듈별로 MPPT를 위한 DC/DC컨버터를 사용함으로써 부분음영의 경우에 있어서 전체적인 효율저하를 막을 수 있다는 장점이 있기 때문에 에너지 회수율이 높다. 하지만 각 태양광 모듈별로 DC/DC컨버터를 및 이를 제어하기 위한 제어모듈의 개수가 증가하여 그만큼 가격 상승은 피할 수 없게 되는 요인이 된다^[1]. 따라서 본 논문에서는 모듈 통합형 컨버터에서 시스템 간소화 및 정보의 통합을 위해 지그비 모듈(XBEE PRO1)을 사용하여 방법을 제시하였다. 태양광 모듈에서 센싱된 전압 및 전류정보를 지그비 모듈을 통하여 인버터단 DSP로 보내주고 여기서 MPPT 동작을 통하여 PWM 레벨을 결정하고, 다시 이 정보를 보내주어 지그비 모듈의 PWM 기능을 이용하여 직접 컨버터를 제어하는 방법을 제시하였다.

이를 증명하기 위하여 50W 태양광 전력조절기, 듀얼 솔라 시뮬레이터 그리고 지그비 모듈이 사용되었다.

2. 지그비 모듈을 이용한 직접 PWM 제어

2.1 지그비 모듈을 사용한 회로 구성

모듈 통합형 컨버터에서 직접 PWM 방법을 적용하기 위해서 컨버터 제어 회로부를 자체 DSP 나 아날로그 회로를 사용하는 대신에 통신 모듈을 사용하는 방법을 그림 1처럼 제시하였다.

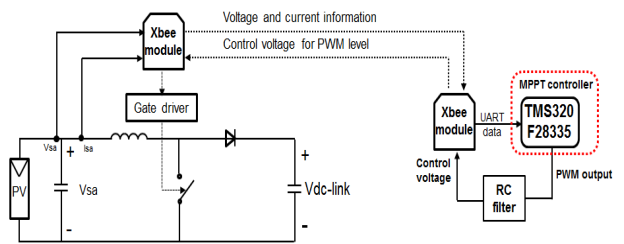


그림 1 직접 PWM 제어를 위한 회로구성
Fig. 1 Circuit diagram for a direct PWM control

부스트 컨버터 모듈에서 센싱된 전압 및 전류 값이 지그비 모듈의 아날로그 입력 단자로 들어간다. 여기서 전압 전류의 아날로그 값이 지그비 모듈의 내부 ADC 의해서 디지털 값으로 변환되고 이 값이 사용자가 정의한 주기 마다 인버터단의 지그비로 그 값을 전송한다. 인버터 DSP에서는 SCI(Serial Communication Interface) 모듈을 통하여 전송된 전압 및 전류 정보를 받는다. 그 이후 MPPT 동작을 통하여 PWM level을 결정하고 이를 RC필터를 통하여 DC값으로 변환 후에 지그비 모듈의 아날로그 입력 핀으로 입력시켜 컨버터단 지그비의 PWM 으로 출력시킨다.

2.2 직접 PWM을 위한 지그비 모듈의 기능

제어기없이 통신부만을 원격모듈에 사용하기 위해서는 주기적으로 센싱값을 보내고, 업데이트 되는 PWM 정보를 받기 위한 알고리즘이 필요하다. 사용된 Xbee 모듈은 인풋/아웃풋 라인패싱(Input/output line passing) 기능을 지원함으로써 양방향 통신을 할 경우에 있어서 한쪽 모듈에 아날로그 값이 입력될 이 값을 반대편 모듈에서 PWM 출력, 디지털 입력일 경우 디지털 출력 혹은 UART 데이터로 모듈 고유의 64bit 어드레스 데이터와 핀 정보 등의 출력이 가능하다. 때문에 컨버터 단 지그비에서 센싱된 값이 별도의 DSP가 없어도 주기적으로 인버터단 지그비로 전송되어 질 수가 있다.

마찬가지로 컨버터단의 PWM 레벨을 정의하기 위해서 인버터단의 DSP의 PWM 출력레벨을 조절하고 이를 RC필터링 시켜 DC값을 만든 후 아날로그 입력을 시키면 라인패싱 기능으로 컨버터단 지그비에 주기적으로 값이 넘어가게 된다. 따라서 컨버터단에서는 DC 레벨에서부터 정해지는 PWM 출력을 직접 게이트 드라이버로 입력시켜 MOSFET 동작 전압을 만들 수 있기 때문에 직접 PWM 동작이 가능하게 된다.

3. 실험 결과

직접 PWM 제어를 증명하기 위한 실증실험은 50W PV 커브를 적용했을 때에서의 MPP 추종능력과 일사량과 온도 커브를 변화시켜서 MPP가 변화 하였을 때의 MPP 추종능력에 대해서 진행하였다.

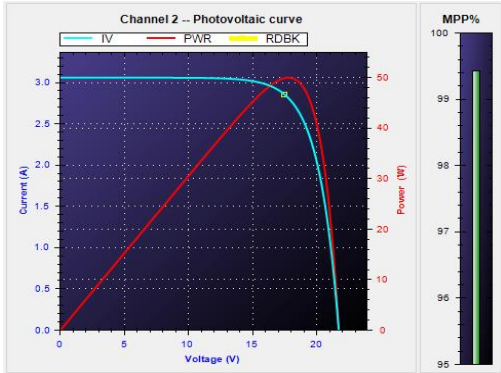


그림 2 50W PV 커브와 MPP 추종능력
Fig. 2 50W PV-curve and MPP tracking ability

그림 2는 50W 커브를 적용 했을 때의 MPP 추종능력을 나타내고 이는 그림 3의 파형으로 확인 할 수 있다. MPPT 추종 방법은 P&O 알고리즘을 사용하였으며 이때 전압은 약 17.522V, 전류는 2.838A, 출력전력은 49.72W로 MPP효율은 약 99.4%를 나타낸다.

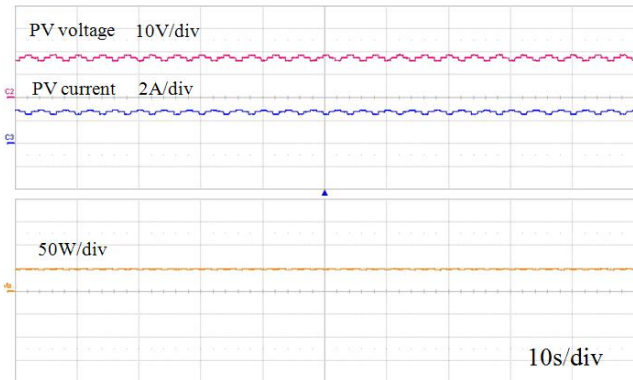


그림 3 최대 일사량에서의 MPP 추종파형
Fig. 3 MPP tracking waveform on the full irradiation

MPP 변화의 경우에는 그림 4의 프로파일이 적용되었다. 초기 MPP 전압은 18V를 유지하지만 MPP 전압이 20V로 급변하였다가 다시 18V로 변할 때의 추종능력에 대해서 실험을 진행하였다.

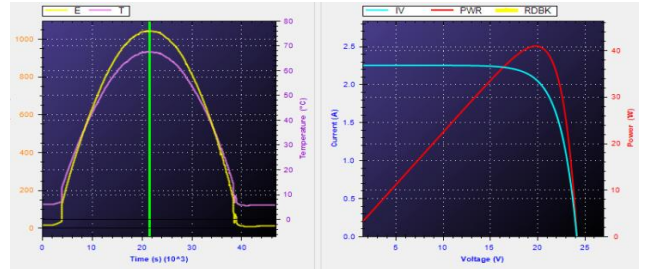
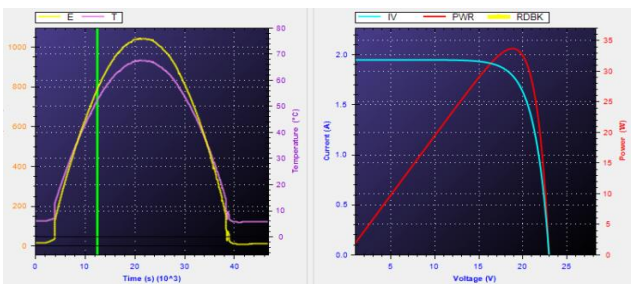


그림 4 MPP 스텝 변화를 위한 맑은 날씨 프로파일
Fig. 4 sunny day profile for MPP step change

MPP 스텝 변화의 실험 결과는 그림 5와 같다. 18V의 MPP를 실험 시작 후 약 32초 동안 유지한다. 그 이후에 MPP 점을 20V로 급변 시킨다. 실험파형을 보면 약 32초 이후에 바뀐 MPP 20V로 PV 전압을 추종하는 것을 확인 하였다. 그 이후 약 40여초가 흐른 뒤에 18V로 MPP 점이 바뀌었을 때도 PV 전압은 바뀐 값으로 즉각적으로 추종하는 것을 실험 결과를 통해서 확인 할 수 있었다.

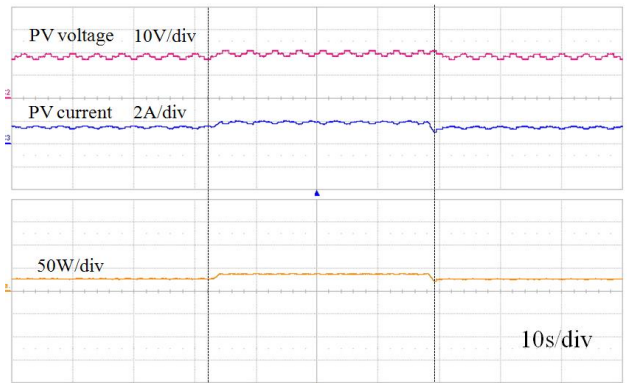


그림 5 MPP 스텝 변화시 추종파형
Fig. 5 tracking waveform on the step change of the MPP

3. 결론

본 논문은 모듈 통합형 태양광 전력조정기 시스템에서 전압루프를 사용하지 않고 무선통신을 이용한 직접 PWM을 이용한 최대 전력점 추종에 관하여 연구되었다. 실증실험결과 직접 PWM제어를 이용한 MPPT 추종 능력은 전압 루프가 있을 때와 동일한 MPP 추종 능력을 보여주었으며 전체 시스템을 간소화 시키고 제어를 원격 DSP를 사용하여 통합할 수 있는 능력을 보여주었다. 따라서 하나의 컨버터 모듈 뿐 아니라 멀티 모듈인 경우에도 위와 같은 방법이 적용될 수 있는 가능성을 보여주었다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업지원을 받아 수행된 것임 (N0 2010 0025674).

참고 문헌

[1] Leonor, L. Erickson, R. W. MacAlpine, S. Brandemuehl, M. "Improved Energy Capture in Series String Photovoltaics via Smart Distributed Power Electronics" Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2009. APEC 2009. pp. 904 910.