

지그비 무선통신을 이용한 태양광 전력조정기 원격 전압제어

서정원, 문솔, 장종호, 박종후
숭실대학교

Remote Controller of Photovoltaic Power Conditioner with ZigBee Wireless communication

Jung Won Seo, Sol Moon, Jong Ho Jang, and Joung Hu Park
Soongsil University

ABSTRACT

이 논문에서는 모듈통합형 태양광 전력조정기 시스템을 간소화하기 위해서 원격 DSP에서 전압 제어와 MPPT 제어를 통해 최대 전력 점에서의 제어 전압을 결정하여 이를 무선 방식으로 전송함으로써 전력조정기의 동작을 제어하는 원격 전압제어 방식을 제안하였다. 각 모듈의 전압, 전류 값을 원격 DSP에 무선으로 전송하고 DSP 내의 전압 제어기와 MPPT 제어기 연산을 통해 최대 전력 점의 제어 전압을 구하고 모듈에서 이를 이용해 전력조정기의 동작을 제어하게 된다. 제안하는 방식을 증명하기 위하여 지그비 모듈을 사용한 50W 태양광 전력 조정기 하드웨어를 제작하여 그 타당성을 입증하였다.

1. 서론

태양광 에너지는 일반인들이 실생활에서 쉽게 접하고, 지역의 제약을 받지 않으며 다루기 쉬운 편이다. 또한 각 나라의 전격적인 지원을 받으면서 성장하고 있다. 최근에는 고정식 PV 발전 보다는 건물과 조화 될 수 있고 도심에서도 발전을 할 수 있는 태양광 발전 방식인 BIPV가 각광을 받고 있다. BIPV는 건물 일체형 태양광 발전 방법으로서 건물 외장재 대신 태양광 패널을 이용해 전력을 발전하는 방법이다. 도심에서의 태양광 발전의 경우 일부 모듈에 그늘이 지는 경우가 잦은 편이다. 이 때에 발전 효율의 급격한 하락을 막기 위해 모듈형 태양광 전력조정기를 선호하는 편이다.^[1] 모듈형 시스템은 태양광 모듈별로 MPPT를 수행함으로써 단일 모듈의 이상시에 효율의 저하를 막을 수 있다는 장점이 있지만 제어기의 증가로 인해 가격이 상승된다는 단점이 있었다.^[2] 본 논문에서는 통합형 시스템의 단가 인하와 시스템 간소화를 위해 지그비 모듈을 이용해 전력단 전압을 원격제어 하는 방법을 제안하였다. 전력단에서 센싱된 전압과 전류 값을 원격 수신해 이를 이용 원격 DSP에서 전압 제어와 MPPT 제어를 통해 최대 전력 점에서의 제어 전압을 결정하여 이를 무선 방식으로 전송함으로써 전력조정기의 동작을 제어하는 원격 전압제어 방식을 제안하였다.

본 논문에서는 50W 태양광 전력 조정기, 솔라 시뮬레이터 그리고 지그비 모듈을 사용하여 고정된 PV 커브와 스텝 변화 시의 두 가지 경우에 대해 실험하여 태양광 전력조정기 전압 원격제어의 타당성을 검증하였다.

2. 지그비 모듈을 이용한 전력단 전압 원격제어

2.1 지그비 모듈을 사용한 회로 구성

모듈 통합형 컨버터에서 전력단 전압을 원격 제어하는 방법을 적용하기 위해서 각 전력단에 개별 DSP나 아날로그 회로를 제어기로 사용하는 대신에 지그비 모듈만을 사용하는 방법을 그림 1과 같이 제시하였다.

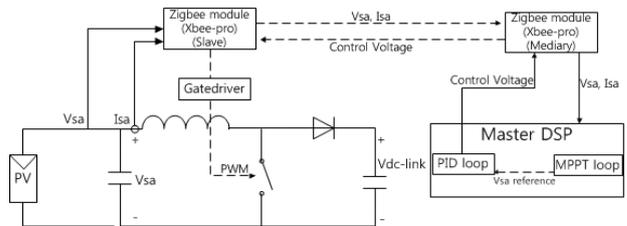


그림 1 전력조정기 원격 전압제어를 위한 회로구성

Fig 1 Circuit diagram for a Remote Control of Photovoltaic Power Conditioner

부스트 컨버터 모듈에서 센싱된 전압 및 전류 값이 지그비 모듈의 아날로그 입력 단자로 들어간 후 이 값이 지그비 모듈의 ADC에 의해 디지털 값으로 변환 되어 제어 단의 지그비로 그 값을 전송한다. 제어 단의 DSP에서는 SCI(Serial Communication Interface) 모듈을 통하여 전송된 전압 및 전류 정보를 받아 전압 제어 연산(PID)과 MPPT 연산을 통하여 MPP 전압과 그 전압에서의 제어 전압을 결정 한다. DSP 내에서의 전압 제어 연산에서 보상을 설계 할 때에는 무선 통신 과정에서의 전달 지연(Propagation delay)을 고려하여 보상을 설계 해 주어야 한다. 이후 연산된 컨트롤 전압을 전력단의 지그비로 전송해 전력단 전압을 원격 제어한다.

2.2 전력단 전압 원격제어를 위한 지그비 모듈의 기능

DSP 없이 지그비를 이용해 전력단 전압을 원격 제어 하기 위해서는 주기적으로 센싱 값을 송·수신 하고, 송신 되는 컨트롤 전압을 받아 PWM을 출력하기 위한 메커니즘이 필요하다. 또한 추종 속도와 정상 상태 오차를 보완 할 수 있도록 제어단과 전력단 간의 위상차가 충분히 적어야 한다. 사용된 Xbee 모듈은 핀페어링 기능을 지원함으로써 송신된 컨트롤 전압을 이용해 반대편 모듈에서 PWM 출력을 가질 수 있고 센싱된 값을 UART 데이터로 출력이 가능하다. 때문에 제어단의 직접적인 연결이 없이 지그비를 이용해 전력단 전압을 원격제어 할 수 있다.

3. 실험결과

전력조절기 전압 원격제어를 증명하기 위한 실증실험은 50W PV 커브를 적용하여 MPP 추종능력과 일사량과 온도 커브를 변화시켜서 MPP를 변화 시켰을 때에 있어서의 MPP 추종 능력에 대해서 진행하였다.

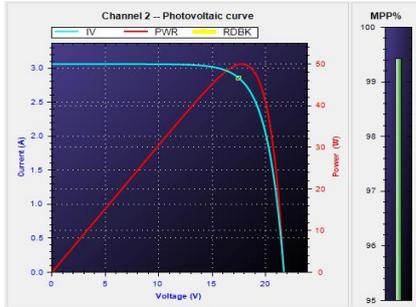


그림 2 50W PV 커브와 MPP 추종능력
Fig 2 50W PV-Curve and MPP tracking ability

그림 2는 50W 커브를 적용 했을 때의 V-I, V-P곡선과 추종 능력을 나타내는 파형이다. 이는 다음의 그림 3에서 더욱 자세히 확인 할 수 있다. 보상기는 PID 보상기를 사용하였으며 MPPT 추종 방법은 P&O 알고리즘을 사용하였다. 무선 통신 과정에서의 전달지연(Propagation delay)을 보완하기 위해 전압 추종 속도를 조정하였다. 이 때 전압은 약 17.641V, 전류는 2.812A, 출력 전력은 49.6W로 MPP 효율은 약 99.2%를 나타낸다.

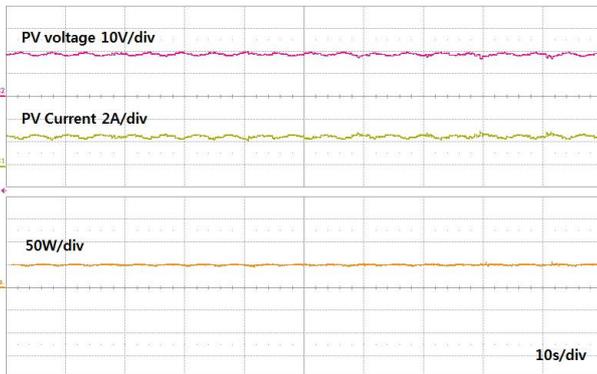


그림 3 최대 일사량에서의 MPP 추종파형
Fig 3 MPP tracking waveform on the full irradiation

MPP 변화에 사용한 일사량은 그림 4와 같으며 일사량과 온도 두 가지가 모두 변화 했을 경우에서의 MPP 추종에 대해 실험하였다. 초기 MPP 전압은 18V이고 후에 20V로 급변 하였다가 다시 18V로 변할 때의 추종 능력에 대해서 실험을 진행하였다.

MPP 스텝 변화의 실험 결과는 그림 5와 같다. 18V의 MPP를 유지하다가 32초 후에 MPP 점을 20V로 급변 시켰다. 실험 파형을 보면 MPP 점이 20V 변화한 지점에서 바뀐 MPP 전압을 추종하는 것을 확인 하였다. 그 후 18V로 MPP 전압을 바꾸었을 때에도 바뀐 MPP 전압을 추종하는 것을 실험을 통해 확인 할 수 있었다.

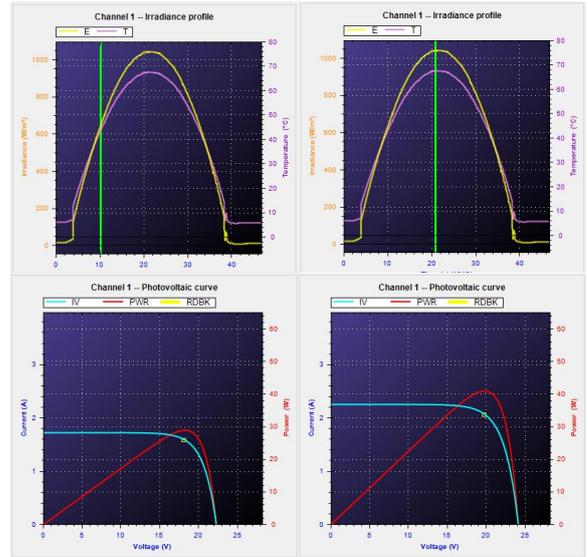


그림 4 MPP 스텝 변화를 위한 맑은 날씨 프로파일
Fig 4 Sunny day profile for irradiation step change

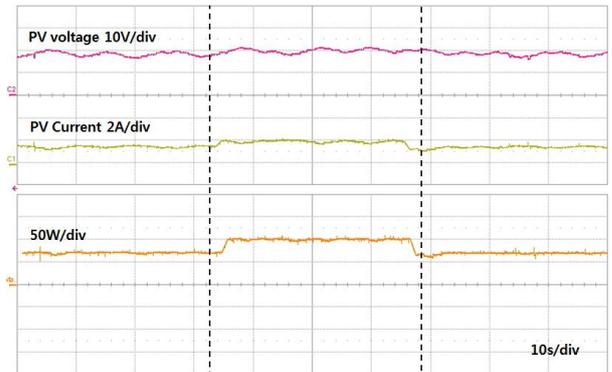


그림 5 MPP 스텝 변화시 추종파형
Fig 5 Tracking waveform on the step change of the MPP

3. 결론

본 논문에서는 지그비를 이용해 태양광 전력조절기의 전압을 원격 제어하여 최대 전력 점을 추종하는 것에 관하여 연구하였다. 실증실험결과 태양광 전력조절기의 전압을 원격제어 하여 MPP 전압을 추종하였을 시 50W의 일정한 PV 커브에서는 약 99.2%의 효율로 추종하는 것을 확인하였고, 스텝 변화를 통해 MPP 전압을 급격히 변화 시킨 경우 또한 변화한 MPP 전압을 추종하는 것을 확인하였다.

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

[1] Yang Hongxing. "Building-integrated photovoltaics for maximum power generation" Applied Electronics system-integration Technology Conference and Exposition. 2008. ESTC 2008. pp.39 - 44.

[2] Wahab, HA. Duke, M. "Studies of control strategies for Building Integrated Solar Energy System" Applied IEEE First Conference 2011. Clean Energy and Technology(CET) 2011. pp.342 - 347.