

## 계통연계형 태양광인버터의 PV Array 출력리플 저감을 위한 연구

김 희중<sup>1)</sup>, 정 용호<sup>2)</sup>, 이 기수<sup>3)</sup>, 전 영수<sup>4)</sup>

### Study for Reducing Ripples of the PV Array Output in Grid-Connected Photovoltaic Power System

Heejung Kim, Yongho Chung, Kisu Lee, Youngsoo Jon

**Key words** : PV System(태양광 시스템), PCU(전력변환기), MPPT(최대출력점추종), P&O(Perturbation and observation), PI Control(비례적분제어), PSCAD/EMTDC

**Abstract** : In the PV power system, output of the PV array must contain inherent ripples due to the single-phase inverter. So, the function of maximum power point tracking to increase the output efficiency of PV system is degraded. Therefore, to overcome this problem, this paper presents a control strategy for the reducing ripples of the PV array output in grid-connected photovoltaic power system.

The proposed control system consists of two loops; the maximum power point tracking loop using the perturbation and observation method is used to calculate the reference solar array terminal voltage(Vref) for reducing ripples of the PV array output and the PI control loop is used to regulate the solar array output voltage according to the Vref.

The performance of proposing control strategy is analyzed by means of the PSCAD/EMTDC simulation. As a result, we may obtain the high performance of the proposed control strategy.

#### subscrip

PV System : photovoltaic system  
PCU : power conditioner unit  
MPPT : maximum power point tracking  
P&O : perturbation and observation

### 1. 서 론

최근 화석에너지의 점진적인 고갈과 환경문제 등의 이유로 인해 신·재생에너지에 대한 사회적 관심과 이해가 급속도로 확산되어지고 있다.

이와 같은 신·재생에너지의 일환으로 각광받고 있는 태양에너지는 환경에 대한 오염이 적으며, 에너지원 또한 무한하기 때문에 대체 에너지로서 많은 관심과 연구가 진행되어 왔다.

일반적인 태양광 시스템은 태양에너지를 전기 에너지로 바꾸어주는 태양전지 어레이와 태양전지 어레이로부터 발생한 직류전력을 교류전력으로 바꾸어주는 PCU로 구성되어 있으며, 낮 시간 동안에 변동하는 일사량으로부터 최대의 전력을 생산하기 위해 PCU는 항상 최대전력점에서 운전하도록 제어된다. 그러나 단상 인버터로 구성된 태양광 시스템의 경우 태양전지 어레이 출력단에 항상 고유한 리플이 존재하게 되며, 이는 태양광 시스템의 전체적인 출력효율을 감소시키게 된다.<sup>(1)-(4)</sup>

- 
- 1) LS산전 중앙연구소 전력전자연구단  
E-mail : hjkim3@lisis.biz
  - 2) LS산전 중앙연구소 전력전자연구단  
E-mail : yhchung@lisis.biz
  - 3) LS산전 중앙연구소 전력전자연구단  
E-mail : kslee9@lisis.biz
  - 4) LS산전 중앙연구소 전력전자연구단  
E-mail : ysjon@lisis.biz

이를 해결하기 위해 기존에는 태양전지 어레이 출력단에 비교적 큰 커패시터를 두어 리플을 감소시켰으나, 이는 시스템 비용의 증가 및 제품의 소형·경량화에 적잖은 제약을 주게 된다.<sup>(5)</sup>

본 논문에서는 이러한 태양전지 어레이의 출력단 리플을 감소하기 위한 제어방식을 제안하였으며, PSCAD/EMTDC를 통해 이를 증명하였다.

## 2. 태양전지 어레이 출력단 리플

태양전지 출력단 리플은 커패시터 C1에 흐르는 전류파형으로부터 구할 수 있으며, 커패시터와 전하량의 변화분에 대한 곱은 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$C_1 \Delta Q_1 = \frac{T \Delta i_L}{8} \quad (1)$$

리플율은 다음 식(2)로 정의 할 수 있으며, 이에 근거해 일반적으로 태양전지 어레이의 출력리플이 크지 않도록 커패시터의 크기를 적절히 산정하게 된다.

$$\frac{\Delta V_a}{V_a} = \frac{DV_a}{8LC_1f^2} \quad (2)$$

## 3. 제어시스템 설계

태양광 시스템에서 태양전지로부터 최대출력을 얻기 위해서는 일사량과 주위 온도 등의 환경 조건에 따라 태양전지의 출력전압을 조절해야 한

다. 그러므로 태양광 시스템의 DC/DC 컨버터는 컨버터 출력전압이 아닌 컨버터 입력전압이 제어 대상이 된다.

본 논문에서는 이러한 DC/DC 컨버터의 최대출력점 추종을 위한 태양전지 어레이의 기준전압에 PI제어기를 두어 출력단 리플저감을 위한 기능을 추가하였다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 태양전지 어레이 출력단 리플 저감을 위한 제어 블록도를 보여준다.

### 3.1 MPPT 기법

태양전지는 일사량 및 주위온도와 같은 외부 환경조건에 따라 최대출력전압이 변하기 때문에 일정한 최대출력을 내기 위해서는 최대출력 제어 기법이 필요하게 된다. 본 논문에서는 구현이 용이하며, 태양전지 고유 커패시턴스에 의한 영향이 적은 P&O 방식을 사용하였으며, 그림 2는 일반적인 P&O 제어방식을 보여준다.

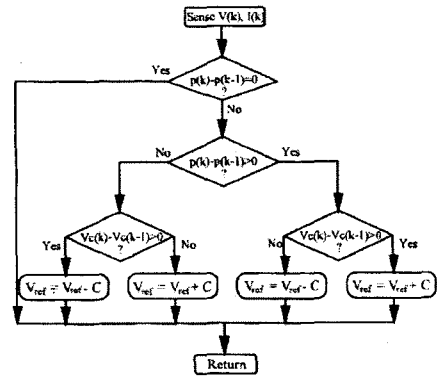


Fig. 2 P&O MPPT Method

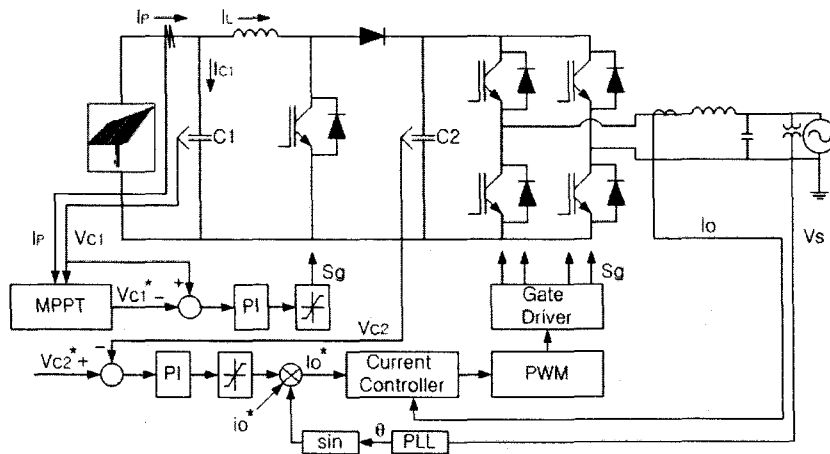


Fig. 1 Control block diagram for reducing the PV array output ripples

### 3.2 전압제어기

그림 1에서 태양전지 어레이의 출력단을 등가화시켜 식으로 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_1 \frac{dV_G}{dt} = -i_L + i_P \quad (3)$$

태양전지는 전류원의 특성을 가지고 있기 때문에, 실제로 태양전지의 출력전류는 일사량이나 온도의 영향을 받아 변동 하지만 이러한 변동속도 보다는 시스템의 제어 속도가 충분히 빠르므로 일사량에 의한 변동을 무시하면 시스템은 적분기로 모델링 된다.

$$G(s) = \frac{1}{sC_1} \quad (4)$$

태양전지 어레이의 출력전압을 제어하기 위해 PI제어기를 사용하면, 폐루프 전달함수는 다음과 같다.

$$\frac{V_G}{V_G^*} = \frac{k_{PI}s + k_I}{C_1s^2 + k_{PI}s + k_I} \quad (5)$$

### 4. 시뮬레이션

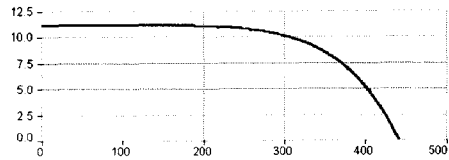
본 논문에서 제시한 제어방식의 타당성을 검증하기 위해 PSCAD/EMTDC를 이용한 시뮬레이션을 실시하였다.

그림 3은 시뮬레이션 모델을 보여주고 있으며, 시뮬레이션 모델은 태양전지 어레이와 DC/DC 컨버터, DC/AC 인버터, 제어블럭으로 구성되어 있다.

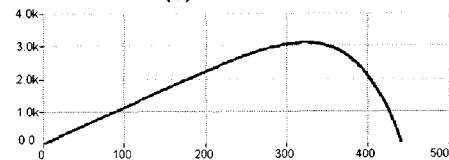
표1은 본 시뮬레이션에서 사용된 파라미터이며, 그림 4는 구성된 태양전지 어레이의 출력특성 곡선을 보여준다.

Table 1 Simulation parameters

전원전압	220V
태양전지 출력	3,000W
C1	940uF
DC L	2mH
C2	1880uF
Filter L	3mH
Filter C	4.7uF
DC/DC Converter fs	16kHz
DC/AC Inverter fs	8kHz



(a) V-I curve



(b) V-P curve

Fig. 4 PV array characteristic

그림 5는 시뮬레이션 결과를 보여준다. 그림 5(a)는 태양전지 어레이 출력단에 비교적 큰 용량의 4400uF 커패시터를 두어 MPPT제어를 수행한 결과를 보여준다. 이때의 출력단 전압리플률은 약 3.3%를 나타내었다.

그림 5(b)는 4400uF대신 940uF의 커패시터로 교체한 경우의 결과를 보여준다. 1.25초까지는 커패시터가 비교적 작게 설정되었기 때문에 MPPT만 수행하였을 경우 리플률이 약 10.2%를 나타낸다.

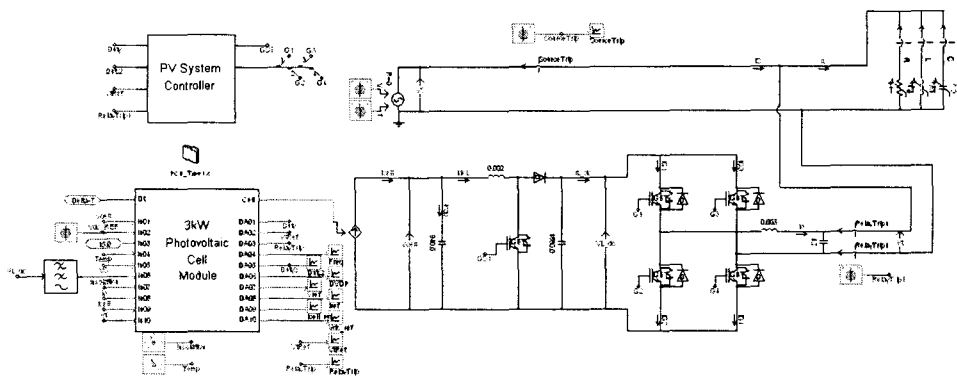


Fig. 3 Simulation model for PV system

그러나 1.25초 이후 제어를 투입하게 되면 태양 전지 어레이 출력전압이 기준전압을 추종함과 동시에 리플률이 약 3.5%까지 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

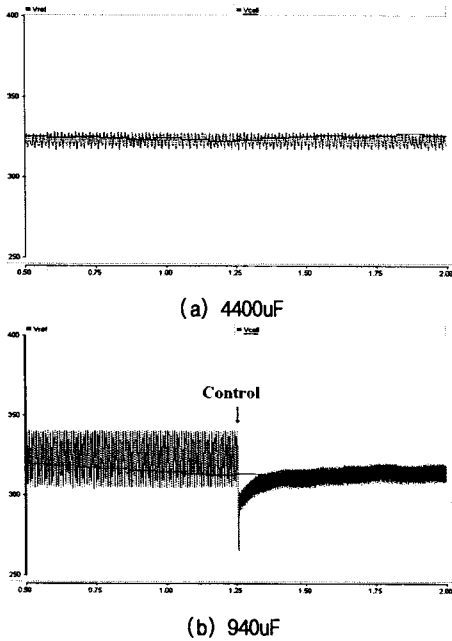


Fig. 5 Simulation results

## 5. 결론

본 논문에서는 태양광 시스템의 효율저하의 한 가지 원인으로 작용하는 태양전지 어레이 출력단 전압리플을 저감하기 위한 제어기법을 제시하였다. 제시된 제어기법은 기존의 MPPT출력단에 PI제어기를 두어 최대전력점 추종 및 전압리플 감소를 위해 DC/DC 컨버터의 시비율을 조절하게 된다. 본 제어기법은 PSCAD/EMTDC를 이용해 검증하였으며, 태양광 시스템의 효율향상에 기여할 것으로 본다.

## References

- [1] C.Hua, J.Lin and C.Chen, "Implementaion of a DSP-Controlled Photovoltaic System with Peak Power Tracking" Trans. of IEEE on Industrial Elec., vol 45, no 1, pp.99-107, 1998.
- [2] Kasa.N, Iida.T, Majumdar. G, "Robust control for maximum power point tracking in photovoltaic power system" Power Conversion Conference, 2002. PCC Osaka 2002. Proceedings of the Volume 2, 2-5 April 2002. pp. 827-832 vol.2
- [3] Matsui.M, Kitano.T,Dehong Xu, "A simple maximum photovoltaic power tracking technique utilizing system inherent limit

cycle phenomena" Industry Application Conference, 2003. 38th IAS Annual Meeting. Conference Record of the Volume 3, 12-16 Oct. 2003 pp.2041-2047 vol.3

- [4] N.Kasa, T.Iida, H.Iwamoto, "Maximum Power Point Tracking with Capacitor Identifier for Photovoltaic Power System" IEE Proceedings Electric Power Application, Vol.147, No.6, pp.497-502, 2000.
- [5] H.Yongji, L.Deheng, "A new method for optimal output of a solar cell array" in Proc. IEEE Int. Symp. Industrial Electronics, 1992, vol. 1, pp.456-459