

PV Output Sensorless(POS) MPPT법이 적용된 3상 계통연계형 태양광 발전시스템의 특성해석

박상수*, 김경훈*, 김상용*, 장성재*, 서효룡*, 박민원*, 유인근*
 창원대학교*

The characteristic analysis of POS (PV Output Sensorless) MPPT based 3 phase grid connected PV system

Sang-Soo Park*, Gyeong-Hun Kim*, Sang-Yong Kim*, Seong-Jae Jang*, Hyo-Ryong Seo*, Minwon Park*, In-Keun Yu*
 Changwon national University*

Abstract - Photovoltaic (PV) power generation system has been widely studied as a clean and renewable power source. The purpose of this study is to keep the output power of photovoltaic cells maximum under any weather conditions. There are so many MPPT (Maximum Power Point Tracking) methods. P&O method has been used as a key MPPT method, both voltage and current coming out from PV array have to be feedback in the method. Thus, the system has a complex structure, and may fail to track MPP of PV array when unexpected weather conditions happen. In order to reduce the feedback components, POS MPPT control method was proposed by the authors. In this paper, the authors apply the POS MPPT control method to three phase PCS system. And the effectiveness of the proposed control scheme is demonstrated through PSCAD/EMTDC simulation.

1. 서 론

태양전지를 이용한 전력시스템은 최근 무한 에너지 생산성, 그리고 깨끗한 에너지원 등의 특징으로 인해 전력에너지 연구자들의 관심을 지속적으로 모으고 있다. 본 연구의 기본적인 배경이 되는 태양광 발전은 기상조건의 변화에 따라 전력량을 항상 최대로 추정하는 최대전력 추종제어와 함께 전력의 품질과 시스템의 안정성을 개선하는 것이 중요한 요소이다. 이에 필자는 태양광 패널의 출력 전압 및 전류의 피드백(Feedback)이 전혀 필요 없는 획기적이고 높은 안정성과 효율성 및 경제성을 바탕으로 한 새로운 최대 전력점 추종(MPPT) 제어법을 제안하였다. 지난 논문들에서 DC-DC 컨버터, 단상 DC-AC 컨버터를 이용하여 POS 알고리즘이 적용된다는 것을 증명하였고[1, 2], 본 논문에서는 3상 DC-AC 컨버터에서도 POS MPPT 제어법이 적용될 수 있다는 것을 시뮬레이션을 통하여 증명하였다.

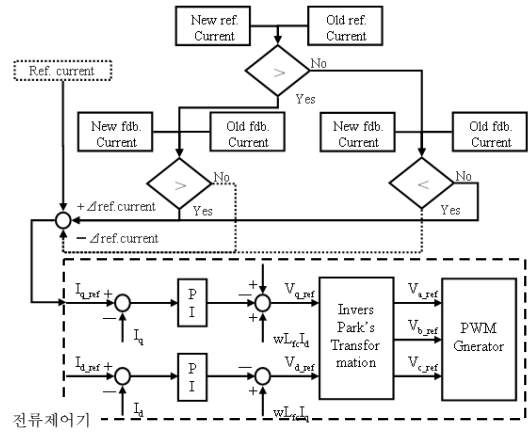
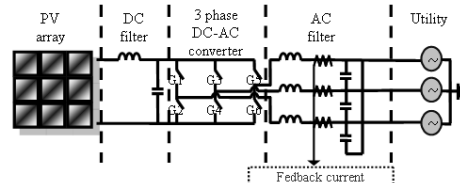
2. PV Output Senseless 제어법 (POS법)

2.1 기존의 MPPT 제어법

기존의 최대 전력점 추종(MPPT) 제어법은 크게 전력비교법(P&O)과 일정한전압제어를 이용한 방식으로 나눌 수 있다. 첫째, 가장 일반적으로 쓰이고 있는 전력비교법은 태양광 셀의 출력전압과 전류를 모두 피드백 받아 전력의 최대점을 추종하여 항상 최대의 출력을 추종하는 방식이다. 그러나 이 제어법은 제어 알고리즘이 복잡하고 이로 인한 최대 전력점 추종제어의 실패의 위험이 크다. 반면, 일정한전압제어는 태양광 셀의 출력전압만을 피드백 받음으로써 제어 알고리즘을 단순화하여 추종제어실패의 위험성을 최소화하였고 제어의 안정성을 극대화 하였다. 그러나 태양광 셀의 출력전압이 고정되어 있어 항상 최적의 출력을 내지 못하는 결점이 있다[3]. 본 논문에서는 예측할 수 없는 기상조건하에서 항상 최대 출력을 유지하면서 단지 하나의 PCS 출력 전류 피드백요소만을 고려하여 추종제어의 안정성 또한 갖춘 새로운 MPPT 제어법을 제안하게 되었다.

2.2 제안된 POS MPPT 제어법

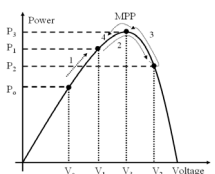
그림 1(a)는 제안된 POS MPPT 제어법(PV Output Senseless MPPT Control)의 알고리즘을 나타낸 것이다. 본 논문에서 제안된 제어법은 부하에 관계없이 전력변환장치에 유입되는 전력이 최대가 되면 출력되는 전력 역시 최대가 되는 기본적인 물리적 원리가 성립하는 모든 시스템에서 적용 가능하다. 부하로 유입되는 전력이 공급전력에 비례하여 증가한다면 부하전력(P)은 전압(V)과 전류(I)의 곱과 같으므로 부하에 유입되는 전류(I)도 증가하여 P성분과 I성분을 동일시 할 수 있다. 그러면, 태양광 셀의 출력이 최대가 될 때 부하전류(I)도 최대가 된다[2]. 이에 대한 자세한 제어원리 및 방법은 그림 1(b)와 1(c)에 잘 나타나있다.



(a) 제어 알고리즘

Track	Duty ratio	I	ΔDuty
1(V ₀ →V ₁)	(-)	(+)	(-)
2(V ₁ →V ₂)	(-)	(-)	(+)
3(V ₂ →V ₃)	(+)	(+)	(+)
4(V ₃ →V ₁)	(+)	(-)	(-)

(b) 증감비교표



(c) PV 곡선

<그림 1> POS MPPT 제어법의 알고리즘 및 제어방법

과정 1(Track1)에서 만약 Duty ratio가 감소하면 전류 I는 증가하고 ΔDuty의 부호는 음(-)이 된다. 이는 과정 2에서의 Duty ratio가 감소하는 것을 의미한다. 과정 2에서 Duty ratio가 감소하면 전류 I가 감소하게 되고 ΔDuty의 부호는 양(+)이 된다. 그러면, 과정 3의 Duty ratio는 증가하게 되고 과정 3에서 Duty ratio가 증가하면 전류도 증가하며 ΔDuty의 부호는 양(+)이 된다. 결국, 과정 4의 Duty ratio는 증가하게 된다. 이 4가지의 과정을 반복하게 되고 결국 항상 최대 전력점 위에서 동작하게 된다. 즉, 부하전류 하나만 피드백 받음으로써 태양광 셀의 출력을 최대로 제어할 수 있는 것이다. 여기서 정해진 기준 전류를 전류제어기가 추종하여 제어루프를 형성한다.

또한 본 논문은 간단한 전류제어기를 사용하여 d축 및 q축 전류의 크기를 조정하여 유효전력 및 무효전력을 제어한다.

$$V_d = Ri_d + L \frac{di_d}{dt} - wLi_q + E_d \quad (1)$$

$$V_q = Ri_q + L \frac{di_q}{dt} - wLi_d + E_q \quad (2)$$

계통 연계형 인버터에서는 인버터가 선로 저항과 연계 리액터를 통하여 계통전원에 연결된 회로로 표현할 수 있고, 이를 Park's 변환시키면 식 (1)과 (2)를 얻을 수 있다. 위의 식들을 이용하여 그림 1(a)에서와 같이 전류제어기를 구현할 수 있다.

<표 1> 모의된 PV 시스템의 구체적인 사양

Power	V _{oc} at 25°C	I _{sc} at 1.0kW/m ²	V _{op}	Connection
18kW	872[V]	33.25[A]	650[V]	40*7

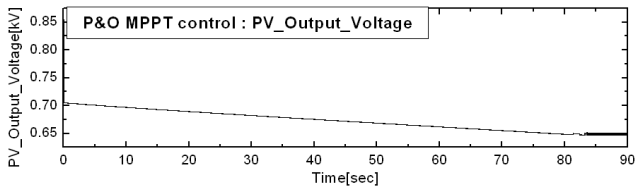
<표 2> 모의된 PCS의 구체적인 사양

L _{dc}	L _{ac}	C _{dc}	C _{ac}	G1, G2, G3, G4, G5, G6	Utility
0.8mH	5mH	10000μF	5μF	IGBT	380V 60Hz

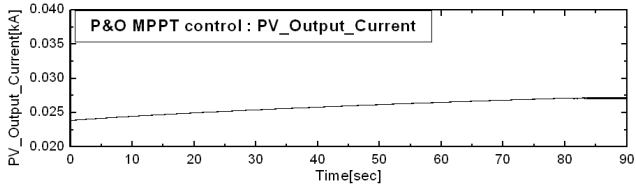
위의 표 1과 2는 회로도에 맞게 구성된 PV 어레이(array)의 구체적인 사양과 모의된 PCS의 사양을 나타내고 있다.

3. 시뮬레이션 결과 및 운전특성 분석

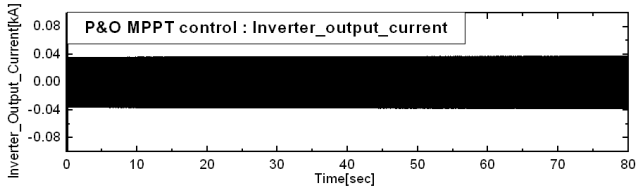
그림 2는 P&O MPPT 제어법의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 시간의 흐름에 따라 태양광 출력측의 전압(그림 2(a))은 최대 전력점에서의 전압값(650V)에서 운전되고, 전류(그림 2(b))도 최대 전력점에서의 전류값(27A)에서 운전되는 것을 볼 수 있다. 그리고 계통으로 흘러가는 전류(그림 2(c))도 최대가 되는 것을 볼 수 있다. 또한 V-P 특성 그래프(그림 2(d))에서도 최대 출력점을 추종하는 것을 볼 수 있다.



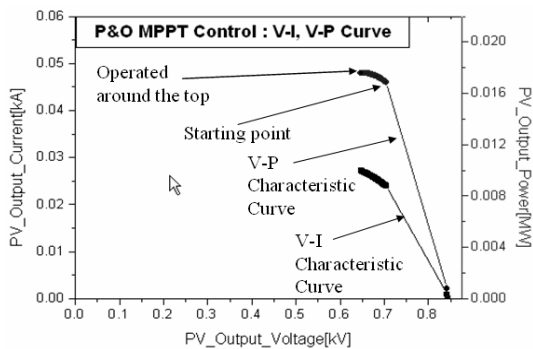
(a) 태양광 출력 전압



(b) 태양광 출력 전류



(c) PCS 출력 전류



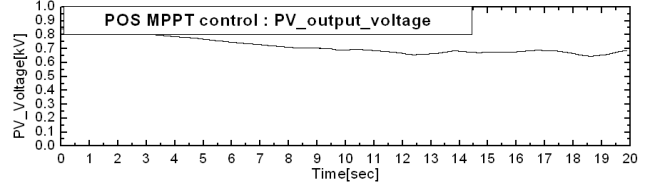
(d) 전압 전력 특성 곡선

<그림 2> P&O MPPT 제어법의 태양광 출력 특성

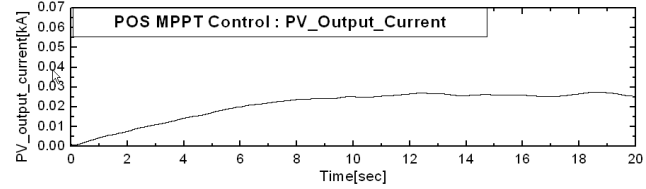
그림 3은 POS MPPT 제어법이 기존의 MPPT 제어법과 동일하게 특정한 기상 조건 하에서 이론적인 태양광 출력 특성 곡선을 따라 최대 출력을 추종하는 것을 보여준다. 또한 기존의 제어법과는 달리 제어 알고리즘이 복잡하지 않기 때문에 예상치 못한 기상 조건 변화 시에도 최대 출력 추종 제어 실패 확률이 적어지고 시스템이 안정화 된다.

이 두 제어법의 결과들을 통하여 두 가지의 MPPT 제어법이 동일한 최대 전력점에서 운전이 되는 결과를 볼 수 있다. 게다가 동일한 출력에서 각 제어에 따른 피드백 성분들을 비교해 보면 P&O MPPT 제어법에 비해 POS MPPT 제어법은 컨버터의 출력 전류 즉, 부하로 유입되는 전

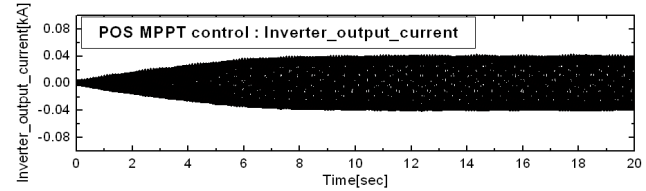
류 성분 하나만을 피드백 받아서 최대 출력점을 추종하므로 경제적으로 이득이 된다.



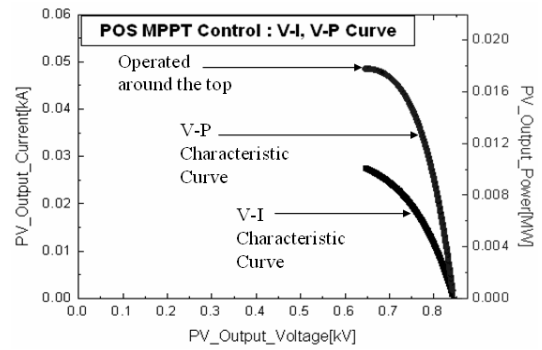
(a) 태양광 출력 전압



(b) 태양광 출력 전류



(c) PCS 출력 전류



(d) 전압 전력 특성 곡선

<그림 3> POS MPPT 제어법의 태양광 출력 특성

4. 결 론

본 논문에서 DC-DC 컨버터와 단상 DC-AC 컨버터를 이용하였을 때 뿐만 아니라 3상 DC-AC 컨버터를 이용하였을 때에도 PV Output Senseless MPPT 제어 알고리즘이 적용되는 것을 알 수 있다. 또한 기존의 MPPT 출력 특성과 동일한 태양광 최대출력 제어가 가능하다는 것을 알 수 있었다. 본 연구결과를 통해 태양광 발전시스템에서 제어 시 고려해야 할 요소를 부하로 유입되는 전류 하나로 줄임으로써 태양광 셀의 추종제어의 효율성 및 경제성을 극대화 할 수 있는 계기를 마련하였다. 향후, 저자들은 3상 PCS 상용화를 위한 시스템 업그레이드를 할 것이고, 실험을 통하여 POS MPPT 제어법을 증명하고 시뮬레이션 결과와 비교할 것이다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부·지식경제부·노동부의 출연금으로 수행한 산학협력 중심대학 육성사업과 분산전원의 미래형 배전망 적용 기술개발 지원 사업에 의해서 수행된 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

[1] 최중호, 이동한, 김중현, 박민원, 유인근, "PV Output Senseless Control의 제안 및 운전특성 분석", KIEE 제37회 하계학술대회, Vol.B, pp.1157-1158, July 2006.
 [2] 이석주, 박해용, 김경훈, 서효룡, 박민원, 유인근, "PV Output Senseless (POS) MPPT 제어법이 적용된 단상 PCS 개발 및 운전특성 분석", KIEE 제38회 하계학술대회, pp.226-227, July 2007.
 [3] T. Kawamura et al. "Analysis of MPPT Characteristics in Photovoltaic Power System", Journal, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol.47, pp.155-165, 1997.