PV Output Senseless MPPT Control의 제안 및 운전특성 분석

최종호*, 이동한*, 김종현*, 김재호*, 박민원*, 유인근*
창원대학교*

Operational Characteristic Analysis and Proposal of Senseless MPPT Control Scheme for PV Generation System

Jong-ho Choi*, Donghan Lee*, Jonghyun Kim*, Jae-Ho Kim*, Minwon Park*, In-Keun Yu*
Changwon National University*

Abstract - The key of this study is the technical development to maximize electric energy production through PV generation system. Under a conventional MPPT control method, both input voltage and input current coming out from PV array had to be feed backed. Then, the system has complex structure and may fail to track Maximum Power Point of PV array when weather conditions changed urgently. A PV output senseless MPPT control for PV generation system is possible to solve the mentioned above. The best advantage is that the current flowing into load is the only one considerable factor. In case of a huge photovoltaic generation system, it can be operated much more safely than a conventional system.

In this paper, a novel PV output senseless MPPT control for the PV generation system was proposed and applied to the manufactured system and the experimental results were shown. Authors are sure that it is the most useful method to maximize power from photovoltaic system with only a feedback of load current.

1. 서 론

최근 에너지자원의 이용증가와 매장된 에너지자원의 한계성으로 인하여 대체에너지 자원 중의 하나로써 태양에너지를 이용한 전기에너지의 생산 메커니즘(PV Generation System)에 관한 연구·개발이 활발히 추진되고 있다. 태양광발전은 깨끗하고 안전하며, 연료의 수송, 운전 및 보수가 불필요한 에너지자원으로써 무한정으로 전기를 얻을 수 있는 미래의 에너지원이다.

태양광 발전시스템의 출력특성은 일사량과 표면온도 및 태양전지 제조업체마다 일정하지 않고 매순간 변화하기 때문에 태양전지에서 항상 최대출력을 얻기 위해 MPPT(Maximum Power Point Tracking)제어는 반드시 필요하다. 이에 필자는 태양광 패널의 출력 전압 및 전류의 Feeedback이 전혀 필요 없는 확기적이고 높은 안정성과 효율성 및 경제성을 바탕으로 한 새로운 MPPT 제어법을 제안하였고 이에 대한 실험결과를 기존의 MPPT 제어법과 비교분석하여 나타내었다. [1]

2. PV Output Senseless MPPT 제어법

태양광 발전시스템은 전압과 전류가 반비례하는 V-I 특성그래프를 가지며 항상 최적의 출력을 내기 위해 전력변환장치(Converter system)를 이용한 PWM 제어가 필수적이다.

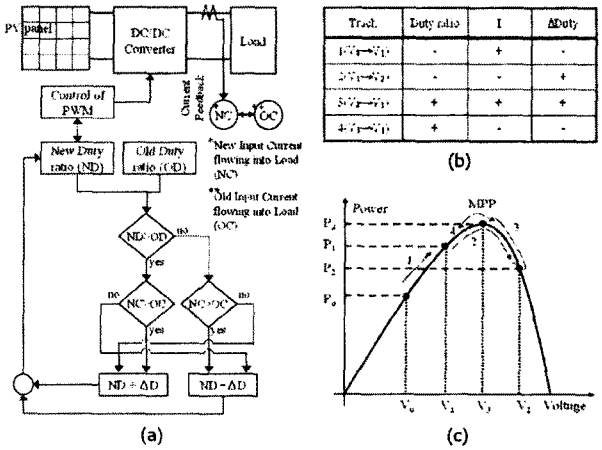
2.1 기존의 MPPT 제어법

기존의 MPPT 제어법 중 크게 전력비교법과 일정전압제어를 이용한 방식으로 나눌 수 있다. 첫째, 전력비교법은 태양광 셀의 출력전압과 전류를 모두 피드백 받아 전력의 최대점을 추종하여 항상 최대의 출력을 추종하는 방식이다. 그러나 이 제어법은 제어 알고리즘이 복잡하고 이로 인한 추종제어의 실패의 위험이 크다. 반면, 일정전압제어는 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. 이처럼, 기존의 MPPT 제어법은 각각 제어법에 대한 특정한 결점을 가지고 있는 것이 사실이다. 이에 필자는 예측할 수 없는 기상조건하에서 항상 최대 출력을 유지하면서 단지 하나의 피드백요소만을 고려하여 추종제어의 안정성 또한 갖춘 새로운 MPPT 제어법을 제안하게 되었다. [2-5]

2.2 제안된 PV Output Senseless MPPT 제어법

그림 1의 (a)는 제안된 POSC 기법(PV Output Senseless MPPT Control)의 알고리즘을 나타낸 것이다. 이 제어법은 이전 논문에서 제안된 최대입력전류제어법과 같은 제어 알고리즘으로 그 명칭을 바꾸어 제시하였다. 기존의 제어법은 PV-SPE(전류의존성 가변부하) 시스템에서만 적용 가능하였으나 본 논문에서 제안된 제어법은 부하에 관계없이 전력변환장치의 입력으로 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 P 성분과 I성분을 동일시 할 수 있다. 그러면, 태양광 셀의 출력이 최대가 될 때 부하전류(I)도 최대가 된다. 이에 대한 자세한 제어원리 및 방법은 그림 1의 (b)와 (c)에 잘 나타나있다.



<그림 1> PV Output Senseless MPPT 제어법의 알고리즘 및 제어방법

과정1(Track1)에서 만약 Duty ratio가 감소하면 전류I는 증가하고 ΔDuty의 부호는 음(-)이 된다. 이는 과정2에서의 Duty ratio가 감소하는 것을 의미한다. 과정2에서 Duty ratio가 감소하면 전류 I가 감소하게 되고 ΔDuty의 부호는 양(+)이 된다. 그러면, 과정3의 Duty ratio는 증가하게 되고 과정3에서 Duty ratio가 증가하면 전류도 증가하며 ΔDuty의 부호는 양(+)이 된다. 결국, 과정4의 Duty ratio는 증가하게 된다. 이 4가지의 과정을 반복하게 되고 결국 항상 최대전력점 위에서 동작하게 된다. 즉, 부하전류 하나만 피드백 받음으로써 태양광 셀의 출력을 최대로 제어할 수 있는 것이다.

3. 실험 결과 및 운전특성 분석

3.1 제작된 태양광발전시스템

표 1은 실험에 사용된 PV array의 기본적인 사양을 나타낸다. 실험에 사용된 PV array는 150[W]급의 모듈 두개가 직렬 연결되어 300[W]급으로 6층 높이의 건물 옥상에 설치되어 있다.

<표 1> 설치된 PV System의 구체적인 사양

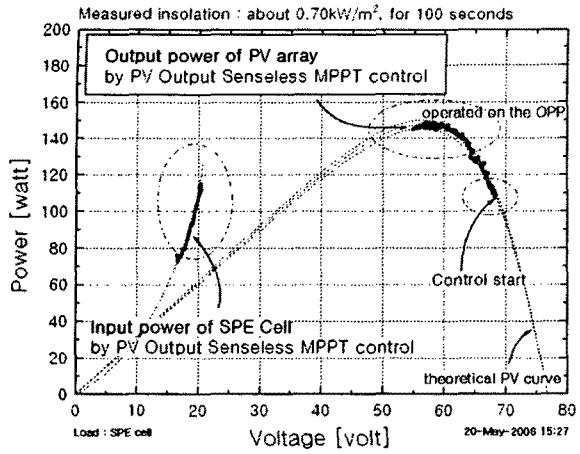
Power	V_{oc} at 25℃	I_{sc} at 1.0kW/m^2	V_{op}	Connection
300W	87.8[V]	5.23[A]	70[V]	2*1

3.2 실험결과 및 비교분석

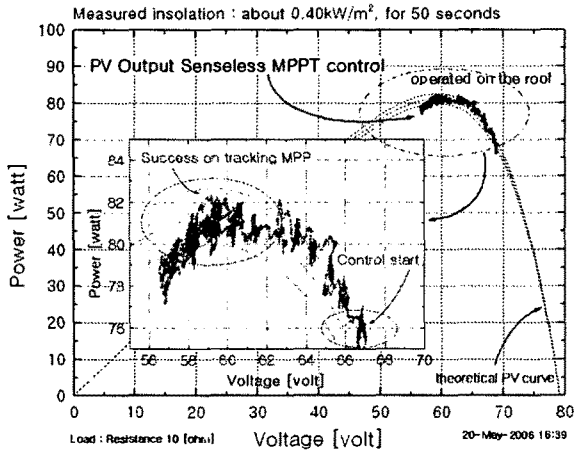
본 논문에서는 PV Output Senseless MPPT 제어법을 제작된 실제 PV generation 시스템에 적용하여 제안된 제어법에 의한 동작특성의 우수성을 실제 실험결과를 통해 증명하고자 한다. 먼저, 서로 다른 두 종류의 부하(SPE 셀, 정저항 부하(10[Ω]))에서 POSC 제어기법의 운전특성에 관한 실험결과를 나타내었고 기존의 MPPT 제어법과 비교하여 POSC 제어기법의 우수성을 나타내었다.

3.2.1 서로 다른 부하에서 POSC 제어법의 운전

태양광 셀의 특성방정식을 이용하여 이론적인 P-V 특성곡선을 함께 나타내었다. 그림 2와 그림 3은 전력변환장치의 출력단의 부하가 다를 때 이론적인 PV 특성곡선 위에서 제안된 POSC 제어법에 의한 태양광 셀의 출력특성을 나타낸다. 기존의 전류의존성 가변부하 뿐 아니라 정저항 부하일 때에도 제어가 시작된 이후 제어 알고리즘에 의해 최대출력점을 추종하는 것을 알 수 있다.



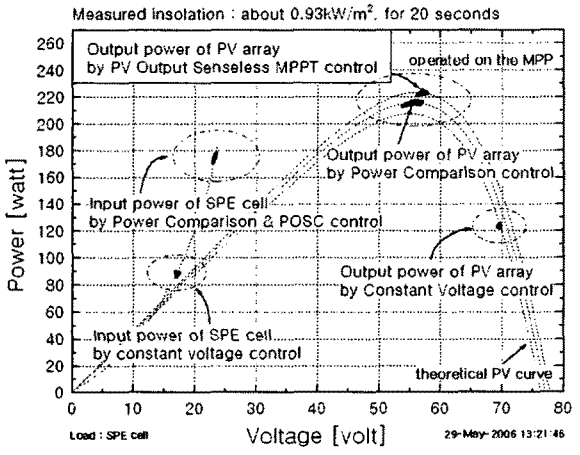
<그림 2> 이론적인 PV 특성곡선위의 POSC 제어법에 의한 태양광 셀의 출력전력 및 부하의 입력전력 (전류의존성 부하)



<그림 3> 이론적인 PV 특성곡선위의 POSC 제어법에 의한 태양광 셀의 최대전력점 추종 (정저항 부하)

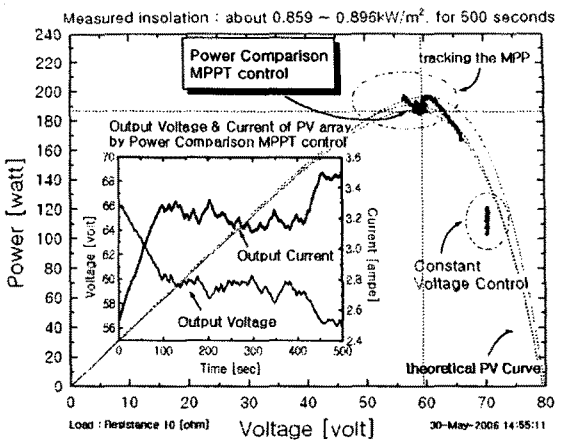
3.2.2 POSC 제어법과 다른 MPPT 제어법의 비교 운전특성

부하가 전류의존성 가변저항일 때, 기존의 MPPT제어법과 제안된 PV Output Senseless MPPT 제어법에 의한 태양광 셀의 20초 동안의 출력특성을 그림 4에 나타내었다.

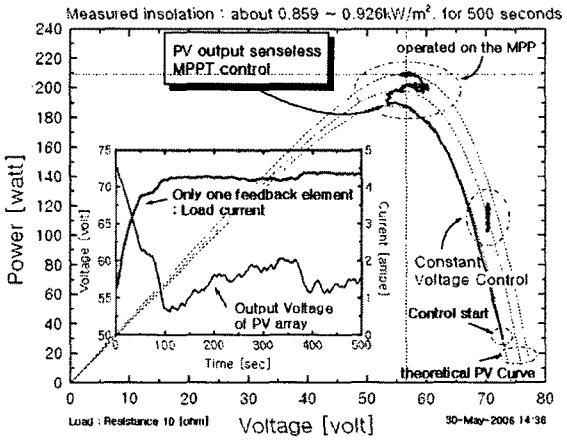


<그림 4> 이론적인 PV 특성곡선위의 서로 다른 MPPT제어법에 의한 PV array의 단시간 출력특성 (전류의존성 부하)

그림 5는 부하가 10[Ω]의 정저항일 때, 기존의 전력비교법과 일정전압제어에 따른 태양광 셀의 500초 동안의 출력특성을 나타내고 그림 6은 제안된 POSC 제어법에 의한 PV array의 500초 동안의 출력특성을 나타낸다. 매 순간 일사량과 표면온도에 따라 항상 태양광 셀의 최대출력점은 변화하므로 어느 특정 전압에서 최대출력을 가지는 것은 아니다. 제안된 제어법과 기존의 전력비교법은 매 순간 최대전력점을 추종하고 있는 것을 알 수 있으며 일정전압제어에 의한 태양광 셀의 출력보다는 훨씬 높은 출력을 내는 것을 알 수 있다.



<그림 5> 이론적인 PV 특성곡선위의 기존의 MPPT 제어법에 의한 PV array의 장시간 출력특성 (정저항 부하)



<그림 6> 이론적인 PV 특성곡선위의 POSC 제어법에 의한 PV array의 장시간 출력특성 (정저항 부하)

4. 결 론

POSC 기법이 전류의존성 부하에서 동작하는 것을 확인한 후 계속적인 실험과 연구를 통해 부하의 종류에 관계없이 적용할 수 있다는 결론을 얻었다. 이에 본 논문에서는 정저항 부하를 연결하여 이 알고리즘을 적용했을 때에도 항상 최대출력점을 추종한다는 연구 결과를 나타냈다. 즉, PV Output Senseless MPPT 제어법은 PV array의 출력이 최대가 될 때 부하에 입력되는 전력 역시 최대가 되는 조건하에서는 항상 최적점을 추종할 수 있다. 본 연구결과를 통해 태양광 발전시스템에서 제어 시 고려해야할 요소를 부하로 유입되는 전류 하나로 줄임으로써 태양광 셀의 추종제어의 효율성 및 경제성을 극대화 할 수 있는 계기를 마련하였다. 또한, 기존의 MPPT 제어법 중 전력비교법과 그 출력특성이 일치하는 등 제어의 우수성도 증명하였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01 -03)의 지원에 의하여 수행된 것임.

[참 고 문 헌]

[1] 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

[2] J.Chou, Y.Makino, Y.Hukuda, A.Danaka, E.Taniguchi, "A Study on the Constant Voltage Control of Photovoltaic Generation", 1993 National Convention Record IEEJ, 588, pp.5(161-162)

[3] M.J.Case, J.J. Schoeman, "A minimum component photovoltaic array maximum power point tracker", Vector on Automation Products and systems, pp.8-11, June, 1999

[4] Martin A. Green, "Solar Cells Operating Principles, Technology, and System Applications", 1982 by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 0763

[5] Min-Won Park, In-Keun Yu, "Photovoltaic Generation System Simulation using Real Field Weather Conditions", Journal of IKEEE, Vol. 5, No. 2, 2001.