

# VS-PO 방법을 이용한 태양광 발전의 MPPT 제어

(MPPT Control of Photovoltaic using VS-PO Method)

고재섭\* · 정동화\*\*

(Jae-Sub Ko · Dong-Hwa Chung)

## Abstract

A I-V and P-V characteristic of solar cell is changed to nonlinear by radiation and temperature. Therefore, to use efficiently PV system, operating point of PV system is must operate at maximum power point always. A performance of conventional the PO and the IC method is depend on the step size. So it has weakness which is must select optimal step size. Also, MPPT control applying PI and fuzzy control is not expected satisfactory performance, because of PI controller has fixed gain and fuzzy control has cumulative error by an integral calculus. Therefore, this paper proposes the VS-PO(Variable Stepsize - Perturbation & Observation) MPPT control that is automatically adjusted the step size according to the operating conditions. The VS-PO MPPT method proposed in this paper analyzes control characteristic about condition of radiation and compares with conventional methods. The validity of this paper proves using this results.

Key Words : PV system, MPPT, PO, Variable Step Size

## 1. 서 론

전 세계적으로 산업의 고도성장으로 인하여 에너지 사용이 급증하고 있으며 이에 따라 주요 에너지원인 화석연료의 소비량도 증가하고 있다. 이러한 화석연

료는 자원이 유한성을 가지고 있으며 지구온난화, 온실 효과, 오존층 파괴 산성비 등의 환경 문제를 일으키는 주요 원인이 되고 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 대체에너지 및 신재생에너지 개발에 대한 관심이 급증하고 있다[1-3]. 태양에너지는 친환경적이고 무한한 에너지원이며 또한 태양광 발전 시스템은 발전을 위한 별도의 구동부가 필요 없고 소음이 없으며 유지비가 적게 든다는 장점을 가지고 있다. 이러한 태양광발전 시스템의 출력 효율을 높이기 위하여 MPPT 제어를 이용하고 있다.

태양광 발전의 최대전력점은 일사량과 온도에 따라서 변화한다. 이러한 최대전력점을 찾기 위한 종래의

\* Main author : Dept. of Electrical Control Engineering, Suncheon National University, Korea  
\*\* Corresponding author : Dept. of Electrical Control Engineering, Suncheon National University, Korea  
Tel : 061-750-3543, Fax : 061-750-3540  
E-mail : hwa777@suncheon.ac.kr  
Received : 2014. 9. 23  
Accepted : 2015. 2. 9

방식으로는 PO와 IC방식 등이 있다[4-6]. 그러나 이러한 방식들은 고정된 스텝 크기를 가지고 있기 때문에 과도상태와 정상상태에서의 응답특성을 모두 만족시키는데 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 P-V 곡선에서 전력의 변화가 최대전력점에 가까울수록 줄어드는 특성을 이용하여 PO MPPT 방법에 사용되는 스텝크기를 자동으로 조절할 수 있는 VS-PO 방법을 제시한다. 본 논문에서 제시한 방식은 종래의 PO 및 IC 방식과 비교를 통해 타당성을 입증한다.

## 2. 태양전지 모델링

그림 1은 태양전지의 등가회로를 나타내며, 태양전지의 출력전류에 대한 식은 다음 등가회로를 기반으로 식 (1)~(2)와 같이 나타낼 수 있다.

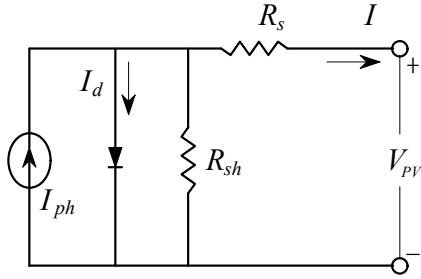


그림 1. 태양전지의 등가회로  
Fig. 1. Equivalent circuit of solar cell

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad (1)$$

$$I = I_{ph} - I_d - \frac{(V_{PV} + R_s I)}{R_{sh}} \quad (2)$$

광전류  $I_{ph}$  는 일사량과 온도에 따라 변화되며 다음 식과 같다.

$$I_{ph} = [I_{sc} + I_i(T_c - T_r)] \frac{S}{S_{ref}} = [I_{sc} + I_i(T_c - T_r)] S_N \quad (3)$$

다이오드 전류를 쇼클리 방정식에 의해서 정리하면 다음 식과 같다[7-8].

$$I_d = I_o \left[ \exp\left(\frac{q(V_{PV} + IR_s)}{kT}\right) - 1 \right] \approx I_o \left[ \exp\left(\frac{q(V_{PV} + IR_s)}{kT}\right) \right] \quad (4)$$

$$I_o = I_{o,ref} \left[ \frac{T_c}{T_r} \right]^3 \left[ \exp\left(\frac{qE_g}{Bk} \left( \frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_c} \right) \right) \right] \quad (5)$$

식 (4)를 식 (2)에 대입하여 정리한 부하전류는 다음 식과 같다.

$$I = I_{ph} - I_o \left[ \exp\left(\frac{q(V_{PV} + IR_s)}{kT}\right) - 1 \right] - \frac{V_{PV} + IR_s}{R_{sh}} \quad (6)$$

여기서  $S$  는 일사량,  $S_{ref}$  는 기준 일사량,  $S_N$  은 단위 일사량,  $I$  는 PV 모듈 전류,  $I_{o,ref}$  는 STC(Standard Test Condition)에서 다이오드 역 포화전류,  $I_i$  는 단락전류 온도계수[A/K],  $I_d$  는 다이오드 전류,  $R_s$  는 직렬저항,  $R_{sh}$  는 병렬저항,  $I_o$  는 역 포화 전류,  $T_c$  는 태양전지 온도[K],  $T_r$  은 태양전지 기준온도[K],  $B$  는 제조상수,  $E_g$  는 에너지 밴드 갭[eV],  $q$  는 쿨롱 상수(1.60218E-19)[C]와  $k$  는 볼츠만 상수(1.38066E-23)[J/K]를 의미한다.

## 3. MPPT 제어 알고리즘

### 3.1 PO MPPT 제어 알고리즘

PO 방법은 태양전지의 전압을 주기적으로 증가 또는 감소시킴으로써 최대 전력점을 추적하는 방법으로 가장 많이 이용되고 있다. PO 방법의 동작 상태는 그림 2와 같이 4가지로 구분할 수 있다. 그림 2 (a)는  $\Delta P_{PV} > 0, \Delta V_{PV} > 0$  그림 2 (b)는  $\Delta P_{PV} > 0, \Delta V_{PV} < 0$  그림 2 (c)는  $\Delta P_{PV} < 0, \Delta V_{PV} > 0$  그림 2 (d)는  $\Delta P_{PV} < 0, \Delta V_{PV} < 0$  인 경우이다.

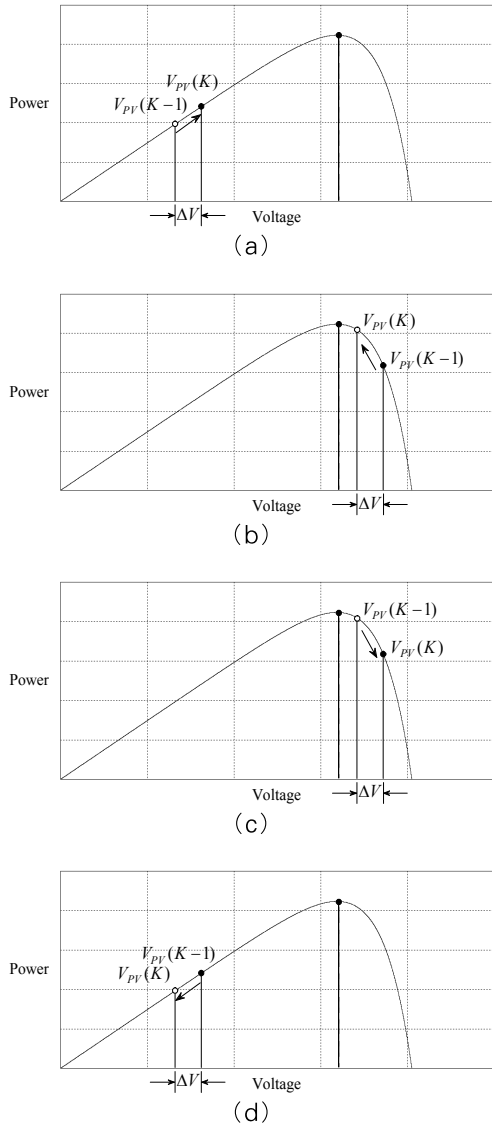


그림 2. 동작점 변위의 다양한 경우  
Fig. 2. Various cases of displacement of operating point

표 1은 전력과 전압의 상태에 따른 제어동작을 나타낸다.

그러나 PO 방법은 최대 전력점에 도달하였을 때를 고려하지 않기 때문에 정상상태에서 자려 진동한다. 그 결과 PV 시스템에 손실이 발생하게 된다. 또한 환경조건이 급변하는 경우에는 최대 전력점에서 벗어나게 되며, 이는 환경 조건이 안정될 때까지 계속된다.

그림 4는 급변하는 환경 조건에서 PO 방법의 동작 상태를 나타낸다. 처음 동작점이 Curve 3의 A1과 A2에서 자려 진동하고 있을 때 일사량이 증가한다고 가정하면 PO 방법은 전력이 증가하였으므로 섭동 방향을 유지하게 된다. 따라서 일사량이 느리게 변화하거나 일정해질 때까지 최대 전력점에서 벗어나게 된다.

표 1. 다양한 동작점에 대한 제어 동작의 개요  
Table 1. Summary of control action for various operating point

Case	$\Delta V_{PV}$	$\Delta P_{PV}$	Tracking direction	D : Duty cycle control action
1	+	+	Good direction	Increase $D(k) = D(k-1) + \Delta D$
2	-	+	Good direction	Decrease $D(k) = D(k-1) - \Delta D$
3	+	-	Bad direction	Decrease $D(k) = D(k-1) - \Delta D$
4	-	-	Bad direction	Increase $D(k) = D(k-1) + \Delta D$

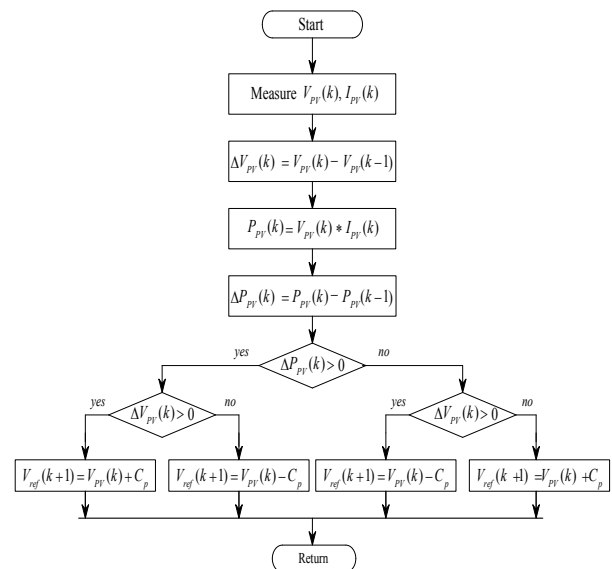


그림 3. PO 방법의 제어 알고리즘  
Fig. 3. Control Algorithm of PO method

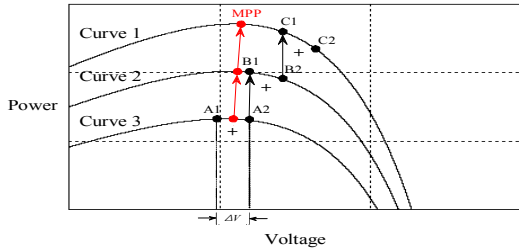


그림 4. 급변하는 환경 조건에서의 동작 상태  
Fig. 4. Operation state under rapidly changing environment condition

### 3.2 VS-PO MPPT 제어 알고리즘

종래의 고정된 스텝 크기를 가지는 MPPT 방식은 스텝 크기에 따라서 MPPT 성능이 좌우된다. 큰 스텝 크기는 추적속도는 향상되지만 추적의 정확도가 낮아지며 작은 스텝 크기는 추적의 정확도는 높지만 추적 속도가 느려지는 단점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 고정된 스텝 크기를 가진 MPPT 방식의 문제점을 해결하기 위하여 VS-PO MPPT 방식을 제시한다. 스텝 크기는 PV 어레이의  $\Delta P(k)$  와  $\Delta V(k)$  에 따라 자동으로 조절되고 스텝 크기는 최대전력점 부근에서  $C_p(k)$  가 작아지기 때문에 아주 작은 값을 가지게 된다. 따라서 VS-PO MPPT는 정상상태에서 매우 양호한 정확도를 가진다.

그림 5에서는 스텝크기에 따른  $P-V$  곡선의 전력 변화를 나타낸다. 그림 5 (a)는 일정한 크기( $\Delta V$ )로 스텝크기가 변화할 경우 최대전력점에서 멀리 있을 때 전력의 변화( $\Delta P_1$ )와 최대전력점에 가까웠을 때 전력의 변화( $\Delta P_2$ ) 비교를 나타내고, 그림 5 (b)는 스텝 크기가  $\Delta V_1$ ,  $\Delta V_2$ 로 변화했을 때 최대전력점 부근에서 나타나는 전력의 변화  $\Delta P_1$ ,  $\Delta P_2$ 를 나타낸다. 최대 전력점을 추적하는 스텝의 크기에 따라 전력의 변화가 다르게 나타나며 최대전력점에 가까울수록 전력의 변화가 작아지는 것을 확인할 수 있다. 또한 최대 전력점 부근에서는 스텝 크기가 작아질수록 전력의 변화가 감소되어 더욱 정밀한 최대전력점추적을 할 수 있다.

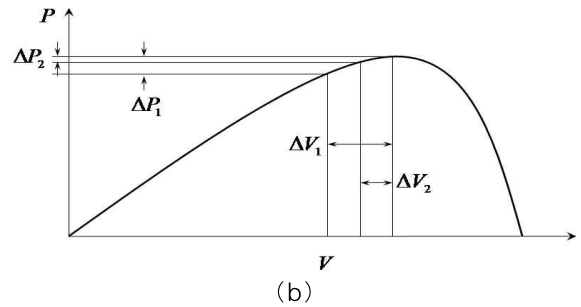
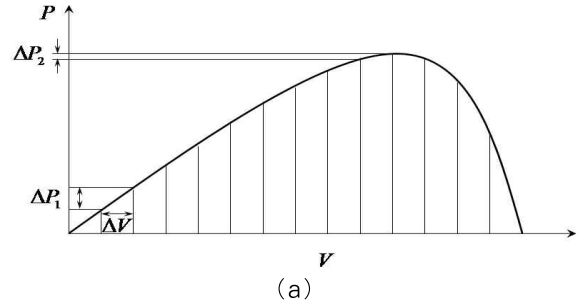


그림 5. 스텝크기에 따른  $P-V$  곡선의 전력변화  
Fig. 5. Power variation of  $P-V$  curve by step size

따라서 본 논문에서는 최대전력점에 가까울수록 전력의 변화가 감소되는 특성을 이용하여 PO MPPT 제어에 사용되는 스텝의 크기를 다음식과 같이 결정한다.

$$\Delta P(k) = P(k) - P(k-1) \quad (7)$$

$$\Delta V(k) = V(k) - V(k-1) \quad (8)$$

$$C_p(k) = |\Delta P(k)| + |\Delta V(k)| \quad (9)$$

$$V_{ref}(k) = V(k) \pm C_p(k) \quad (10)$$

동작점이 최대전력점에 가까워질수록  $\Delta P$  는 감소하게 된다. 이에 따라 최대전력점 추적을 위한  $C_p$  는 감소하게 되어  $\Delta V$  또한 감소하게 된다. 이를 통해 동작점이 최대전력점에 가까워 질수록 더욱 정밀한 제어가 가능하게 된다. 반대로 최대전력점에서 멀어질 경우  $\Delta P$  는 증가하고 이 때문에  $C_p$  역시 증가한다. 증가된

$C_p$  는  $\Delta V$  를 더욱 크게 만들어 결과적으로 최대전력 점을 추적하기 위한 스텝크기인  $C_p$  의 크기를 더욱 증가시키게 되어 최대전력점의 추적속도를 개선한다. 그림 6은 본 논문에서 제시한 VS-PO 방법의 알고리즘을 나타낸다. 전압과 전류를 이용하여 전력을 계산하고 전력과 전압의 변화값을 이용하여 최대전력점 추적을 위한 스텝값을 출력한다. 전력 및 전압의 변화 방향에 따라 지령전압의 크기를 스텝값으로 조절하여 최대전력점을 추적하는 방법이다.

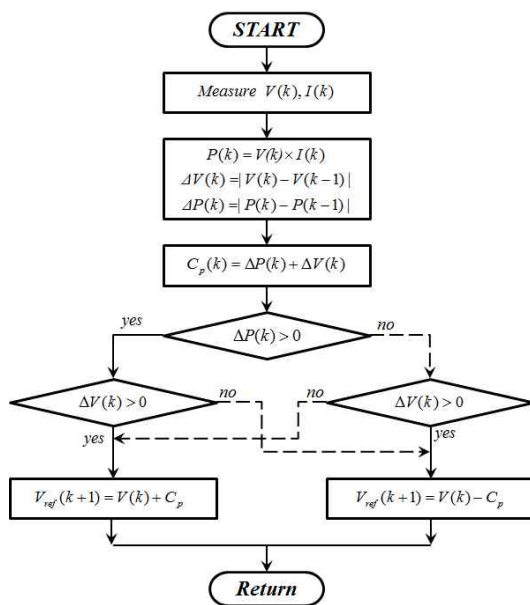


그림 6. VS-PO MPPT 제어 알고리즘  
Fig. 6. Control algorithm of VS-PO method

### 4. 성능시험 및 결과

MPPT 제어를 위한 각각의 알고리즘에 대한 성능분석을 위한 PSIM 회로도는 그림 7과 같다. 표 2는 MPPT 제어의 성능분석을 위한 PV 모듈의 파라미터를 나타낸다. PV 모듈의 파라미터는 AM 1.5, 온도 25°C 및 일사량 1,000W/m<sup>2</sup>의 실험조건에서 측정된 값을 나타낸다. PSIM 회로도는 PV모듈, PV모듈의 일사량 조절을 위한 일사량 조절부, MPPT 제어수행을 위한 MPPT 제어부, 전압 조절을 위한 DC-DC 컨버터부로 구성되어 있다.

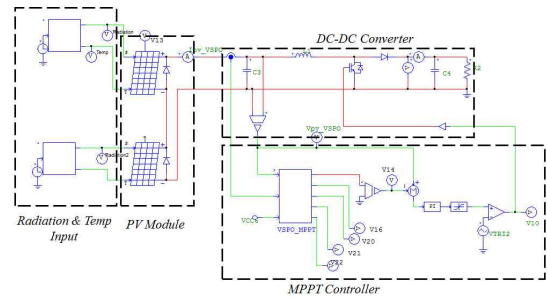


그림 7. MPPT 제어를 위한 회로도  
Fig. 7. Circuit for MPPT control

표 2. PV모듈의 파라미터  
Table 2. Parameter PV module

파라미터	기호	측정값	단위
개방전압	$V_{oc}$	41.2	[V <sub>dc</sub> ]
단락전류	$I_{sc}$	3.69	[A]
최대전력 전압	$V_{mp}$	32.9	[V <sub>dc</sub> ]
최대전력 전류	$I_{mp}$	3.34	[A]
최대전력	$P_{mp}$	110	[W]

그림 8은 일사량이 1,000W/m<sup>2</sup>에서 0.4sec에 700W/m<sup>2</sup>로 급변하고 0.7sec~0.85sec에 서서히 증·감했을 때 일사량 조건을 나타낸다.

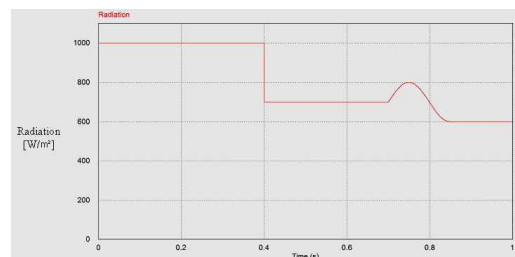
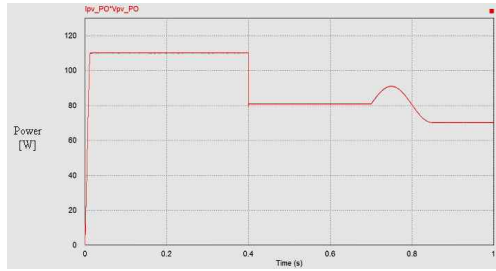


그림 8. 일사량 변화 조건  
Fig. 8. Condition of radiation changing

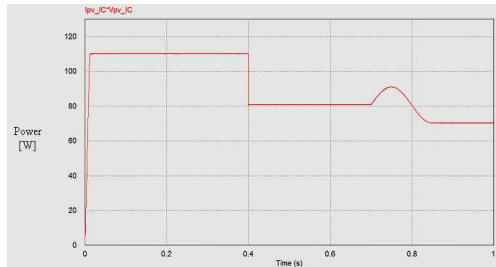
그림 9는 그림 8의 일사량 조건에서 (a) PO, (b) IC 및 (c) 본 논문에서 제시한 VS-PO 방법의 출력전력을 나타낸다. 그림 9 (d)는 종래의 PO 및 IC 방법에 사용된 스텝 크기와 본 논문에서 제시한 VS-PO 방법에 사용된 스텝크기를 나타낸다. 본 논문에서 제시한

VS-PO 방법을 이용한 태양광 발전의 MPPT 제어

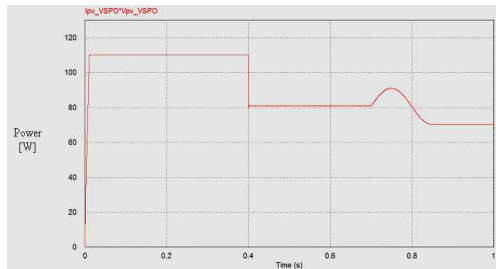
VS-PO 방법의 스텝 크기는 과도상태에서는 종래의 방법보다 크게 증가하여 추적속도를 개선시키고, 정상 상태에서는 종래의 방법보다 작아져 추적의 정확도를 개선하고 있다.



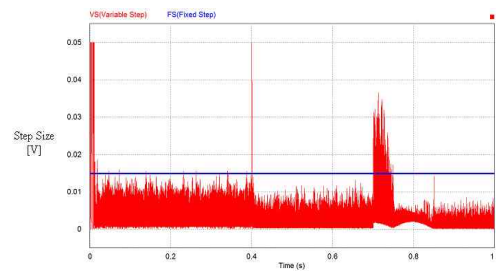
(a) PO MPPT



(b) IC MPPT



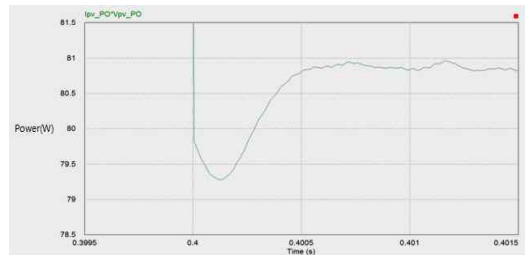
(c) VS-PO MPPT



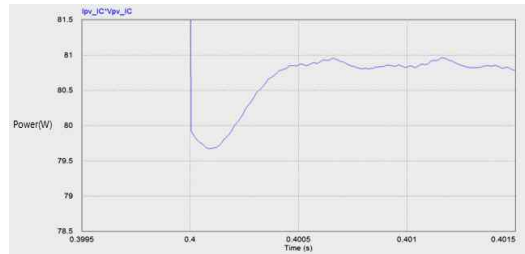
(d) Step Size

그림 9. 일사량 변동에 따른 MPPT 응답특성  
Fig. 9. Response characteristics with radiation changing

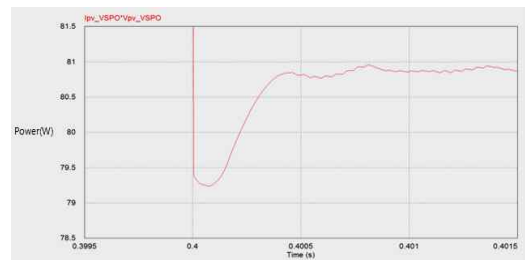
그림 10은 일사량이  $1,000\text{W}/\text{m}^2 \rightarrow 700\text{W}/\text{m}^2$ 으로 변화했을 때 MPPT 제어의 추적속도 응답특성을 나타낸다. 그림 10 (a)는 PO 방식, 그림 10 (b)는 IC 방식, 그림 10 (c)는 본 논문에서 제시한 VS-PO 방식의 추적속도를 나타낸다.



(a) PO MPPT



(b) IC MPPT



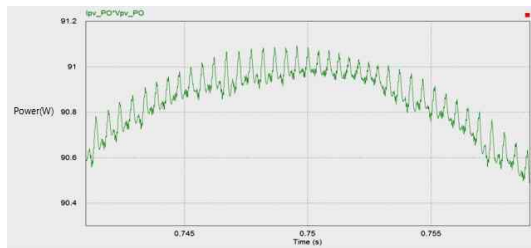
(c) VS-PO MPPT

그림 10. MPPT 추적속도 응답특성  
( $1,000\text{W}/\text{m}^2 \rightarrow 700\text{W}/\text{m}^2$ )  
Fig. 10. Response characteristics of MPPT tracking speed( $1,000\text{W}/\text{m}^2 \rightarrow 700\text{W}/\text{m}^2$ )

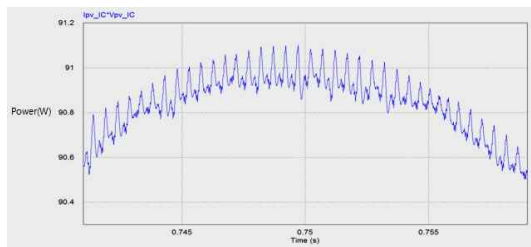
표 3. 추적속도 비교( $1,000\text{W}/\text{m}^2 \rightarrow 700\text{W}/\text{m}^2$ )  
Table 3. Comparison of tracking speed( $1,000\text{W}/\text{m}^2 \rightarrow 700\text{W}/\text{m}^2$ )

구분	PO	IC	VS-PO
시간[msec]	0.69	0.65	0.46

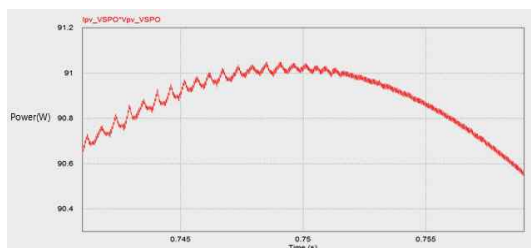
그림 11은 일사량이 서서히 변화하는 구간에 대한 응답특성 비교를 나타내고 그림 11 (a)는 PO, 11 (b)는 IC 및 그림 11 (c)는 본 논문에서 제시한 VS-PO 방법의 출력전력을 나타낸다. 본 논문에서 제시한 방법이 종래의 방법에 비하여 출력전력의 리플이 작게 나타나고 있어 우수한 응답특성을 나타낸다.



(a) PO MPPT



(b) IC MPPT

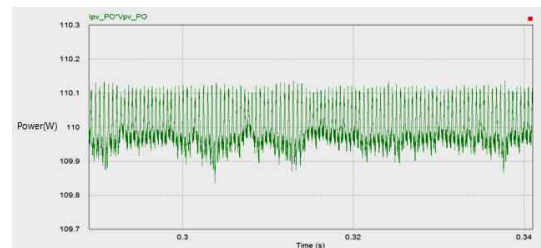


(c) VS-PO MPPT

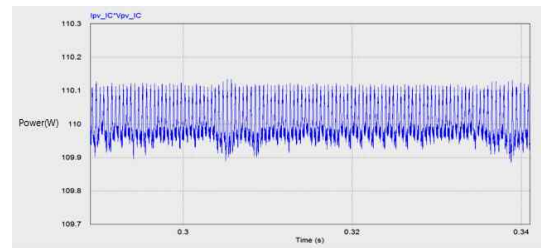
그림 11. 출력전력 응답특성 비교  
Fig. 11. Comparison of output power response characteristic

그림 12은 일사량이 1,000W/m<sup>2</sup>일 때 응답특성을 나타낸다.

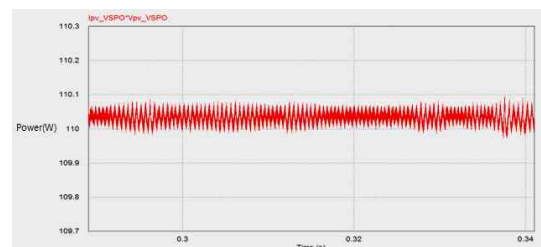
그림 13은 MPPT 제어 특성 분석을 위해 사용된 실험장치를 나타낸다. 제어기는 TI 사의 DSP 중 C2000계열의 TMS320F2406을 사용하였고 스위칭 소자는 SEMIKRON사의 SK45GH063 를 사용하여 구성하였다.



(a) PO MPPT



(b) IC MPPT



(c) VS-PO MPPT

그림 12. 정상상태에서 MPPT 응답특성 비교 (1,000W/m<sup>2</sup>)  
Fig. 12. Comparison of MPPT response characteristics in steady-state(1,000W/m<sup>2</sup>)

표 4. 정상상태 오차 비교  
Table 4. Comparison of tracking error in steady-state

구분	PO	IC	VS-PO
Peak to Peak [W]	109.83	109.88	109.97
(Error [W])	-110.13 (0.3)	-110.13 (0.25)	-110.09 (0.12)

그림 14, 15는 태양광발전의 MPPT 제어에 대한 과도상태 응답특성을 나타낸다. CH1은 태양전지 모듈의 출력전류로 2A/div, CH2는 MPPT의 전압값으로 25V/div, CH3은 태양전지 모듈의 출력전력으로 50W/div이며 시간은 100ms/div을 나타낸다. 그림 14

는 PO MPPT 제어 방법에 대한 과도상태 응답을 나타내고, 그림 15는 본 논문에서 제시한 MPPT 알고리즘에 대한 과도상태 응답특성을 나타낸다. 최적전압과 최적전류에 도달하는 시간은 PO 방법에서 0.562sec, 제시한 방법에서 0.416sec을 나타낸다. 제시한 MPPT 제어 알고리즘은 종래의 PO 제어 알고리즘에 비해 빠르게 추적하고 있다.

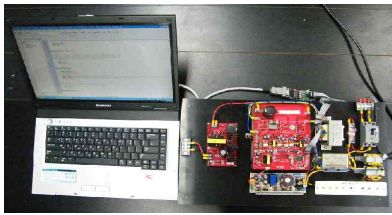
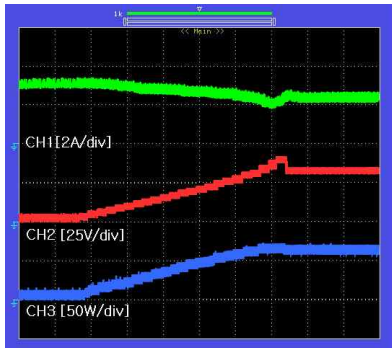


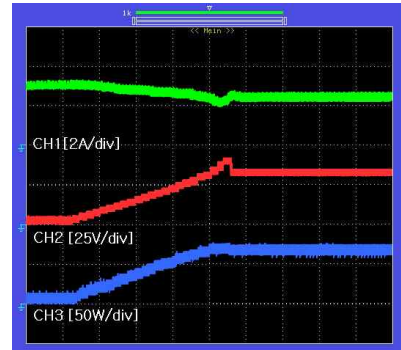
그림 13. MPPT 제어를 위한 실험장치  
Fig. 13. Experimental equipment for MPPT control



CH1 : 전류 CH2 : 전압 CH3 : 출력전력

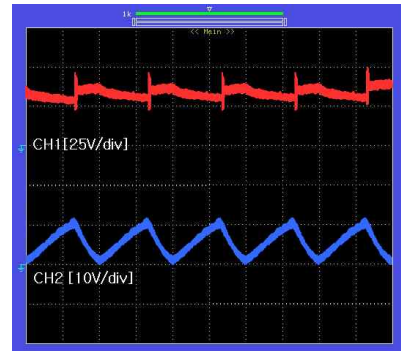
그림 14. PO MPPT 제어에 대한 과도상태 응답특성  
Fig. 14. Transient state response characteristic with PO MPPT control

그림 16, 17은 태양광발전의 MPPT 제어에 대한 정상상태의 응답특성을 나타낸다. 여기서 CH1은 정상상태의 태양전지 전압값으로 25V/div, CH2는 정상상태에서 자려 진동값으로 10V/div을 나타낸다. 그림 16은 PO MPPT 제어 방법에 대한 정상상태 응답을 나타내고, 그림 17은 제시한 MPPT 알고리즘에 대한 정상상태 응답특성을 나타낸다. PO 제어방법에서의 자려 진동 값은 약 10V, 제시한 제어방법에서는 약 1.8V를 나타낸다. 제시한 MPPT 제어 알고리즘은 종래의 PO 제어 알고리즘에 비해 정상상태에서 자려 진동의 폭



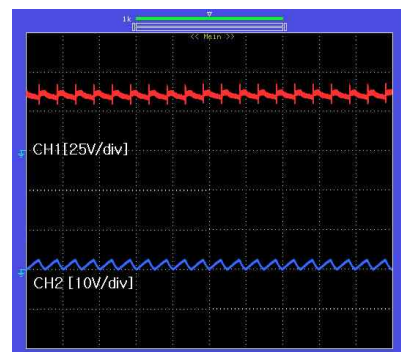
CH1 : 전류 CH2 : 전압 CH3 : 출력전력

그림 15. 제시한 MPPT 제어에 대한 과도상태 응답특성  
Fig. 15. Transient state response characteristic with proposed MPPT control



CH1 : 전압 CH2 : 자려진동

그림 16. PO MPPT 제어에 대한 정상상태 응답특성  
Fig. 16. Steady state response characteristic with PO MPPT control



CH1 : 전압 CH2 : 자려진동

그림 17. 제시한 MPPT 제어에 대한 정상상태 응답특성  
Fig. 17. Steady state response characteristic with proposed MPPT control



이 매우 작게 나타나고 있으며 이는 제시한 알고리즘이 양호하게 수행되고 있음을 알 수 있다. 또한 작은 진동 폭으로 전력소모가 감소되어 MPPT 제어의 우수한 성능을 확인할 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문은 태양광 발전시스템의 MPPT 제어를 위한 VS-PO 방식을 제시한다. 태양광 발전의 효율을 향상시키기 위하여 일반적으로 MPPT 제어방식을 사용한다. 이러한 MPPT 제어의 대표적인 방식으로는 PO 및 IC 방식이 있다. 그러나 종래의 PO 및 IC 방식은 고정된 스텝 크기를 이용하여 최대전력점을 추적하기 때문에 스텝 크기에 따라서 MPPT 성능이 좌우된다. 스텝 크기는 크기가 클 경우 추적속도는 개선되지만 정확도가 낮아지는 문제가 있으며 크기가 작을 경우에는 추적의 정확도는 개선되지만 추적속도가 느려지는 단점을 가진다.

따라서 본 논문에서는 태양광 발전시스템의 전력변화분과 전압변화분을 이용하여 스텝 크기를 자동으로 조절하는 가변 PO 방식을 제시한다. 최대전력점에서 먼 곳에 있는 구간에서는 스텝값을 크게하여 추적속도를 향상시키고 최대전력점에 가까운 곳에 있는 구간에서는 스텝값을 작게하여 정확도를 개선한다. 본 논문에서 제시한 방식은 일사량 변동에 대하여 종래의 PO 및 IC 방식과 비교 분석한다. 본 논문에서 제시한 가변 PO 방식은 종래의 방식에 비하여 과도상태에서 상승속도가 종래의 PO 및 IC 방법에 비하여 각각 33%, 30% 개선되었으며 정상상태 오차는 방법에 비하여 빠르게 나타났으며 정상상태에서는 최대 오차가 종래의 방법인 PO 및 IC에 비해 60%, 52% 개선되어 나타났다. 오차가 작게 나타났다. 따라서 본 논문에서 제시한 방식의 타당성을 입증하였다.

이 논문은 2012년 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.  
(NRF-2012R1A1A2006877)

## References

- [1] K. Kurokawa, "Energy from Desert", 2003.
- [2] C. J. Winter, R. L. Sizmann, L. L. Van-Hull, "Solar Power Plants", Springer-Verlag, 1991.
- [3] J. S. Choi, J. S. Ko, D. H. Chung, "Comparison study of Maximum Power Point Tracking Control with Changing of Radiation", journal of KIEE, Vol. 9, no. 6, pp. 1011-1085, 2010.
- [4] J. S. Choi, J. S. Ko, D. H. Chung, "Development of Improved P&O Algorithm of PV System Considering Insolation variation", Journal of KIEE, Vol. 24, no. 4, pp. 166-176, 2010.
- [5] J. S. Ko, D. H. Chung, "MPPT Control of Photovoltaic using Variable IC Method", Journal of KIEE, Vol. 26, no. 8, pp. 27-34, 2012.
- [6] J. A. Abu-Qahouq, H. Mao, H. J. Al-Atrash, and I. Batarseh, "Maximum efficiency point tracking (MEPT) method and digital dead time control implementation," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 21, no. 5, pp. 1273-1281, 2006.
- [7] E. Koutroulis, K. Kalaitzakis and N. C. Voulgaris., "Development of a microcontroller-based, photovoltaic maximum power point tracking control system", IEEE Trans. Power Electronics., vol. 16, pp.46-54, 2001.
- [8] Y.C. Kuo, T. J. Liang, J. F. Chen., "Novel maximum power point tracking controller for photovoltaic energy conversion system", IEEE Trans. Ind. Electronics., vol. 48, pp.594-601, 2001.

## ◇ 저자소개 ◇



### 고재섭 (高在涉)

2005년 순천대학교 공대 전기제어공학과 졸업. 2007년 2월 순천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2012년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사).

Tel : (061)750-3543,

Fax : (061)752-1103

E-mail : kokos22@scnu.ac.kr



### 정동화 (鄭東和)

1979년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 현대중전기(주) 기술연구소 책임연구원. 1989년~현재 순천대학교 전기제어공학과 교수.

Tel : (061)750-3543