

# 실제 일사량 조건에서의 최적 MPPT 제어주기

류단비<sup>1</sup>, 김용중<sup>1</sup>, 김효성<sup>†</sup>

## Optimum MPPT Control Period for Actual Insolation Condition

Danbi Ryu<sup>1</sup>, Yong-Jung Kim<sup>1</sup>, and Hyosung Kim<sup>†</sup>

### Abstract

Solar power generation systems require maximum power point tracking (MPPT) control to acquire maximum power using inefficient and high-cost PV modules. Most conventional MPPT algorithms are based on the slope-tracking concept. The perturb and observe (P&O) algorithm is a typical slope-tracking method. The two factors that determine the MPPT performance of P&O algorithm are the MPPT control period and the magnitude of the perturbation voltage. The MPPT controller quickly moves to the new maximum power point at insolation change when the perturbation voltage is set to large, and the error of output power will be huge in the steady state even when insolation is not changing. The dynamics of the MPPT controller can be accelerated even though the perturbation voltage is set to small when the MPPT control period is set to short. However, too short MPPT control period does not improve MPPT performance but consumes the MPPT controller resources. Therefore, analyzing the performance of the MPPT controller is necessary for actual insolation conditions in real weather environment to determine the optimum MPPT control period and the magnitude of the perturbation voltage. This study proposes an optimum MPPT control period that maximizes MPPT efficiency by measuring and analyzing actual insolation profiles in typical clear and cloudy weather in central Korea.

**Key words:** Solar power generation, MPPT control period, MPPT efficiency, Actual insolation condition, Estimation method

### 1. 서 론

태양광발전시스템은 낮은 효율과 고비용의 설비를 사용하여 최대의 전력을 생산하기 위하여 PV 모듈을 최대 전력점에서 운전하는 MPPT (Maximum Power Point Tracking) 제어가 반드시 필요하다. 더욱이 시시각각 일사량이 변화하는 실제적인 환경에서 태양광발전시스템이 최대전력을 생산하기 위해서는 빠르고 정확하게 MPP를 찾는 제어기가 요구된다. 기존의 MPPT 제어

알고리즘은 PV 모듈의 운전점 변화에 따른 출력 전력의 기울기를 판단하여 최대전력 운전점을 찾아가는 경사법에 기반을 두며, 그 대표적인 것으로 P&O(Perturb and Observe) 알고리즘이 있다. 이러한 경사법 알고리즘은 PV 모듈의 단자전압을 일정한 변량으로 빼거나 더하는 변화를 주고, 그에 따른 PV 모듈 출력전력의 변화를 계산하여, 최대 출력 전력을 향하여 PV모듈 단자전압의 다음 운전점을 찾아간다<sup>[1],[2]</sup>.

이러한 MPPT 제어기의 성능을 좌우하는 두 가지 인수는 MPPT 제어기의 제어주기와 변량전압의 크기이다. 다시 말해, MPPT 변량전압을 크게 설정하면 일사량이 변화할 때 빠르게 최대전력점을 찾아가 수 있지만, 일사량이 변화하지 않는 안정된 상태에서 PV모듈 출력전력이 최대전력점을 중심으로 크게 진동하게 되며 전력생산에 손실이 발생한다. 반대로 변량전압을 작게 설정하면 일사량이 변하지 않는 안정된 상태에서 PV 모듈의 출력전력이 최대전력점 부근에서 작게 진동하게 되어 전력생산량을 안정되게 유지할 수 있으나, 구름이 많이

Paper number: TKPE-2019-24-2-5

Print ISSN: 1229-2214 Online ISSN: 2288-6281

<sup>†</sup> Corresponding author: hyoskim@kongju.ac.kr, Div. of Electrical, Electronic and Control Eng., Kongju National University  
Tel: +82-41-521-9167 Fax: +82-41-563-3689

<sup>1</sup> Dept. of Electrical, Electronic and Control Eng., Kongju National University

Manuscript received Sep. 21, 2018; revised Oct. 8, 2018; accepted Oct. 23, 2018

— 본 논문은 2018년 전력전자학술대회 태양광논문상 수상논문임

TABLE I  
ELECTRICAL SPECIFICATIONS OF THE PV MODULE  
USED IN MEASUREMENT

Parameter	Value
Maximum power ( $P_{MPP}$ )	20 [W]
MPP voltage ( $V_{MPP}$ )	17.5 [V]
MPP current ( $I_{MPP}$ )	1.14 [A]
Open circuit voltage ( $V_{OC}$ )	21.5 [V]
Short circuit current ( $I_{SC}$ )	2.36 [A]

긴 흐린 날과 같이 일사량이 자주 변화하는 상황에서는 최대전력점을 미처 추종하지 못하여 전력생산에 큰 손실이 발생할 수 있다<sup>[3],[4]</sup>. 한편, MPPT 제어주기를 짧게 설정하면 변량전압을 작게 설정해도 MPPT 제어기의 동특성을 빠르게 할 수 있으나, 필요 이상으로 짧은 MPPT 제어주기는 MPPT의 성능개선에는 기여하지 못하면서 MPPT 설비의 비용과 제어기의 시간자원만 소모하는 문제를 일으킨다.

따라서 MPPT 제어주기에 따른 성능은 해당지역의 날씨조건에 영향을 받게 된다. 실제 날씨 환경에서 일사량의 변화가 심하다면 빠른 과도응답 특성을 위하여 MPPT 제어주기를 짧게 설정하여야 하지만, 일사량의 변화가 스무드하다면 MPPT 제어주기를 필요 이상으로 짧게 설정할 이유가 없는 것이다. 본 논문은 실제 날씨 환경에서의 일사량을 측정하여 프로파일을 구축하고 그에 따른 시뮬레이션을 수행하여 최적의 발전 효율을 도출할 수 있는 최적의 MPPT 제어주기를 제시한다.

## 2. 실제 날씨 환경의 일사량 분석

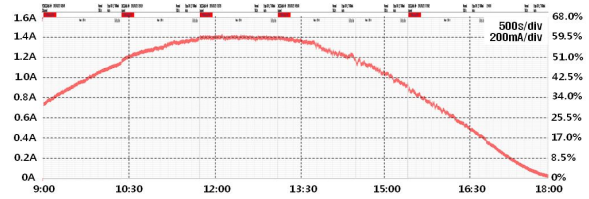
일사량을 측정하는 방법으로는 일사량계를 사용한 직접측정 방법과 PV 모듈의 단락 전류  $I_{sc}$ 가 일사량에 비례하는 특성을 이용하여 PV 모듈의  $I_{sc}$ 를 관찰함으로써 일사량의 변화를 간접적으로 추정하는 방법이 있다. 본 논문에서는 실험의 경제성과 간단함을 고려하여 간접측정 방법을 채택하였다. PV 모듈의 단락 전류  $I_{sc}$ 는 일사량에 비례하므로 날씨 변화에 따른 일사량 백분율( $G$ )은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$G(t) = \frac{I_{SC/SEN}(t)}{I_{SC/NOM}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

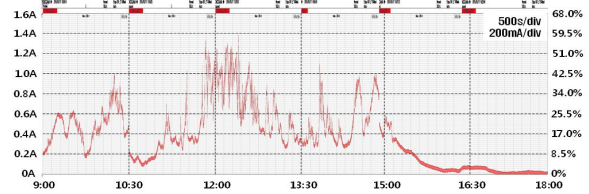
단,  $I_{SC/SEN}$  : 실제 일사조건에서 측정된 PV 모듈의 단락전류

$I_{SC/NOM}$  : 100% 일사량인 표준 시험 조건(STC)에서 PV 모듈의 단락전류

본 논문에서 일사량 분석에 사용된 PV 모듈은 다결정 타입이며, 전기적 사양은 표 1과 같다. 하루 동안의 날씨 변화에 따른 일사량 분석을 위해 오전 9시부터 오후



(a) Clear spring day



(b) Cloudy spring day

Fig. 1. 9-hour insolation profile at Cheonan-city in central Korea.

TABLE II  
ACCUMULATED INSOLATION ACCORDING TO WEATHER

Weather condition	Insolation quantity	
	Actual value [A.s]	Percentage [%]
STC condition	57,595	100
Actual	Clear sky	24,015 41.70
	Cloudy sky	10,332 17.94

6시까지 9시간 동안 일사량을 측정하였다. 일사량의 샘플링 구간은 0.02초로 설정하였다. 그림 1(a)에 보이는 바와 같이 대한민국 중부지역의 천안시 어느 봄 맑은 날의 일사량은 측정을 시작한 오전 9시에 약 31%이었으며, 그 이후 한 시간 동안 7.6%의 변화율로 완만히 증가하다가 오후 12시 30분에 최대값 약 59.5%에 도달하였다. 최대 일사량 시각 이후 일사량은 한 시간 동안 -11.9% 정도의 변화율로 완만히 감소하여 오후 6시에 약 0%로 수렴하는 패턴을 보였다. 그림 1(b)는 같은 지역 어느 봄 흐린 날 9시간 동안 측정된 일사량의 프로파일을 보인다. 동일한 지역의 같은 시간대인 오전 9시의 맑은 날에 측정된 일사량에 비해 약 8.5% 정도로 낮았다. 흐린 날의 최대 일사량이 나타나는 시각과 크기는 맑은 날과 유사하지만, 구름의 영향으로 매우 짧은 시간 동안만 최대 일사량이 존재하는 것을 확인할 수 있다. 이후 일사량이 불규칙하게 감소하며 오후 6시 이후 0%로 수렴한다.

표 2는 약 7.7시간의 시간 동안에 적산일사량을 보여 준다. 맑은 날의 총 일사량이 흐린 날에 비해 약 2.3배 큰 것을 확인할 수 있다. PV 모듈의 발전량이 이상적으로 일사량에 비례하는 것으로 가정한다면 맑은 날은 흐린 날에 비해 약 2.3배 발전량이 증가할 수 있음을 알 수 있다. 표 2에서 단락전류 적분값의 단위로 사용한

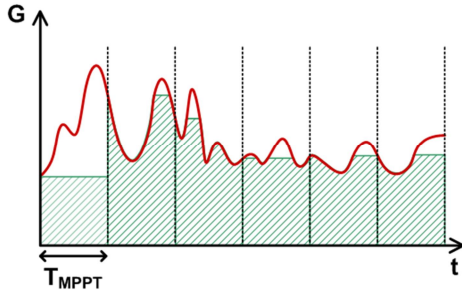


Fig. 2. Peak-cut value estimation way of PV module power generation according to MPPT control period.

[A.s]는 하루의 날씨조건에서 일사프로파일에 따른 PV 모듈 단락전류의 초 단위 적분값을 의미한다. PV 모듈의 단락전류는 일사량에 비례하므로, 하루의 날씨조건에서 측정된 PV 모듈 단락전류 적분값의 백분율은 당일 일사량 적분값의 백분율과 같다고 볼 수 있다. 단락전류 적분값의 백분율( $G_{TOT}$ )은 다음 식 (2)와 같이 계산하였다.

$$G_{TOT} = \int G(t) \cdot dt \quad (2)$$

일사량 프로파일의 분석을 통해 맑은 날과 흐린 날의 일사량의 크기와 패턴이 확연히 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다. 맑은 날은 일사량의 변화가 완만한 반면에 흐린 날은 일사량이 매우 불규칙적으로 급변하는 것을 볼 수 있다. 따라서 다양한 실제적인 날씨 상황에서 PV 모듈의 최대 발전량을 보장할 수 있는 MPPT 제어기의 제어 주기를 설정하는 것은 중요한 의미를 갖는다.

### 3. MPPT 제어주기에 따른 발전효율 분석

본 논문에서는 그림 1과 같이 맑은 날과 흐린 날에서 실제 날씨 조건에 대한 일사량 데이터를 수집하고 이러한 데이터를 분석하였고 각 날씨 조건에서 MPPT 제어주기의 설정에 따른 PV 모듈의 발전효율을 추정하여 태양광발전이 기여하는 MPPT 제어주기의 특성을 비교 분석하였다. 사용 데이터는 날씨조건에 따른 일사량의 패턴이 확실히 구별되는 약 7.7시간 동안의 일사량 데이터이다. 일사량데이터를 기초로 한 PV 모듈의 발전효율 계산은 크게 두 가지 방법으로 수행한다. 첫 번째 방법은 PV 모듈로 취득한 일사량의 값을 기초로 하여 MPPT 제어주기에 대하여 발전전력을 간단히 추정하는 방법이고, 두 번째 방법은 MPPT 제어주기에 대하여 발전전력을 보다 상세하게 추정하는 방법으로 저자가 개발한 다이오드 등가모델을 사용하여 각 MPPT 제어주기에서 취득한 일사량 정보로부터 매 샘플링 순간 PV 모듈의 I-V 특성커브를 시뮬레이션하고, 각 MPPT 제어주기에서 최대의 발전을 할 수 있는 MPP 전압을 적용하여 발전전력을 추산하는 상세추정 방법이다. 이때 모든 측정 및 분석된 값은 비교를 위해 백분율로 계산한다.

TABLE III  
MPPT EFFICIENCY BY THE PEAK-CUT WAY

MPPT Period (s)	Clear sky [%]	Cloudy sky [%]
0.1	98.84	99.38
0.5	98.62	99.20
1	98.59	99.09
2	98.56	98.88
3	98.55	98.69
4	98.55	98.50
6	98.54	98.17
8	98.52	97.87
10	98.52	97.66

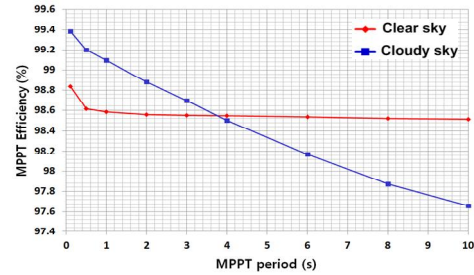


Fig. 3. Comparison of MPPT control period and MPPT efficiency characteristics by the peak-cut estimation method.

본 논문에서는 MPPT 제어주기가 태양광발전량에 미치는 영향만을 집중하여 분석하기 위하여, 매 MPPT 제어주기마다 정확한 MPP 전압을 찾은 것으로 가정하였다. 따라서 본 연구에서는 MPP를 찾기 위하여 요구되는 기존의 Purterb & Oberve 알고리즘과 같은 경사법 탐색 과정이 필요하지 않다.

#### 3.1 단순 추정법

이 절에서는 측정된 일사량 자료를 기초로 MPPT 제어주기에 따른 PV 모듈의 발전전력량을 단순한 방법으로 추산하여 MPPT 효율을 계산한다. 단순 추정법은 설정된 각 MPPT 제어주기의 시작점에서 측정되는 일사량(초기 일사량)을 기준으로 해당 MPPT 제어구간에서 일사량의 피크값을 제한하고 일사량을 적분하는 방법이다. 이 방법은 MPPT 제어기가 올바르게 작동할 때 PV 모듈에서 생성되는 전력을 간단히 추정한다. 이러한 추정 방법에 의한 MPPT 효율을 피크컷 MPPT 효율 ( $\eta_{MPPT/PKCUT}$ )로 칭하기로 한다. 식 (3) 피크컷 MPPT 효율 계산식이다.

$$\eta_{MPPT/PKCUT} = \frac{\sum_{k=0}^n PeakCut(I_{SC/SEN}) \times T_{MPPT}}{(I_{SC/NOM}) \int_0^t dt} \times 100 [\%] \quad (3)$$

단, PeakCut( $I_{SC/SEN}$ ): 각 MPPT 제어구간의 시작점에서의 측정값으로 피크제한 시킨 단락전류 측정값.

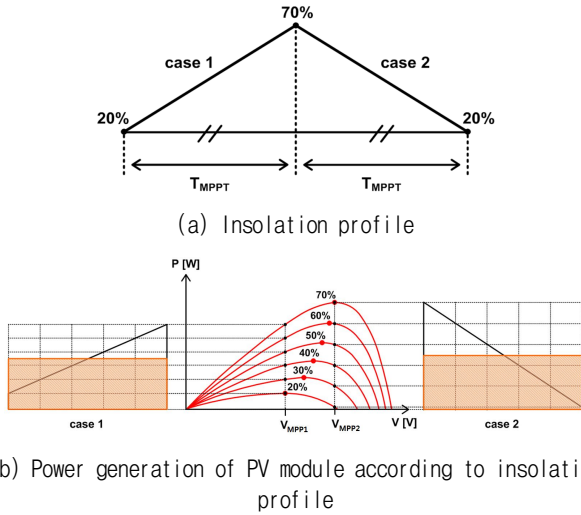


Fig. 4. Concept of the amount of power generated in the PV module during ideal MPPT control.

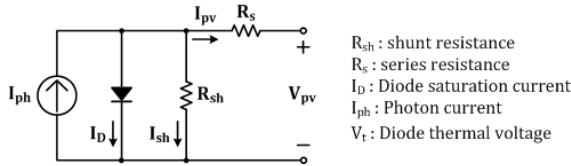


Fig. 5. Diode equivalent circuit of PV module.

표 3은 본 논문에서 제안한 단순 추정법에 의한 MPPT 추정효율을 비교한 데이터이다. 피크커트 추정 방법의 경우 MPPT 주기가 0.1초에서 10초로 증가함에 따라 맑은 날의 MPPT 추정효율은 98.84[%]로부터 98.52[%]로 떨어지며, 흐린 날의 경우 99.38[%]에서 97.66[%]로 떨어진다.

그림 3은 맑은 날과 흐린 날의 피크커트 추정법에 의한 MPPT 제어주기와 MPPT 추정효율의 관계를 비교한 그래프이다. 맑은 날의 일사조건에서 추정된 피크커트 추정법의 MPPT 추정 효율은 MPPT 주기가 1초 이상에서는 거의 변하지 않는 반면에, 흐린 날의 일사조건에서 추정된 MPPT 추정효율은 MPPT 주기가 증가함에 따라 거의 일정한 음의 기울기로 선형적으로 감소하는 양상을 보인다. MPPT 제어주기가 짧은 경우는 맑은 날에 비하여 흐린 날의 MPPT 효율이 항상 크지만, MPPT 제어주기가 길어지게 되면 흐린 날의 MPPT 효율의 감소 기울기가 맑은 날과 비교하여 더 크게 나타난다. 이는 그림 1의 일사량 프로파일이 갖는 물리적 의미와도 부합된다. 즉, 흐린 날의 일사량은 시간 축에서 큰 기울기를 갖고 변화하기 때문에 MPPT 제어주기가 짧을수록 좀 더 정확하게 일사량의 변화에 대응하는 MPPT 제어가 가능해지기 때문이다. 본 논문에서는 맑은 날과 흐린 날에서 MPPT 추정효율이 같아지는 MPPT 제어주기를 MPPT 임계주기라고 부르기로 한다. 그림 3에서 피크커트 추정방법의 MPPT 임계주기는 약 4초 정도로 나타난다.

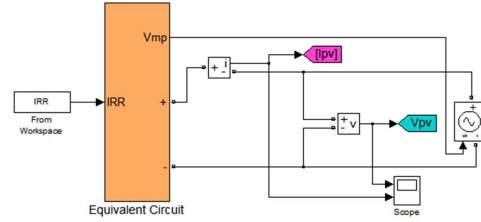


Fig. 6. PV model built by MATLAB.

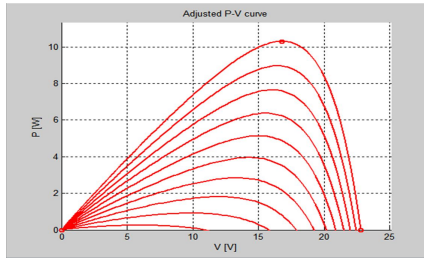
TABLE IV  
ELECTRICAL SPECIFICATION OF PV MODULE APPLIED TO SIMULATION

Parameter	PV module type	
	Thin-film (ASI-12)	Si-crystal (AT50)
Maximum power ( $P_{MPP}$ )	10.30 [W]	86.06 [W]
MPP voltage ( $V_{MPP}$ )	16.80 [V]	17.60 [V]
MPP current ( $I_{MPP}$ )	0.613 [A]	4.89 [A]
Open circuit voltage( $V_{OC}$ )	22.80 [V]	21.50 [V]
Short circuit current( $I_{SC}$ )	0.808 [A]	5.31 [A]

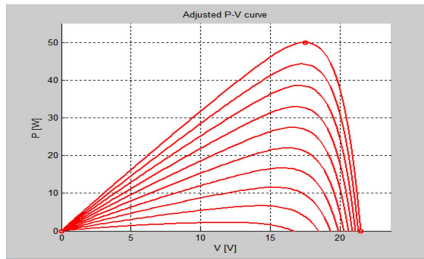
### 3.2 PV 모델에 의한 상세 추정법

실제의 PV 모듈은 앞 절에서 추산한 단순추정방법보다는 더 많은 전력을 생산한다. 그림 4는 MPPT 제어가 이상적으로 수행되었을 때 1주기의 MPPT 구간에서 PV모듈이 발전하는 전력량을 설명한다. 그림 4(a)는 상정된 일사량 프로파일을 보인다. 그림 4(a)의 Case1 MPPT 제어구간에서 일사량은 20%에서 70%로 선형적으로 상승하며, 반대로 Case2 MPPT 제어구간에서는 일사량이 70%에서 20%로 선형적으로 감소하는 것으로 가정하였다.

그림 4(b)는 앞에서 가정한 일사 조건에서, MPPT 제어가 완벽하게 MPP 운전점을 추종하였다고 가정할 때 예상되는 발전전력량을 보인다. 예를 들어, Case1 MPPT 제어구간에서 MPPT 제어기는 초기 일사량인 20%의 조건에서 MPP 운전점인  $V_{MPP1}$ 을 찾고 PV 모듈의 단자전압을 그 전압에 고정시킨다. 따라서 MPPT 제어 구간 내에서 일사량이 20%에서 70%로 선형적으로 증가하여도 PV모듈의 단자전압이  $V_{MPP1}$ 에 고정되어 있으므로 발전전력량은 그림 4(b)의 왼쪽과 같은 양상으로 증가하게 된다. 반대로 Case2 MPPT 제어구간에서 MPPT 제어기는 초기 일사량인 70%의 조건에서 MPP 운전점인  $V_{MPP2}$ 을 찾고 PV 모듈의 단자전압을 그 전압에 고정시킨다. 따라서 MPPT 제어구간 내에서 일사량이 70%에서 20%로 선형적으로 감소하여도 PV 모듈의 단자전압이  $V_{MPP2}$ 에 고정되어 있으므로 발전전력량은 그림 4(b)의 오른쪽과 같은 양상으로 감소하게 된다. 그림 4(b)에서 음영색으로 표시된 사각형은 각 일사량 패턴에서 MPPT 제어가 이상적으로 수행되었을 때에 각 경우의 발전전력량의 크기를 의미한다.



(a) Thin film type ASI-12



(b) Si-crystal type AT50

Fig. 7. P-V characteristic curve by PV modeling.

Case2와 같은 일사량 패턴에서는 피크커트식 단순 추정법도 상세추정법과 상당히 비슷한 발전전력량을 예측할 수 있지만, Case1의 경우 피크커트식 단순 추정법은 상세 추정법에 비하여 일사량 변화에 적절히 따라가지 못하고 상대적으로 낮게 발전전력량을 추정하는 것을 알 수 있다.

따라서, 본 절에서는 매 샘플링 순간에서 취득한 일사량 정보로부터 PV 모듈의 P-V 커브를 추출하고, 각 MPPT 제어주기에서 정확한 MPPT 제어를 수행하도록 PV 모듈을 다이오드 등가모델로 시뮬레이션 한다.

그림 5는 본 논문에서 채택한 PV 모듈의 다이오드 등가회로를 나타낸 것이고, PV 모듈의 출력전류  $I_{pv}$ 는 식 (4)와 같이 구할 수 있다.

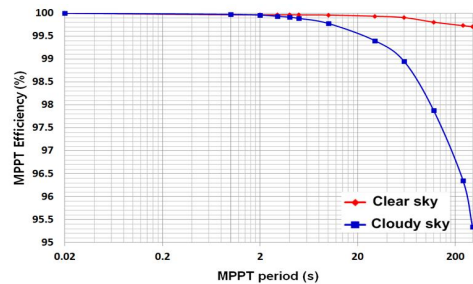
$$I_{pv} = I_{ph} - I_0 \left( e^{\frac{V_{pv} + I_{pv}R_s}{n_s v_t}} - 1 \right) - \frac{V_{pv} + I_{pv}R_s}{R_{sh}} \quad (4)$$

그림 6은 MATLAB으로 구성한 PV 모델이다. PV 모델은 본 논문의 저자가 개발한 K-Algorithm을 적용하여 구현하였다. K-algorithm은 다양한 종류의 PV 모듈에 대한 전기적 등가회로의 파라미터를 찾을 수 있다<sup>[5]</sup>.

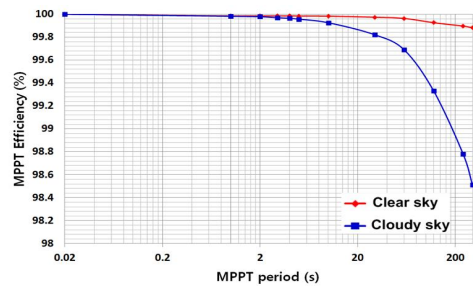
표 4는 본 논문의 시뮬레이션에서 적용한 PV 모듈로서, 아몰퍼스 박막형 ASI-12 모델과 실리콘 결정형 AT50 모델의 전기적 사양을 보인다. 그림 7은 K-algorithm에 의하여 구축한 두 PV 모델의 P-V 특성곡선을 보인다. 10%~100%의 일사량 변화에 대하여 아몰퍼스 박막형 PV 모듈의 MPP 전압범위는 5.99~16.80[V] 이고 결정형 PV 모듈의 MPP 전압범위는 11.94~17.50[V] 이다. 그러므로 그림 3에서 설명한 이론에 의하면 일사량의 변화가 격심한 흐린 날의 경우 아몰퍼스 박막형 PV 모듈의

TABLE V  
ELECTRICAL SPECIFICATION OF PV MODULE APPLIED TO SIMULATION

MPPT Period (s)	MPPT efficiency [%]			
	Thin-film		Si-crystal	
	Clear	Cloudy	Clear	Cloudy
0.02	100	100	100	100
1	99.966	99.974	99.985	99.982
2	99.965	99.960	99.985	99.978
3	99.965	99.934	99.985	99.970
4	99.964	99.915	99.985	99.964
5	99.963	99.887	99.984	99.957
10	99.960	99.777	99.983	99.926
30	99.935	99.401	99.974	99.821
60	99.905	98.946	99.963	99.689
120	99.806	97.879	99.926	99.331
240	99.729	96.351	99.897	98.782
300	99.707	95.339	99.882	98.511



(a) Thin film type ASI-12



(b) Si-crystal type AT50

Fig. 8. Analysis of Relationship between MPPT period and estimated MPPT Efficiency by detailed estimation method.

MPPT 효율은 결정형 PV 모듈에 비하여 상대적으로 작아지며, MPPT 제어주기가 길어질수록 이러한 차이는 더욱 심화될 것이 예상된다.

표 5는 상세 추정법에 의한 맑은 날과 흐린 날에서 아몰퍼스 박막형 PV 모듈과 결정형 PV 모듈의 MPPT 효율을 분석한 데이터를 보인다. MPPT 제어주기는 1초에서 300초까지에 대하여 분석하였다. 전체적으로 볼 때 박막형 PV 모듈보다 결정형 PV 모듈의 MPPT 효율이 높게 나온다. 이러한 현상은 MPPT 제어주기가 길어질

수록 더욱 심화되고 있다. 이는 그림 7의 박막형 ASI-12 PV 모듈 및 결정형 AT50 PV 모듈의 P-V 특성곡선에서 MPP 전압범위의 차이에서 예상된 바와 일치한다.

그림 8은 맑은 날과 흐린 날에서 박막형 ASI-12 PV 모듈 및 결정형 AT50 PV 모듈의 상세 추정법에 의한 MPPT 제어 주기와 MPPT 효율의 관계를 그래프로 설명한다. 두 PV 모듈에서 MPPT 임계주기는 약 2초 정도에서 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 피크커트 추정법에서 구한 MPPT 임계주기인 약 4초에 비하여 절반 정도의 값이다. 그러나 그림 8에서 맑은 날과 흐린 날의 MPPT 효율이 크게 차이가 나기 시작하는 변곡점은 MPPT 제어주기가 약 4초를 넘어서는 시점인 것을 볼 수 있다. 이보다 큰 MPPT 제어주기에서 흐린 날에서의 MPPT 효율은 맑은 날에 비하여 급격히 낮아진다. 그러므로 맑은 날에 비하여 흐린 날에 MPPT 효율이 급격히 낮아지기 시작하는 MPPT 제어주기는 피크커트 단순 추정법에서 분석한 MPPT 임계주기인 4초와 동일하다.

한편 상세 추정법에서 분석한 최적의 MPPT 주기에서 MPPT 효율은 약 99.98%인 것에 비하여 피크커트 단순 추정법에서 분석한 MPPT 임계주기에서 MPPT 효율은 약 98.55%이다. 이는 MPPT 제어구간에서 일사량이 상승하는 경우 피크커트 단순 추정법은 가장 낮은 일사량으로 발전전력량을 추정함으로써 상세 추정법에 비하여 상대적으로 작게 발전전력을 추정하기 때문인 것으로 해석된다. 결론적으로 피크커트 단순 추정법은 약 1.5% 정도의 오차로 최적의 MPPT 제어주기와 그때의 MPPT 효율을 간단히 추정할 수 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 실제 날씨 환경에서 MPPT 목표 효율을 극대화할 수 있는 적절한 MPPT 제어주기를 결정하기 위해, 대한민국 중부지역의 전형적인 맑은 날씨와 흐린 날씨에서 일사량을 측정하였고 측정된 일사량 자료를 바탕으로 MPPT 제어주기에 따른 발전량을 시뮬레이션하여 MPPT 효율을 분석하였다. 그 결과, 맑은 날과 흐린 날 구분하지 않고 모든 날씨 환경에서 높은 MPPT 효율을 가지며 MPPT 제어 자원을 최소로 하는 최적의 MPPT 제어 주기는 약 4초임을 확인하였다. PV 모델에 의한 상세 추정법과 비교하여 피크커트 단순 추정법은 약 1.5% 정도의 오차로 최적의 MPPT 제어주기와 그때의 MPPT 효율을 간단히 추정할 수 있음을 보였다. 제안된 이론은 태양광발전소를 설치하고자 하는 지역의 연간 기상데이터를 기반으로 예상발전량을 예측하는데 활용할 수도 있고, 태양광발전용 PCS(power conditioning system)의 적절한 MPPT 제어주기를 결정하는데 활용할 수도 있다.

이 논문은 2016년도 정부(교육과학기술부)의 재원을 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (2016R1D1A3B01008279)

#### References

- [1] M. A. Elgendy, B. Zahawi, and D. J. Atkinson, "Evaluation of perturb and observe MPPT algorithm implementation techniques," *IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives*, Mar. 2012.
- [2] R. John, S. S. Mohammed, and R. Zachariah, "Variable step size perturb and observe MPPT algorithm for standalone solar photovoltaic system," *IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing*, Mar. 2017.
- [3] B. Subudhi and R. Pradhan, "A comparative study on maximum power point tracking techniques for photovoltaic power systems," *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, Vol. 4, pp. 89-98, Jul. 2013.
- [4] Q. Fu and N. Tong, "Research on MPPT technique in photovoltaic power generation system," *International Conference on Computer Science and Electronics Engineering*, Vol. 3, pp. 394-398, Mar. 2012.
- [5] H. Park, Y. J. Kim, and H. Kim, "PV cell model by single-diode electrical equivalent circuit," *JEET*, Vol. 11, pp. 1323-1331, May 2016.

#### 류단비(柳단비)

1995년 5월 2일생. 2018년 공주대 전기전자 제어공학부 졸업. 2018년~현재 동 대학원 전기전자제어공학과 석사과정.



#### 김용중(金龍中)

1988년 11월 10일생. 2013년 공주대 전기전자제어공학부 졸업. 2015년 동 대학원 전기전자제어공학과 졸업(석사). 2015년~현재 동 대학원 전기전자제어공학과 박사과정.



#### 김효성(金孝城)

1958년 10월 20일생. 1981년 서울대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 충북대 전기공학과 졸업(공박). 1996년~1997년 일본 오카야마대 방문교수. 1999년~2000년 덴마크 연구부교수. 1987년~현재 공주대 전기전자제어공학부 교수.

