

# 주변 온도, 풍속, 일사량에 의한 PV Cell의 전기적 특성 분석

박현아, 김효성

공주대학교 전기전자제어공학부

## Electrical Characteristics of PV Cells by Ambient Temperature, Wind Speed and Irradiance Level

Hyeonah Park, Hyosung Kim

School of EE and Control Engineering, Kongju National University

### ABSTRACT

태양광발전소를 설치하기 위한 경제적 타당성을 분석하는 경우 기상청에서 제공하는 해당지역의 날씨정보를 기반으로 하는 PV Cell의 연간 발전량 예측 및 분석이 중요한 변수가 된다. 또한 날씨 조건에 대한 PV 발전의 예측은 기 설치되어 운전중에 있는 태양광발전소의 고장진단 및 성능평가에도 사용될 수 있다.

본 논문은 다양한 날씨 조건 중 주변온도, 풍속, 일사량에 따른 PV Cell의 특성을 분석하고, 실시간으로 변화하는 날씨환경에 대하여 순시적으로 PV Cell의 출력특성을 정확히 예측할 수 있는 모델을 수립한다.

### 1. 서론

반도체를 사용한 PV Cell에는 결정형, 박막형 및 두 종류를 조합한 Tandem형 등 다양한 종류가 있으며, 각각의 재질에 따라 고유한 비선형적인 I-V 특성곡선을 갖는다. 이러한 PV Cell은 주변온도, 풍속, 및 일사량 등 날씨조건에 따라 출력 특성이 변화하게 된다. PV Cell 제조사에서 제공하는 데이터시트에는 STC (Standard Test Condition) 조건인 일사량  $1000\text{W/m}^2$ , 주변온도  $25^\circ\text{C}$ , Air mass 1.5에 대한 출력특성 데이터 및 NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) 조건인 일사량  $800\text{W/m}^2$ , 주변온도  $47^\circ\text{C}$ , Air mass 1.5에서의 출력특성 데이터를 제공한다. 그러나 실제로 외부 현장에서 운전할 때 PV Cell은 통상적으로 다양한 Cell온도 및 일사량 조건에서 운전되며, PV Cell의 온도는 주로 일사량과 주변온도, 풍속 등의 환경적 요인에 의해 결정된다.

PV Cell의 효율은 약 11%~21%로 효율이 극히 낮으므로 성능을 극대화한 운전을 할 필요가 있다. 그런데, 설치지역, 위치, 계절, 설치 각도, 그림자 등에 의해 시시각각 PV Cell의 출력 전력은 영향을 받는다. 특히, PV Cell의 전압은 온도에 반비례하는 특성이 있어 PV Cell의 온도 상승 시 출력이 저하되는 주요 원인이 된다. 본 논문에서는 주변온도, 풍속, 일사량이 PV Cell의 동작 온도에 미치는 영향을 확인하고 그에 따른 출력의 변화를 분석하여, 날씨변화에 대하여 순시적으로 출력특성이 예측 가능한 PV Cell 모델을 수립한다.

### 2. 대기 환경에 따른 PV Cell 동작 온도 특성

#### 2.1 대기 환경에 따른 PV Cell 동작 온도 산출

PV Cell은 주변 환경에 따라 출력 특성이 변화하게 되는데, 일사량과 온도에 특히 의존적이다. 그림 1은 온도 및 일사량 조건에 따른 PV Cell의 전형적인 I-V 특성곡선을 나타낸다. 그림 1a)와 같이 일사량이 일정하고 온도가 변화하는 경우, PV Cell의 온도가 감소할수록  $V_{oc}$ 는 증가하지만  $I_{sc}$ 는 감소하는 경향이 있음을 알 수 있다. 그러나 PV Cell의 온도에 대한  $I_{sc}$ 의 증가계수는  $V_{oc}$ 의 증가계수에 비하여 작아서 출력전력에 미치는 영향이 미미하므로 PV Cell의 온도가 감소하면 출력전력이 증가한다.

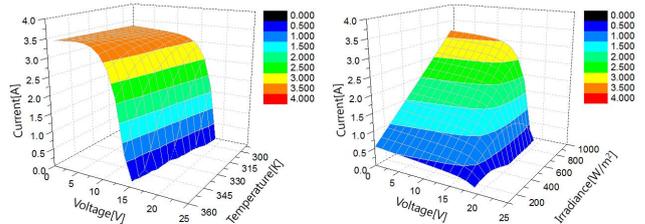


그림 1 AT50(결정형)의 주변 환경(온도 및 일사량) 변화에 따른 I-V 특성곡선; a) 온도 변화에 따른 전압-전류-온도 특성곡선, b) 일사량 변화에 따른 전압-전류-일사량 특성곡선

또한 온도가 일정하고 일사량이 변화하는 조건인 그림 1b)의 경우,  $I_{sc}$ 는 일사량이 감소함에 따라 비례하여 감소한다. 그러므로  $V_{oc}$ 는 PV Cell의 온도에 주로 영향을 받고,  $I_{sc}$ 는 일사량에 주로 영향을 받음을 알 수 있다.

기준에 주변 환경에 따른 PV Cell의 동작온도  $T_{pv}$  변화에 대해 많은 연구가 이루어졌으며, 대표적인 모델 4가지를 식 (1) ~ 식 (4)에 나타낸다. 제시된 모델 식 (1) ~ 식 (4)는 단위면적당 일사량, 풍속, 주변온도, 시정수, 전압 온도계수에 의해 동작 온도를 산출한다.<sup>[1] [4]</sup>

$$T_{pv} = \frac{h \cdot T_a + Irr(\alpha\tau - \eta_{STC}\beta_0 T_{STC})}{h - \eta_{STC}\beta_0 Irr} \quad (1)$$

$$T_{pv} = T_a + \frac{Irr}{h + h_1 v} \quad (2)$$

$$T_{pv} = T_a + \frac{0.32}{0.91 + 2v} Irr \quad (3)$$

$$T_{pv} = T_a + Irr \frac{NOCT - 20}{800} \quad (4)$$

$h$ [W/m<sup>2</sup>K]: 대류계수     $T_a$ [°C]: 주변온도     $Irr$ [W/m<sup>2</sup>]: 일사량  
 $\alpha\tau$ : 0.9로 가정     $\eta_{STC}$ : STC 효율     $\beta_0$ [°C<sup>-1</sup>]: 전압 온도계수  
 $T_{STC}$ : STC 온도(25°C)     $v$ [m/s]: 풍속    NOCT: 공칭 온도(47°C)

제시된 4가지 모델에 대해 시뮬레이션을 통하여 검증을 하기 위해 Villalva에 의하여 공개적으로 사용된 결정형 PV Cell KC200GT의 데이터에 대하여 동작온도 특성을 확인하였으며, KC200GT는 표 1의 사양을 갖는다.<sup>[5]</sup>

그림 2에 KC200GT에 대하여 주변온도를  $25^\circ\text{C}$ 로 고정하고 일사량에 따른 변화를 나타낸다. 일반적으로 PV Cell의 동작온도는 PV Cell 제조사에서 제공하는  $25^\circ\text{C}$ 를 사용하지만, 그림 2에서 알 수 있듯이, 주변 환경의 영향에 의하여 PV Cell의 동작온도는 최대  $61.35^\circ\text{C}$ 까지 증가함을 알 수 있다.

표 1 KC200GT(결정형) 사양

Parameter	I <sub>sc</sub> [A]	V <sub>oc</sub> [V]	I <sub>MPP</sub> [A]	V <sub>MPP</sub> [V]	P <sub>MPP</sub> [W]
Value	8.21	32.9	7.61	26.3	200.143

표 2 주변 온도 일정, 일사량 변화 시 PV Cell 동작 온도

일사량[W/m <sup>2</sup> ]	Model			
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
200	32.15°C	31.39°C	32.18°C	31.75°C
400	39.35°C	37.78°C	39.37°C	38.5°C
600	46.62°C	44.17°C	46.55°C	45.25°C
800	53.95°C	50.65°C	53.73°C	52°C
1000	61.35°C	56.95°C	60.91°C	58.75°C

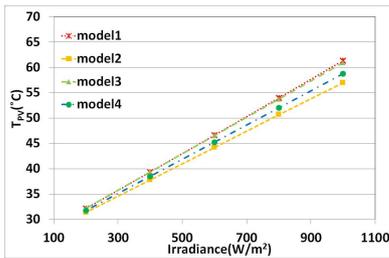


그림 2 주변 온도 일정, 일사량 변화 시 PV Cell 동작 온도

## 2.2 동작온도에 따른 PV Cell 출력 특성

표 2에 제시된 PV Cell 동작온도를 이용하여 I-V 특성곡선을 나타내면 그림 3과 같다. 주변 온도가 25°C로 고정되어있고 일사량만 변화하는 조건이므로 I<sub>sc</sub>는 일사량에 비례하여 감소하고, V<sub>oc</sub> 역시 일사량이 감소함에 따라 소폭 감소하는 것이 일반적이지만, 주변 환경이 추가되면 일사량이 감소할수록 V<sub>oc</sub>가 증가함을 알 수 있다. 또한, 그림 3에서 일사량이 증가함에 따라 I-V 특성곡선이 다소 왜곡됨을 알 수 있다. 따라서, 단순히 STC 조건에서 V<sub>oc</sub>의 온도계수를 결정하여 적용하는 PV Cell 모델은 실제 현장에 적용하기에는 부적합함을 알 수 있다.

그림 4에 4가지 모델에 대하여 일사량 조건에 따른 I-V 특성곡선 비교를 나타낸다. 그림 4a)와 같이 일사량 1000W/m<sup>2</sup> 조건에서 모델에 따라 약간의 차이가 있으나 거의 유사한 특성곡선이 구현된다. 그림 4b)와 같이 일사량 200W/m<sup>2</sup> 조건에서는 4가지 모델의 특성곡선이 일치한다.

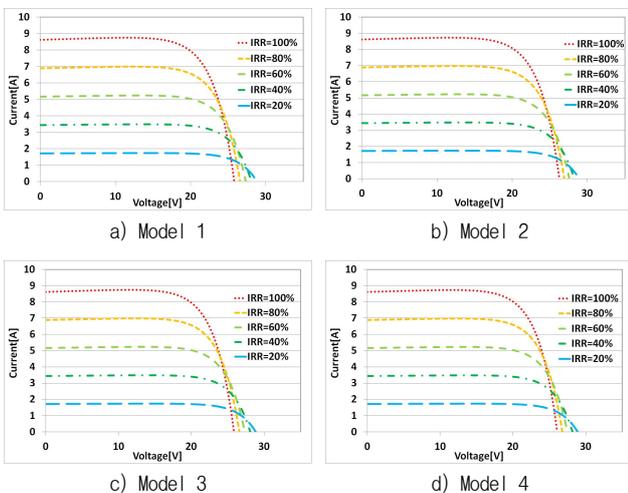


그림 3 주변 온도 일정, 일사량 변화 시 I-V 특성곡선

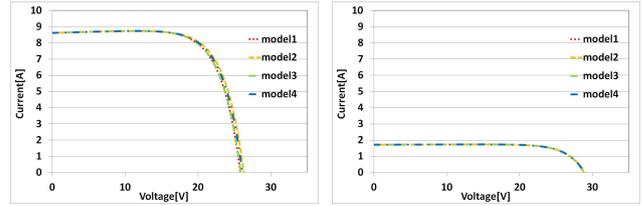


그림 4 주변 온도 일정, 일사량 조건에 따른 I-V 특성곡선 비교

## 3. 결론

본 논문에서는 결정형 PV Cell KC200GT에 대하여 PV Cell 동작온도 모델을 이용하여 대기환경에 대한 동작온도를 예측함으로써 그에 따른 출력 특성을 분석하였다. PV Cell 동작온도에 영향을 미치는 요소는 모듈의 구조, 각 구조의 물성치, 습도 등 다양한 요소가 있지만 본 논문에서는 PV Cell 온도에 가장 큰 영향을 미치는 날씨환경인 주변온도와 일사량, 풍속을 고려를 하였다.

기존의 PV Cell 모델에서는 주변온도가 25°C, 일사량이 1000W/m<sup>2</sup> 일 때 PV Cell 온도는 주변온도를 유지하는 것으로 가정한다. 하지만 시뮬레이션 결과, PV Cell의 동작온도가 최저 58.75°C에서 최대 61.35°C까지 증가함을 알 수 있었다. 또한, I<sub>sc</sub>는 일사량에 비해, V<sub>oc</sub>는 온도에 반비례하지만, 일사량에 의한 PV Cell의 온도 증가량이 무시 가능한 정도의 작은 값이 아니므로 일사량이 증가함에 따라 V<sub>oc</sub>가 감소하는 추가적인 요인이 있음을 알 수 있었다.

PV Cell의 온도특성 연구는 실시간으로 변화하는 날씨환경에 대해 순시적으로 PV Cell의 출력특성을 예측함으로써 태양광발전소의 보다 정확한 성능평가에 활용이 될 수 있을 것이다. 향후 연구로 주변환경에 대해 전기적 등가회로로 구현을 하여 시뮬레이션으로 PV Cell의 출력특성을 예측하는 연구를 수행 할 예정이다. 또한 더 정확한 PV Cell의 동작온도를 찾기 위해, PV 모듈의 구조를 파악하고 그에 따른 열 해석이 이루어져야 할 것이다.<sup>[6]</sup>

이 논문은 카코뉴에너지의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

## 참고 문헌

- [1] M. Mattei, G. Notton, "Calculation of the polycrystalline PV module temperature using a simple method of energy balance", Renewable Energy 2006, vol.31, pp. 553-567.
- [2] D. Faiman, "Assessing the outdoor operating temperature of photovoltaic modules", Progress in Photovoltaics: Research and Applications 2008, vol 16, pp. 307-315.
- [3] E. Skoplaki, J. Palyvos, "On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations" Solar Energy 2009, vol. 83, pp. 614-624.
- [4] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61215, Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules Design qualification and type approval Second edition 2005, April.
- [5] M.G.Villalva, J.R.Gazoli, E.R.Filho, "Comprehensive approach to modeling and simulation of Photovoltaic arrays", IEEE Trans. on PE, Vol. 24, No. 5, pp. 1198-1208, 2009, May.
- [6] 김종필, 전충환, 장영준, "대기온도에 따른 태양전지 모듈의 열적 특성에 관한 연구", 한국태양에너지학회 논문집, pp. 48-53, 2008.