

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 변하게 된다. PV Cell 제조사에서 제공하는 데이터시트에는 STC (Standard Test Condition) 조건인 일사량 1000W/m², 주변온도 25°C, Air mass 1.5에 대한 출력특성 데이터 및 NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) 조건인 일사량 800W/m², 주변온도 47°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 변하게 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.

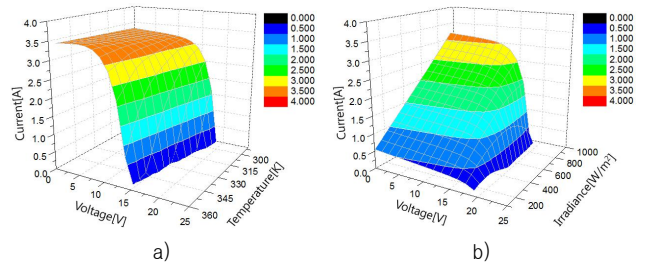


그림 1 AT50(결정형)의 주변 환경(온도 및 일사량) 변화에 따른 I-V 특성곡선; a) 온도 변화에 따른 전압-전류-온도 특성곡선, b) 일사량 변화에 따른 전압-전류-일사량 특성곡선

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.^{[1] [4]}

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

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

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

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

h[W/m²K]: 대류계수 T_a[°C]: 주변온도 Irr[W/m²]: 일사량
 ατ: 0.9로 가정 η_{STC}: STC 효율 β₀[°C⁻¹]: 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.^[5]

그림 2에 KC200GT에 대하여 주변온도를 25°C로 고정하고 일사량에 따른 변화를 나타낸다. 일반적으로 PV Cell의 동작온도는 PV Cell 제조사에서 제공하는 25°C를 사용하지만, 그림 2에서 알 수 있듯이, 주변 환경의 영향에 의하여 PV Cell의 동작온도는 최대 61.35°C까지 증가함을 알 수 있다.

표 1 KC200GT(결정형) 사양

Parameter	I _{sc} [A]	V _{oc} [V]	I _{MPP} [A]	V _{MPP} [V]	P _{MPP} [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 ²]	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

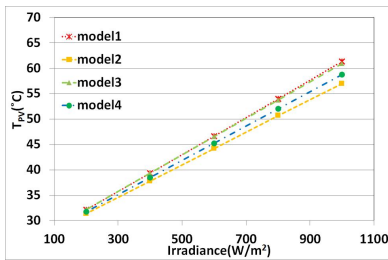


그림 2 주변 온도 일정, 일사량 변화 시 PV Cell 동작 온도

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_{sc}는 일사량에 비례하여 감소하고, V_{oc} 역시 일사량이 감소함에 따라 소폭 감소하는 것이 일반적이지만, 주변 환경이 추가되면 일사량이 감소할수록 V_{oc}가 증가함을 알 수 있다. 또한, 그림 3에서 일사량이 증가함에 따라 I-V 특성곡선이 다소 왜곡됨을 알 수 있다. 따라서, 단순히 STC 조건에서 V_{oc}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/m² 조건에서 모델에 따라 약간의 차이가 있으나 거의 유사한 특성곡선이 구현된다. 그림 4b)와 같이 일사량 200W/m² 조건에서는 4가지 모델의 특성곡선이 일치한다.

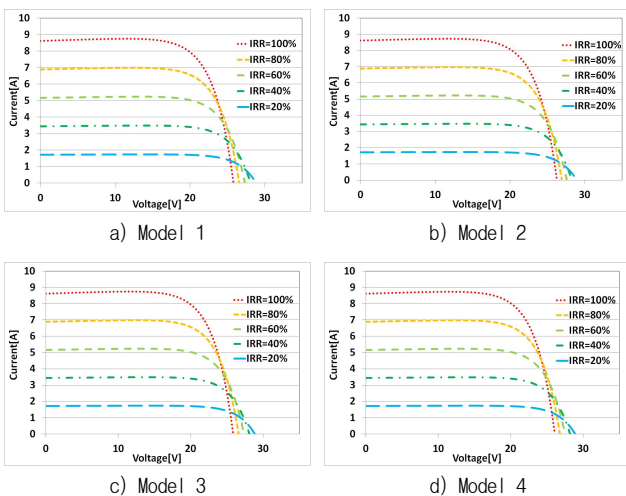


그림 3 주변 온도 일정, 일사량 변화 시 I-V 특성곡선

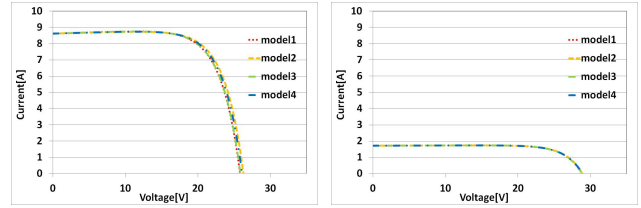


그림 4 주변 온도 일정, 일사량 조건에 따른 I-V 특성곡선 비교

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/m² 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_{sc}는 일사량에 비해, V_{oc}는 온도에 반비례하지만, 일사량에 의한 PV Cell의 온도 증가량이 무시 가능한 정도의 작은 값이 아니므로 일사량이 증가함에 따라 V_{oc}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.^[6]

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.