

개선된 태양전지 모델링 해석

김선자, 정병환, 박종찬, 최규하
건국대학교

Analysis of improved solar cell modeling

Sun-Ja Kim, Byung-Hwan Jeong, Jong-Chan Park, Gyu-Ha Choe
Dept. of Electrical Engineering, Konkuk Univ.

ABSTRACT

Output power of a photovoltaic system changes continuously as it strongly depends on the weather condition(isolation and temperature). Therefore, it is necessary the theoretical model realizes the electrical output characteristics of solar cell. Of several theoretical models for real solar cell, both parametric model and interpolation model are used widely. In this paper, we have propose a improved model of solar cell using its output characteristics that can be extended to calculate the rear solar cell characteristics at various temperatures and insolation. And more, the theoretical research of several models of solar cell using simulation analysis.

1. 서 론

대체에너지원으로서의 태양광 에너지는 청정에너지이며 무한정한 양을 보유하고 있어 그 이용이 최근 크게 대두되고 있다. 태양전지는 여러 가지 기후조건 중에 특히 온도와 일사량에 따라 출력특성이 변하기 때문에 태양광발전을 연구하는데 있어서 태양전지의 특성을 수학적 모델로 구현 할 수 있어야 한다. 태양전지의 출력특성을 모델링 하는데 있어서는 매개변수형 모델과 보간형 모델이 있다. 그러나 두 모델들은 실제 다양한 일사량과 온도 조건에서 태양전지 특성을 가상구현 하기 어렵다는 단점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 기존의 태양전지 모델들을 개선하여 임의의 일사량과 온도에 따른 태양전지 특성을 구현 할 수 있는 태양전지 모델을 제시하고 시뮬레이션을 통하여 검증하고자 한

다.

2. 태양전지 모델링

1.1 태양전지 특성

태양전지의 출력특성은 여러 가지 환경적 요소 중에서 특히 셀의 온도와 일사량에 가장 의존적이다^[2]. 태양전지의 개방전압과 단락전류는 일사량 증가에 따라 그 값이 증가하는 반면 온도에 대해서는 온도 증가에 따라 단락전류는 증가하지만 상대적으로 개방전압이 크게 감소하는 특성을 갖는다. 그림 1에서 태양전지 출력은 일사량 증가에 따라 출력이 증가하고 있지만 그림 2에서는 온도가 증가에 따라 그 출력이 감소하는 태양전지 특성을 확인 할 수가 있다^[3]. 이러한 일사량과 온도에 의한 특성은 시시각각 변화하는 기상에 따른 특성의 변화로 인식할 수 있으며 거시적으로는 일사량은 일(日)변화, 온도는 계절변화로 인식할 수가 있다.

태양전지 제조사에서 제공하는 datasheet에 주어진 조건에서의 특성을 토대로 보간법을 적용한 것이 개선된 태양전지 모델이다. 이를 모델링을 적용한 그래프와 data에 이용하여 다시 수학적으로 나타내면 다음과 같이 간단히 온도와 일사량을 동시에 변화시킬 수 있는 태양전지 모델을 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 V_{OC}(S, T) &= V_{OC}^* - \alpha_1 \Delta S - \alpha_2 \Delta T \\
 I_{SC}(S, T) &= I_{SC}^* - \beta_1 \Delta S - \beta_2 \Delta T \\
 V_{mp}(S, T) &= V_{mp}^* - \alpha_1 \Delta S - \alpha_2 \Delta T \\
 I_{mp}(S, T) &= I_{mp}^* - \beta_1 \Delta S - \beta_2 \Delta T
 \end{aligned} \tag{1}$$

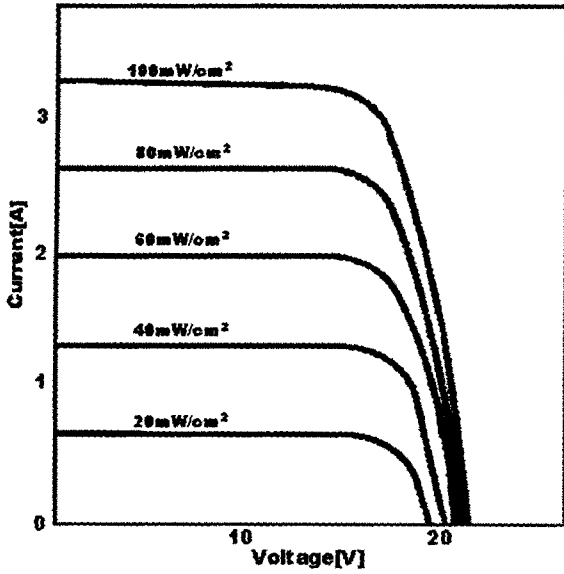


그림 1 일사량 변화에 따른 태양전지 출력특성
Fig. 1 The variation of output characteristics to different insolation

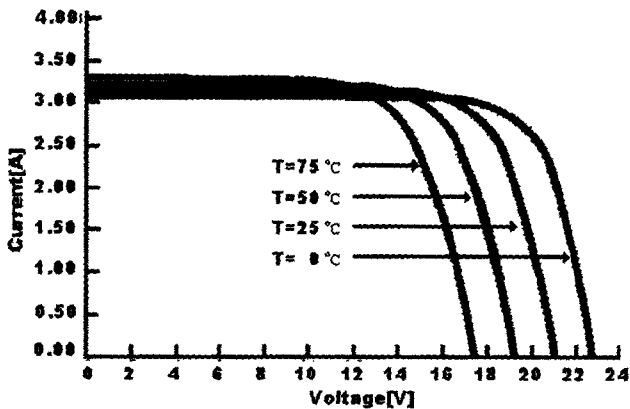


그림 2 온도 변화에 따른 태양전지 출력특성
Fig. 2 The variation of output characteristics to different temperature

여기서, V_{OC} 는 태양전지 개방전압, I_{SC} 는 태양전지 단락전류, V_{mp} 는 태양전지의 최대출력점전압, I_{mp} 는 태양전지의 최대출력점전류이다.

1.1 개선된 매개변수형 모델

태양전지의 발전원리를 토대로 P-N접합 태양전지를 등가회로 모델링 하여 그림 3에서와 같이 발전을 하는 전류원과 다이오드로 등가화 할 수 있다^[4]. 이를 통해 부하에 출력되는 전류 I 를 식(1)을 적용하여 구하면 다음과 같다.

$$I = (I_{SC}^* - \beta_1 \Delta S - \beta_2 \Delta T) \left[1 - e^{-\frac{kV}{V_{OC}^* - \alpha_1 \Delta S - \alpha_2 \Delta T}} \right] \quad (2)$$

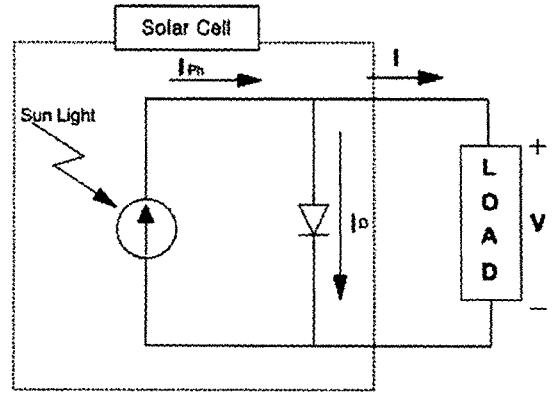


그림 3 태양전지 등가회로
Fig. 3 The equivalent circuit of solar cell

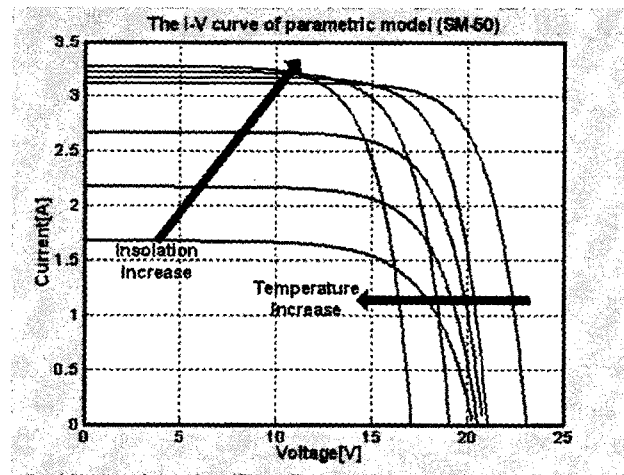


그림 4 개선된 매개변수형 모델의 출력 특성
Fig. 4 The I-V curve of improved parametric model

$$k = \frac{\log\left(1 - \frac{I_{mp}^* - \beta_1 \Delta S - \beta_2 \Delta T}{I_{SC}^* - \beta_1 \Delta S - \beta_2 \Delta T}\right)}{\frac{V_{mp}^* - \alpha_1 \Delta S - \alpha_2 \Delta T}{V_{OC}^* - \alpha_1 \Delta S - \alpha_2 \Delta T}} \quad (3)$$

여기서, 첨자 *는 기준온도(25°C)와 기준일사량(100 mW/cm²)에서의 값이고 $\alpha_1 = \frac{\Delta V_{OC}}{\Delta S}$, $\beta_1 = \frac{\Delta I_{SC}}{\Delta S}$ 은 각각 일사량 변화시 전압과 전류계수이고 $\alpha_2 = \frac{\Delta V_{OC}}{\Delta T}$, $\beta_2 = \frac{\Delta I_{SC}}{\Delta T}$ 는 온도 변화시 전압과 전류계수이다.

그림 4에서 보여주듯이 개선된 매개변수형 모델은 기존의 모델과 같이 태양전지의 출력특성을 구현하고 있다.

1.2 개선된 보간형 모델

보간형 모델은 태양전지의 V-I 특성곡선으로부터 보간식을 구한 것이다^[5]. 보간식은 태양전지의 V-I 특성곡선으로부터 비선형 연립방정식을 통해

다음과 같이 정리 된다.

$$\left(\frac{V}{V_{OC}^* - \alpha_1 \Delta S - \alpha_2 \Delta T}\right)^{m^* - \gamma_1 \Delta S - \gamma_2 \Delta T} + \left(\frac{I}{I_{SC}^* - \beta_1 \Delta S - \beta_2 \Delta T}\right)^{n^* - \delta_1 \Delta S - \delta_2 \Delta T} = 1 \quad (4)$$

여기서, $\gamma_1 = \frac{\Delta m}{\Delta S}$, $\delta_1 = \frac{\Delta n}{\Delta S}$ 은 일사량 변화시 m , n 의 계수이고 $\gamma_2 = \frac{\Delta m}{\Delta T}$, $\delta_2 = \frac{\Delta n}{\Delta T}$ 은 온도변화시 m , n 의 계수, m 은 전압상수, n 은 전류상수이다. 그림 5에서 개선된 매개변수형 모델은 기존의 모델과 마찬가지로 일사량과 온도변화에 따른 태양전지 특성을 보여주고 있다.

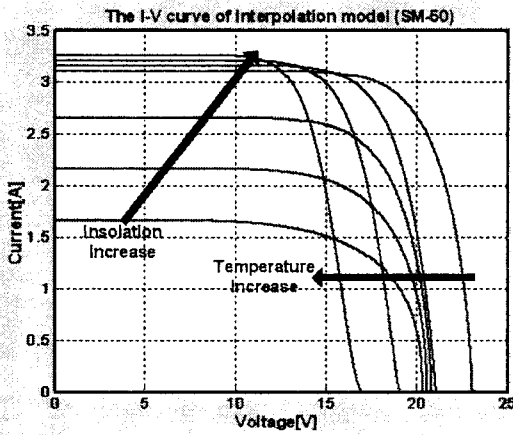


그림 5 개선된 매개변수형 모델의 출력 특성
Fig. 5 The I-V curve of improved interpolation model

3. 시뮬레이션

앞에서 제시한 태양전지의 V_{oc} , I_{sc} , V_{mp} , I_{mp} 는 온도와 일사량의 변화를 동시에 나타낸다. 이들을 기존의 매개변수형과 보간형 모델에 적용하면 각각 모델들의 단점을 해결할 수가 있다. 태양전지 제조사에서 제공하는 제한적인 특성이외에도 여러 가지 기상조건에서의 태양전지의 출력특성을 구현할 수 있다. 개선된 모델을 그림 6은 매개변수형 모델에 그림 7은 보간형 모델에 적용한 그래프로서 임의의 온도와 일사량 조건에서도 태양전지 특성을 구현할 수가 있다. 그림 6, 7에서 조건①은 한 여름에 일사량과 온도가 높을 때를 나타내고 조건②는 봄·가을에서의 온도와 높은 일사량에서의 특성을 나타내고 있다. 조건③은 해가 지는 저녁때의 특성을 나타내며 조건④는 겨울철 일사량은 높고 온도가 낮을 때의 특성을 나타낸 것이다. 그림 8은 우리나라 서울의 경우 월별 평균 기온과 일사량에 따른 매개

변수형과 보간형 모델을 함께 보여주고 있다.

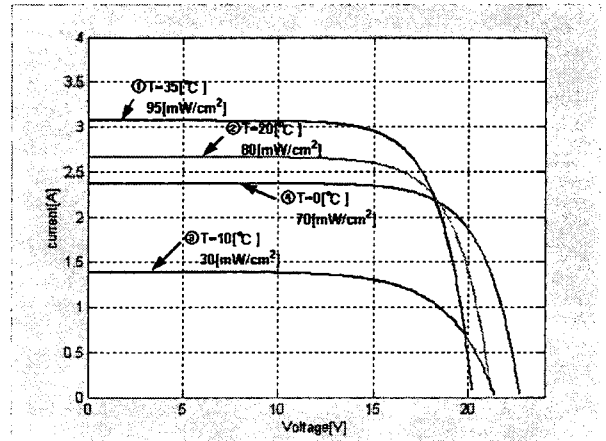


그림 6 임의의 조건에서 개선된 매개변수형 모델
Fig. 6 The improved parametric model under any condition

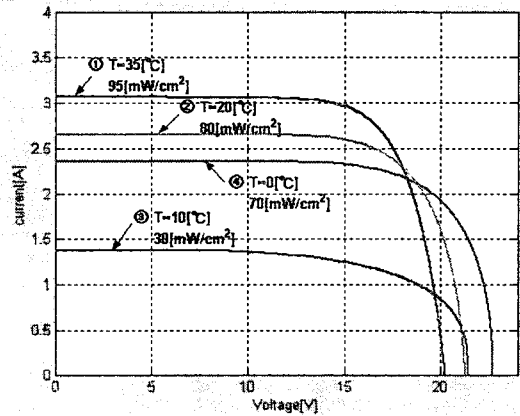


그림 7 임의의 조건에서 개선된 보간형 모델
Fig. 7 The improved interpolation model under any condition

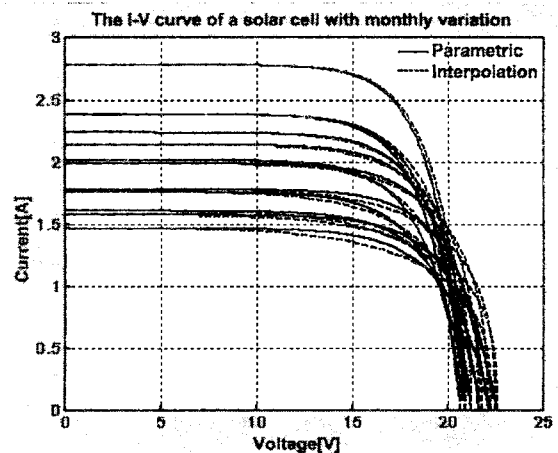


그림 8 태양전지 월별 출력특성
Fig. 8 The I-V curve of solar cell with monthly variation

4. 결 론

본 논문에서는 임의의 온도, 일사량변화에 대한 태양전지의 출력특성 구현을 위해 기존의 모델을 개선한 태양전지 모델을 나타내었다. 매개변수형 모델은 태양전지 소자 특성을 바탕으로 만들어진 식이므로 신뢰성을 보장받고 있지만 모델을 세우기 위해서는 많은 데이터를 필요로 하는 단점이 있다. 보간형 모델은 쉽게 태양전지의 출력특성을 구현할 수 있는 장점이 있지만 보간형 모델 식 자체에는 온도와 일사량에 관한 변수가 없기 때문에 제조 회사에 주어지는 일정한 데이터 안에서만 태양전지의 출력특성을 구현 할 수가 있었다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 개방전압, 단락전류, 최대전력점에서의 전압, 전류를 온도, 일사량에 관한 함수로 나타내어 특정 데이터에서가 아닌 임의의 온도, 일사량에서도 태양전지 출력 특성을 구현 할 수 있도록 하였다. 개선된 태양전지 모델의 출력특성은 실제 태양전지의 출력특성과 마찬가지로 온도 증가시 출력이 감소하고 일사량 증가시 출력이 증가하는 것을 MATLAB 시뮬레이션을 통해 확인할 수가 있었다.

향후 과제로, 보다 정확한 태양전지 출력특성 구현과 제안한 태양전지 출력특성 검증을 위해 다양한 온도, 일사량에서의 실제 태양전지 출력 데이터 수집이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Kazuhiko Kato, Yutaka Nobue, Tetsu Yokoka, Fumiaki Hayashi, Kazuhiro Yamada, Kiyoshi Shino and Ken-ichiro Ogawa, "Progress in PV Technology Development under the New Sunshine Program JFY 1997-2000-PV System Technology", Conference Record of the Twenty-Nineth IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pp. 1718-1721, 2002.
- [2] R. Ramakumar, Photovoltaic Systems, Proceedings of the IEEE, Vol. 81, No. 3, pp. 365-377, 1993.
- [3] R. Katan, V. G. Agelidis, C. V. Nayar, Pspice Modeling of Photovoltaic Arrays, International Journal Electrical Engineering Education, pp. 319-332, 1995.
- [4] F. Nakanishi, T. Ikegami, K. Ebihara, S. Kuriyama, Y. Shota, Modeling and Operation of a 10kW Photovoltaic Power Generator using Equivalent Electric Circuit Method, Conference Record of the Twenty-Eighth IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pp. 1703-1706, 2000.
- [5] Y. Iida, Y. Fuchikami and Y. Neda, Analysis of

step-up chopper with photovoltaic array, IEEE Japan Annual Meeting, Vol. 841, No.4, pp. 4-18, 1999.