

태양광 패널의 등가회로 모델링 알고리즘 개선

Improved Parameter Extraction Algorithm for Photovoltaic Array Circuit Model

저자 (Authors)	박준영, 최성진 Jun-Young Park, Sung-Jin Choi
출처 (Source)	전력전자학술대회논문집 , 2014.7, 369-370 (2 pages) Power Electronics Annual Conference , 2014.7, 369-370 (2 pages)
발행처 (Publisher)	전력전자학회 THE KOREAN INSTITUTE OF POWER ELECTRONICS
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE02439936
APA Style	박준영, 최성진 (2014). 태양광 패널의 등가회로 모델링 알고리즘 개선. 전력전자학술대회논문집, 369-370.
이용정보 (Accessed)	203.250.84.*** 2017/08/01 16:15 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독 계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

태양광 패널의 등가회로 모델링 알고리즘 개선

박준영, 최성진
울산대학교 전기공학부

Improved Parameter Extraction Algorithm for Photovoltaic Array Circuit Model

Jun-Young Park and Sung-Jin Choi
School of Electrical Engineering, University of Ulsan

ABSTRACT

태양광 PCS개발과정에서는 온도나 방사량 등을 변화시키며 태양전지 패널의 I-V곡선을 모사할 수 있는 태양광 시뮬레이션 모델이 필요하다. 이러한 용도로 볼 때 특히 다이오드 기반의 등가회로 모델은 물리적인 성질을 바탕으로 태양광 패널의 특성을 비교적 정확히 설명할 수 있으나 특유의 비선형성으로 인하여 복잡한 회로 모델 파라미터 추출 기법을 필요로 한다. 본 논문에서는 데이터 시트값에 기반한 새로운 태양광 패널 회로 모델링 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법의 성능을 검증하기 위해 단결정 태양광 패널의 실제 데이터를 기반으로 최대전력점 $\pm 10\%$ 부근의 전류오차 적분값을 기준으로 기존 방법과 정확도를 비교한 결과 20%의 정확도 개선을 얻었다.

1. 서론

통상 태양광PCS(power conditioning system)는 에너지 이용을 극대화 하기 위해서 최대전력점 추종을 사용하는데, 이는 태양광(photovoltaic)패널모델의 최대전력점(maximum power point) 부근에서의 정확도가 중요함을 의미하며, 이를 위해서 패널의 특성을 최소화한 과정으로 빠르고 정확하게 추출할 수 있는 모델링방법이 필요하다.

패널의 I-V특성을 나타내는 단일 다이오드 모델은 그림 1과 같이 표현되며, 이 모델을 수학적으로 표현하면 다음과 같다. 여기서 전기적 등가회로 구현을 위한 주요 파라미터 R_s , R_{sh} , A 는 여러 모델링 방법을 이용해서 얻을 수 있지만, 최근의 연구동향은 데이터시트에서 얻을 수 있는 값들만 이용해서 파라미터를 추출하는 것이다[1~3].

본 논문은 최대전력점부근에서의 정확도가 기존의 방법보다 개선된 태양광 패널 모델링 알고리즘을 제시한다. 제안방법으로 도출한 특성곡선과 실제 패널의 데이터를 이용함으로써 그 타당성을 검증한다.

$$i = I_{ph} - I_o \left(e^{\frac{v+iR_s}{N_s V_T}} - 1 \right) - (v+iR_s)G_{sh} \quad (1)$$

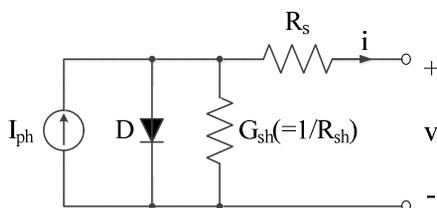


Fig 1. Single-diode model of PV panel

$$V_T = \frac{AKT}{q} \quad (2)$$

2. 제안 알고리즘

식(1)은 최대전력점(V_{mpp} , I_{mpp})점을 지나야 하므로 식(3)을 얻을 수 있고 최대전력점을 P_{mpp} 라 정의하면 식(4)를 만족한다.

$$I_{mpp} = I_{ph} - I_o e^{\frac{V_{mpp} + I_{mpp} R_s}{N_s V_T}} - (V_{mpp} + I_{mpp} R_s) G_{sh} \quad (3)$$

$$P_{mpp} = \left(I_{ph} - I_o e^{\frac{V_{mpp} + I_{mpp} R_s}{N_s V_T}} - (V_{mpp} + I_{mpp} R_s) G_{sh} \right) V_{mpp} \quad (4)$$

여기서 최대전력점에서 접선의 기울기를 표현하면 다음과 같다.

$$\frac{dP}{dV} \Big|_{@mpp} = I_{mpp} + V_{mpp} \frac{-\frac{(I_{sc}/G_{sh} - V_{oc} + I_{sc} R_s) G_{sh}}{N_s V_T} e^{\frac{V_{mpp} + I_{mpp} R_s - V_{oc}}{N_s V_T}} - G_{sh}}{I + \frac{R_s (I_{sc}/G_{sh} - V_{oc} + I_{sc} R_s) G_{sh}}{N_s V_T} e^{\frac{V_{mpp} + I_{mpp} R_s - V_{oc}}{N_s V_T}} + R_s G_{sh}} \quad (5)$$

식(3)을 V_T 에 대해서 정리하면

$$V_T = \frac{V_{mpp} + I_{mpp} R_s - V_{oc}}{N_s \ln \left(\frac{I_{mpp} - I_{sc} + (V_{mpp} + I_{mpp} R_s - I_{sc} R_s) G_{sh}}{-I_{sc} + (V_{oc} + I_{sc} R_s) G_{sh}} \right)} \quad (6)$$

또, 식(5)로부터 다음을 얻는다.

$$\frac{I}{G_{sh}} = \frac{-V_{oc} + I_{sc} R_s}{\left(\frac{-I_{mpp}}{I_{mpp} R_s - V_{mpp}} \right) N_s V_T e^{\frac{V_{mpp} + I_{mpp} R_s - V_{oc}}{N_s V_T}} - I_{sc}} \quad (7)$$

식(7)에 식(6)을 대입하고 그 식의 우변을 함수 $g(R_s, G_{sh})$ 라 두고 다음의 식(8)에 대하여 R_s 를 조금씩 증가시키며 수치해석을 이용하면 R_s 와 G_{sh} 의 값을 얻을 수 있는데 구해진 값이 아래의 조건(9), (10)을 만족하면 그 값이 해가 되는 것이다.

$$G_{sh} - \frac{I}{g(R_s, G_{sh})} = 0 \quad (8)$$

$$\left. \frac{dP}{dV} \right|_{@mpp} \leq \delta_1 \quad (9)$$

$$\left| \frac{P_{mpp, sheet} - P_{mpp, model}}{P_{mpp, sheet}} \right| \leq \delta_2 \quad (10)$$

여기서 $P_{mpp, sheet}$ 는 데이터시트에 주어진 STC(standard test condition)조건의 최대전력값이고 $P_{mpp, model}$ 은 제안모델의 최대전력값이다. 최종적으로 R_s , G_{sh} 값을 통해 식(6)과 (2)로 A를 구한다. 이를 순서대로 표현하면 그림 2와 같다.

본 논문에서는이분법(bisection method)를 사용해방정식의 풀이를 하며, δ_1 과 δ_2 는 알고리즘의 정확도와 수렴속도를 결정하는데 본 논문은 $\delta_1=0.1$, $\delta_2=0.01$ 로 두었다. 그리고 R_s , G_{sh} 의 초기값은 다음과 같이 주도록 하였다.

$$R_s \in (0, \frac{V_{oc} - V_{mpp}}{I_{mpp}}) \quad (11)$$

$$G_{sh} \in (0, \frac{I_{sc} - I_{mpp}}{V_{mpp}}) \quad (12)$$

3. 알고리즘구현 및성능비교

결정형 패널의 I-V특성 데이터[3](AT50 - Air ThermSolartechnik 社)를 기반으로기존방법과 제안방법을 통해 PSIM 등가회로 모델을 만들어 I-V특성을 추출하고 비교하였다. 특히EN50530규정에 준해최대전력점 $\pm 10\%$ 부근에서의전류오차를 적분하고 비교하여정확도를 검증하였다. 그림3은 실제패널의 각 방법에 대한 I-V특성커브와 최대전력점 부근에서 전류의 오차를 비교한 그래프이며, 표1에 전류오차 적분값을 정규화하여 제시하였다. 그림3에서 문헌[1]의 방법은 P-V곡선의 최대 전력점에서의 접선기울기와 I_{sc} 점에서의 기울기를 판정 기준으로 삼기 때문에 오차가 좀 더 높을 수 있다. 문헌[2]의 방법은 사용자가 실제 PV패널의 I-V 특성커브를 바탕으로 A를 적당한 값으로 맞춰야 하므로 시행착오적인 과정을 동반하고 알고리즘의 정확도를 보장하기 어렵다. 제안방법은 최대전력점부근의 오차적분 10% 정도 개선됨을 확인하였다.

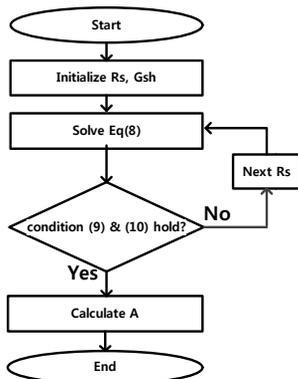
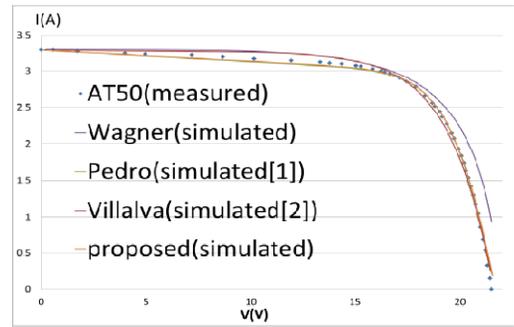


Fig 2. Flow chart of the proposed method

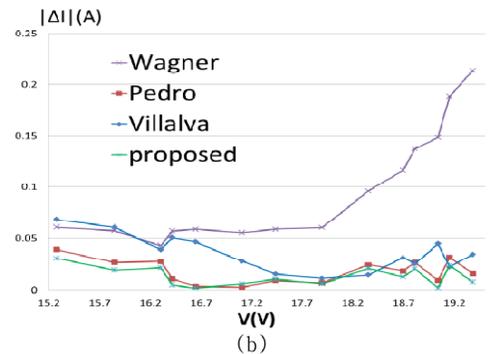
Table 1. Integration of absolute current error near MPP

	전류오차적분	백분율(%)
Proposed	0.055	100

Wagner	0.331	600
Pedro [1]	0.071	128
Villalva(A=2) [2]	0.141	256



(a)



(b)

Fig 3. Performance comparison

(a) I-V curve (b) absolute current error near MPP

4. 결론

제안방법은 패널의 데이터시트 값만 알고 있으면 비교적 빠르고 정확하게 회로모델을 구축할 수 있는 방법으로 추가적인 측정을 할 필요가 없다는 장점이 있어 이를 이용하면 실제패널 없이도 데이터 시트에 제공된 정보만으로패널의 성능평가나 PCS의 효율예측 등의 다양한 활용이 가능하다.

특히 최대전력점부근의 정확도가 기존보다 향상되도록 P_{mpp} 값과 이 점에서의 dP/dV 값을 동시에 비교하므로 이에 따라서 최대전력점에서의 오차를 더욱 줄일 수 있었다.

본 알고리즘은 결정형패널에만 적용하였지만향후에는 비결정형패널도 모델링이가능하도록 알고리즘을 개선할예정이다.

참고문헌

- [1] D.Sera, R.Teodorescu, and P.Rodriguez, "PVPanel Model Based on Datasheet Values," in Proc. on ISIE07, 2007, pp. 2392-2396
- [2] M.G.Villalva, J.R.Gazoli, and E.R.Filho, "Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays," IEEE Trans. on PE, Vol. 24, No. 5, pp. 1198-1208, May 2009.
- [3] H.-A. Park and H.-S. Kim, "Mathematical Consideration on PV Cell Modeling," Transactions of Korean Institute of Power Electronics, Vol. 19, No. 1, pp. 51-56, Feb. 2014