

다양한 재질의 PV cell에 적용 가능한 PV cell model 개발

박현아, 김호성

공주대학교 전기전자제어공학부

Development of PV cell model for various PV cell material

Hyeonah Park, Hyosung Kim

School of EE and control Engineering, Kongju National University

ABSTRACT

PV 시뮬레이터는 제한된 공간에서 PCS(Power Conditioning System)의 성능을 평가하거나, 고장유무를 검사하는데 필수적인 장비이다. PV 시뮬레이터가 PV 어레이와 동일한 동작을 하기 위해서는 다양한 재질의 PV cell에 대하여 모델링이 가능해야 한다. 본 논문은 EN50530^[1]에 규정되어 있는 최대전력운전범위인 $V_{MPP} \pm 10\%$ 구간에서 발생하는 오차를 다른 PV cell 모델링 알고리즘과 비교하고 제안한 알고리즘의 우수함을 증명하였다.

1. 서론

PV 시뮬레이터의 정밀한 동작을 위해서는 아몰퍼스박막형, 결정질리콘형, Tandem형 등과 같은 다양한 재질에서도 오차가 작은 PV cell 모델링이 필요하다. 본 논문에서는 기존 논문의 알고리즘과 비교하여 다양한 재질에서도 오차가 작은 PV cell 모델링 방법을 제시한다. 제안된 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 PV cell 제조사의 데이터시트에 제시된 특성 커브와 비교하여 각 알고리즘의 오차를 비교한다.

2. PV cell 모델링

2.1 기본 이론

PV cell 모델링을 하기 위한 PV cell 등가회로와 특성 커브는 그림 1과 같으며, 등가회로를 기반으로 한 PV cell의 I-V 특성 방정식은 (1)과 같다.

$$i = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{v+iR_s}{n_s v_t}} - 1 \right) - \frac{v+iR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

I_{ph} : Current generated by the incident light

I_0 : Diode saturation current

R_{sh} : Cell parallel(shunt) resistance, R_s : Cell series resistance

n_s : Number of PV cells connected in series

v_t : Ideal unit Cell thermal voltage (akT/q)

a : diode quality (ideality) factor

k : Boltzmann's constant(1.381×10^{-23}), q : Charge of the electron(1.602×10^{-19})

T : Kelvin Temperature at standard test condition($25+273.15$)

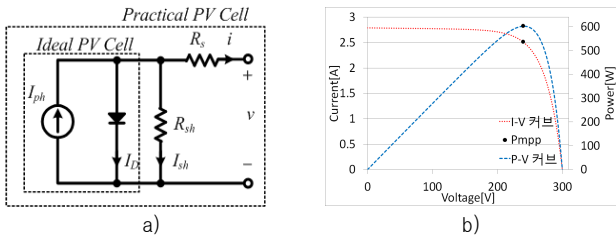


그림 1 a) PV cell의 단일 등가회로, b) I-V & P-V 커브
PV cell 제조사의 데이터시트에 특성곡선을 찾기 위한 3

개의 Remarkable Point인 V_{oc} , I_{sc} , P_{MPP} 가 제공된다. PV cell 모델링을 하기 위해서는 이 값을 이용하여 R_s , R_{sh} , I_{ph} , I_0 , v_t 와 같은 파라미터 값을 도출해내야 한다.

2.2 제안된 PV cell 모델링

본 논문에서는 기존의 알고리즘과 달리 적은 반복계산에 의하여 결과를 도출할 수 있고, PV 어레이 데이터시트의 I-V & P-V 커브의 오차를 최소화 시킬 수 있는 K 알고리즘을 제안한다. K 알고리즘의 수식 전개는 다음과 같다.

$$R_{s_step} = \frac{V_{oc} - V_{MPP}}{\frac{I_{MPP}}{1000}} \quad (2)$$

$$R_s = R_{s_step} \quad (3)$$

$$v_t = \frac{1.25kT}{q} \quad (4)$$

$$R_{sh} = \frac{N_2 R_s^2 + N_1 R_s + N_0}{(I_{MPP} - I_{sc}) R_s + I_{sc} R_{MPP} - V_{MPP} - n_s v_t} \quad (5)$$

식(3), (4)를 이용하여 R_s 와 v_t 의 초기값을 설정하고, 식(5)에 대입하여 R_{sh} 를 계산한다.

$$R_s = R_s + R_{s_step} \quad (6)$$

$$v_t = \frac{I_{sc} R_s - V_{oc}}{n_s \ln \left[\frac{n_s v_t R_s}{(I_{sc} R_{sh} + I_{sc} R_s - V_{oc})(R_{sh} - R_s)} \right]} \quad (7 \ 1)$$

$$v_t = \frac{I_{sc} R_s - V_{oc}}{n_s \ln \left[\frac{n_s v_t R_s}{(I_{sc} R_{sh} + I_{sc} R_s - V_{oc})(R_{sh} - R_s)} \right]} + R_s \times K_s \quad (7 \ 2)$$

(단, K_s 는 0.5일 때 최적)

$$v_t = \frac{V_{MPP} + I_{MPP} R_s - V_{oc}}{n_s \ln \left[\frac{n_s v_t (R_{sh} + R_s - R_{MPP})}{(I_{sc} R_{sh} + I_{sc} R_s - V_{oc})(R_{sh} - R_s)} \right]} \quad (7 \ 3)$$

$$R_{s_comp} = \frac{-(BD_0 - DN_0)}{(CD_0 + BD_1 - DN_1)} \quad (8)$$

$$R_{sh_comp} = \frac{B + CR_s}{D} \quad (9)$$

R_{s_comp} 는 R_s 의 수렴판단 조건으로, R_{sh_comp} 는 R_{sh} 의 수렴판단 조건으로 사용한다.

$$B = -V_{MPP} + \frac{n_s v_t I_{MPP} V_{oc}}{I_{sc} V_{MPP}} \quad (10)$$

$$C = I_{sc} - I_{MPP} - \frac{n_s v_t I_{MPP}}{V_{MPP}} \quad (11)$$

$$D = I_{MPP} - I_{sc} - I_{sc} e^{\frac{V_{MPP} + I_{MPP} R_s - V_{oc}}{n_s v_t}} \quad (12)$$

$$N_0 = R_{MPP} (V_{MPP} - n_s v_t) \quad (13)$$

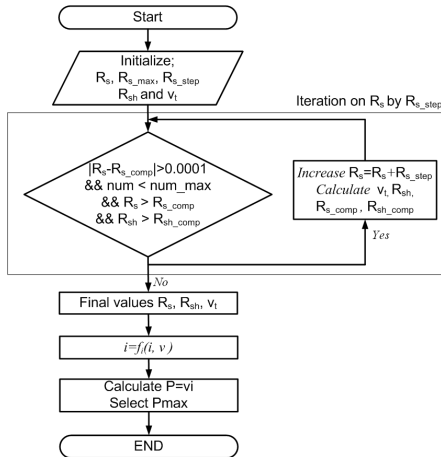


그림 2 K-알고리즘 Flow Chart

$$N_1 = n_s v_t - I_{sc} R_{MPP} \quad (14)$$

$$D_0 = I_{sc} R_{MPP} - V_{MPP} - n_s v_t \quad (15)$$

$$D_1 = I_{MPP} - I_{sc} \quad (16)$$

그림2는 제안된 K 알고리즘의 순서도를 보인다. 반복루틴에서 R_s 는 R_{s_step} 만큼씩 증가하고 R_{s_comp} 보다 값이 커야한다. R_s 의 값이 주어지면 R_{sh} , v_t 의 값이 종속적으로 결정 된다. 반복루틴 내에서 R_{sh} 는 R_{sh_comp} 보다 값이 커야한다. R_{s_comp} 근과의 차이가 0.0001 이하인 경우 R_s 의 값을 찾은 것으로 간주하여 반복루틴을 종료한다.

v_t 의 수식정의에 따라 식 7 1을 K1 알고리즘, 식 7 2를 K2 알고리즘, 식 7 3을 K3 알고리즘이라고 이름한다.

2.2 제안된 알고리즘의 타당성 검토

제안된 K 알고리즘을 사용하여 결정실리콘형, 아몰퍼스박막형, Tandem형의 세 가지 다른 종류의 PV cell에 대하여 I V 커브를 구하면 그림 3, 4, 5와 같다.

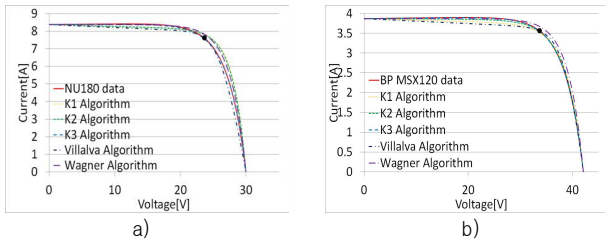


그림 3 결정실리콘 알고리즘 I-V Curve 비교 a) NU180, b) BP MSX120

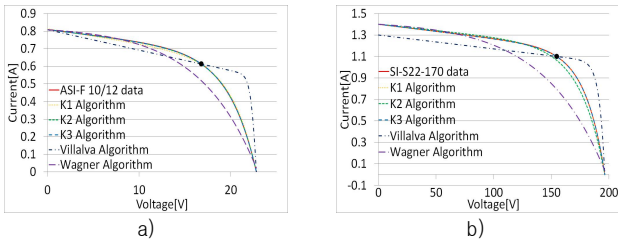


그림 4 아몰퍼스박막형 알고리즘 I-V Curve 비교 a) ASI-F 10/12, b) SI-S22-170

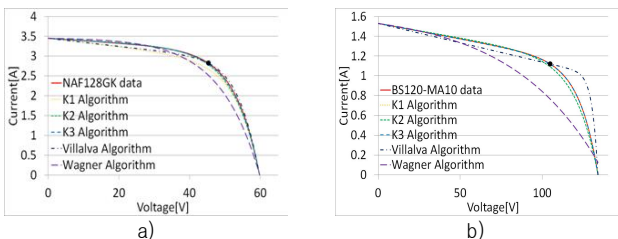


그림 5 Tandem 알고리즘 I-V Curve 비교 a) NAF128GK, b) BS120-MA10

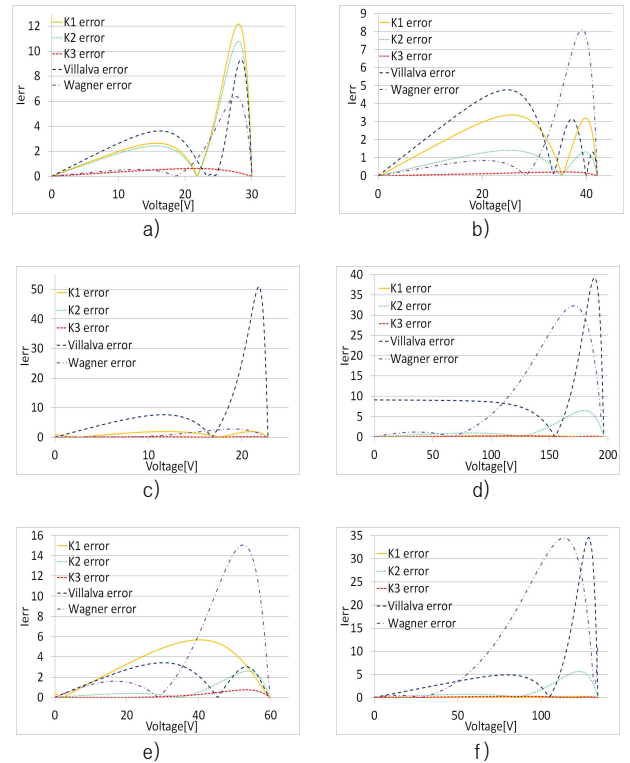


그림 6 오차 적분 비교 a) NU180, b) BP MSX120, c) ASI-F 10/12, d) SI-S22-170, e) NAF128GK, f) BS120-MA10

표 1 각 어레이의 오차 적분 비교

PV 어레이 알고리즘	NU180	BP MSX120	ASI-F 10/12	SI-S22 -170	NAF1 28GK	BS120 -MA10
K1 알고리즘	3.42	1.466	0.692	0.173	4.988	0.12
K2 알고리즘	3.136	0.579	0.019	3.053	1.2	2.659
K3 알고리즘	0.591	0.209	0.057	0.122	0.442	0.17
Villalva 알고리즘	0.812	1.875	3.575	3.789	0.927	3.382
Wagner 알고리즘	3.08	3.317	2.329	25.942	9.5	31.67

* 적분 범위 $V=0.9 \cdot V_{MPP} \sim 1.1 \cdot V_{MPP}$

EN50530규정에 명시된 P_{MPP} 의 동작 범위인 $V_{MPP} \pm 10\%$ 에서 오차를 적분 하면 그림 6과 표 1과 같다. 제안된 알고리즘이 기존 알고리즘과 비교하여 PV cell의 재질에 상관없이 특성커브에서의 오차적분 값이 작은 것을 확인 할 수 있다. 또한 제안된 알고리즘 중에서 K3 알고리즘이 모든 재질의 PV cell에 대하여 가장 우수한 성능을 나타냄을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 다양한 재질의 PV cell에 대하여 모델링이 가능한 PV cell모델링 알고리즘을 제시하였다. 기존의 Villalva 알고리즘, Wagner 알고리즘의 경우 PV cell 재질에 따라 특성커브를 구현하지 못하는 경우가 있었고, Villalva 알고리즘은 여러 번 반복해야 하는 문제가 있었다. 제안된 알고리즘은 PV cell 재질에 관계없이 PV cell의 데이터시트에 제시된 특성커브를 잘 재현하였고, 비교적 적은 반복계산에 의하여 결과를 도출하였다.

이 논문은 카코뉴에너지의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

[1] IEC EN50530 Standard for Overall efficiency of photovoltaic inverters, CENELEC, Stassart 35, B 1050 Brussels.