

박막형 태양전지 특성 분석 및 시뮬레이션 모델 구축에 관한 연구

이대희, 김남준
대진대학교 전기공학과

Study on characteristic analysis and simulation modeling of Thin film solar cell.

Dai-Hee Lee, Nam-Jun Kim

School of Electrical Engineering DaeJin University, Sundan-dong, Pochun 487-711, Korea

ABSTRACT

최근 박막형 태양전지에 관한 연구가 한국에서 활발이 이루어지고 있다. 이에 박막형 태양전지에 대해서 알아보고 박막형 태양전지를 회로 시뮬레이터에 구현 가능한 등가 모델링을 수행하고 시뮬레이션으로부터 나온 결과를 실제 모델 데이터와 비교하였다. .

1. 서론

최근 차세대 태양광발전 기술인 박막형 태양전지 분야에 대한 연구가 활발이 이루어지고 있다. 높은 변환효율을 갖는 시스템을 설계하기 위하여, 태양전지 패널의 특성을 정확히 파악하는 것이 중요하다. 태양전지 패널의 특성 파라미터는 개발된 태양전지 패널의 성능 평가, 전력변환기의 효율 개선, 발전 시스템의 스트링 구조 설계 등에 활용될 수 있다.

태양전지 패널은 단일 다이오드 모델의 I-V 관계식에서, 정확한 파라미터를 얻는 것은 수학적으로 복잡한 과정이 필요하다. 이 과정을 최소화 하기 위해 I-V 특성을 통해 태양전지 패널의 모델 파라미터를 추출하고 이를 시뮬레이션에 적용, 그 결과를 실제 모델 데이터와 비교하여 타당성을 입증하고자 한다. [1]

2. 박막형 태양전지

박막형 태양전지는 IT 기술을 기반으로 한다. 또한, 실리콘 태양전지에 비하여 에너지 회수시간이 반으로 짧고, 초박막화 및 대면적화가 가능하기 때문에 추가적인 재료 절감과 롤투롤(roll to roll) 생산 기술의 개발 등으로 혁신적인 생산 비용 절감이 가능할 것으로 전망되고 있다.

하지만 박막형 태양전지는 대면적 태양전지의 에너지 전환 효율이 결정형 실리콘에 비하여 많이 낮다. [표1]은 실험실 세 효율의 비교표이다. 실험실 효율은 실리콘 태양전지와 대등한 수준이다. 그러나 양산되는 실리콘 태양전지 모듈 효율은 85% 수준인 반면, CIS/CIGS 태양전지의 경우는 60%에 불과하다. 박막형 태양전지에서는 셀과 모듈 사이의 효율 격차가 크게 나타나고 있다.

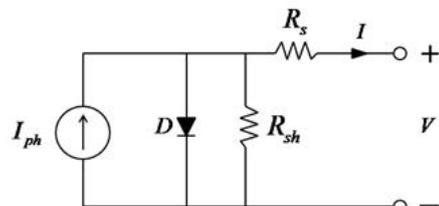
CIGS 태양전지는 박막형이기 때문에 제조에 소요되는 에너지가 작아서 결정형에 비하여 에너지 비용 회수시간도 짧을 뿐만 아니라, 소재 비용도 대폭 줄일 수 있어서 제조 단가를 표

준 결정형 실리콘태양전지 대비 50%대로 획기적으로 낮출 수 있다

[표1] 양산 효율 및 셀 효율 비교표

구분	셀기술	최고 양산 효율 (%)	최고 실험실 효율 (%)
결정형	단결정 실리콘	20	25
	폴리 실리콘	17.5	20.3
	리본/Sheet Si	20	22
	집광형 Si Cell	24(si)	29(Si),36(GaAsP)
박막형	비정질 실리콘(a-Si)	8.0	12~16
	CIS/CIGS	12	19.9
	CdTe	10	16

3. 태양전지 패널 특성 모델



[그림 1] 태양전지 패널의 단일 다이오드 모델

태양전지 패널의 정특성을 나타내는 단일 다이오드 모델은 그림 1과 같다.

그림1의 모델에 해당하는 수학적 표현은 다음과 같다.

$$I = I_{ph} - I_o \left(\exp \frac{V - IR_s}{N_s V_t} - 1 \right) - \frac{V + IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

수식 안의 파라미터들은 각각

$$V_t = \frac{AkT}{q} : \text{열전압}$$

I_o : 암전류
 R_s : 패널의 직렬저항
 R_{sh} : 패널의 병렬저항
 A : 다이오드의 이상 계수
 k : 볼츠만상수
 q : 전자의 전하량
 N_s : 패널내의 태양전지 직렬연결 수
 T : 절대온도

와 같다.

태양전지 패널의 특성을 파악을 위하여, 미정계수인 I_{ph} , I_o , R_s , R_{sh} , A 등 5개의 파라미터의 정확한 값이 필요하다.

이는 제조사에서 제공하는 I-V 특성곡선을 활용하여 구할 수 있다.^[2]

4. 시뮬레이션

I-V 특성곡선을 활용하여 각 파라미터의 값을 구한 후 그 과정과 식[1]을 이용하여 시뮬레이션을 구성하고 실행해보았다.

$k=1.38 \times 10^{-23}$;
 $q=1.62 \times 10^{-19}$;
 $R_{sh}=R_{sho}$;

$A = (1/N_s) * (q / (k * T)) * ((V_{oc} - V_{oc2}) / \log((I_{sc} - (V_{oc} / R_{sh})) / (I_{sc2} - (V_{oc2} / R_{sh}))))$;

$V_t = (k / q) * A * T$;

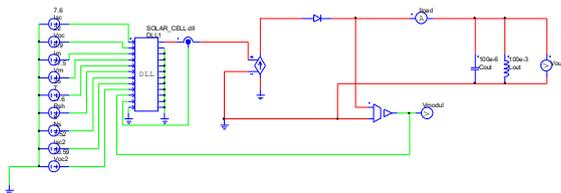
$I_o = (I_{sc} - (V_{oc} / R_{sh})) / \exp(V_{oc} / (N_s * V_t))$;

$R_s = ((N_s * V_t) / I_m) * \log(((I_o * \exp(V_{oc} / (N_s * V_t))) + ((V_{oc} - V_m) / R_{sh}) - I_m) / I_o * \exp(V_m / (N_s * V_t)))$;

$I_{ph} = I_{sc} + I_o * (\exp((I_{sc} * R_s) / (N_s * V_t))) + ((I_{sc} * R_s) / R_{sh})$;

$I = I_{ph} - (I_o * (\exp((V + (I * R_s)) / (N_s * V_t)) - 1)) - ((V + (I * R_s)) / R_{sh})$;

if ($I < 0$) $I = 0$;
 out[0]=I;



[그림2] 시뮬레이션의 실제 구성도

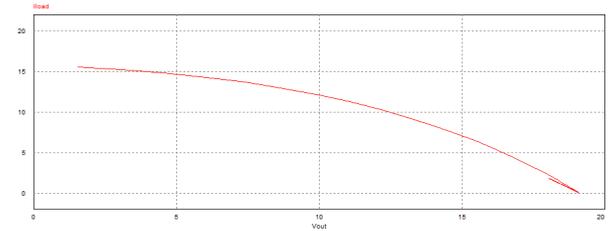
실제 데이터와 비교하기 위해 YL75Wp의 데이터와 비교하였으며 YL75Wp의 파라미터는 다음과 같다.

ELECTRICAL PARAMETER

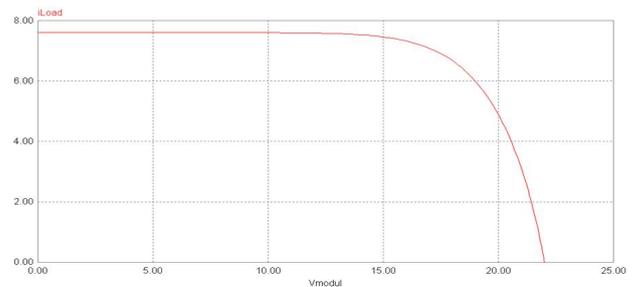
Module type	75(17)P1172x541
Cell	Poly-crystal silicon
No. of Cells and Connections	36 in series
Maximum Power (Pm)	75W±3%
Maximum Power Voltage (Vpm)	17.5V
Maximum Power Current (Ipm)	4.3A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.0V
Short Circuit Current (Isc)	4.7A
Module Efficiency	11.8%
Cell Efficiency	13.3%

(* (STC) Standard Test Conditions: 25°C, 1 kW/m2, AM 1.5)

[표2] YL75Wp의 파라미터



[그림3] 시뮬레이션을 통한 I-V 특성곡선



[그림4] YL120Wp의 실제 I-V 특성곡선

5. 결론

I-V 특성곡선을 이용하여 파라미터를 구하고, Psim을 이용하여 실제 적용, 시뮬레이션을 돌려서 확인해보았다. 매개변수형 모델은 실제 파라미터를 구하기 힘들기 때문에 I-V 특성곡선을 이용하여 파라미터를 구하고, 시뮬레이션 모델링에 적용하기 위한 연구가 계속 진행되고 있다.

참고 문헌

- [1] 김제하, 주무정, 정용덕, 박래만, 성희경, “박막형 태양전지 기술 및 산업 동향”, 전자통신동향분석 제 23권 제6호 2008
- [2] 최성원, 류지형, 이창구, “I-V 특성곡선을 통한 태양전지 패널의 모델 파라미터 추출 방법”, 한국산학기술학회논문지, pp. 847~851, 2011
- [3] 최경하, 증병환, 강병희, 이명운, “가상구현 태양전지 시스템을 위한 태양전지의 새로운 모델링”. 전력전자학회논문지, 2006
- [4] 황계호, 김원근, 윤정보, 문인호, 이봉섭, 정도영 “독립형 태양광 시스템에 적용한 태양광 모듈 시뮬레이션에 관한 연구” 조명.전기설비학회논문지, pp 131~137, 2009
- [5] 최규하, 정병환, 강병희, 이명언, “가상구현 태양전지 시스템을 위한 태양전지의 새로운 모델링, 전력전자학회논문지, 2006