

태양전지의 단락전류 편차가 태양전지모듈에 미치는 전기적인 영향 분석

김승태*, 박지홍*, 강기환**, 안형근*, 한득영*, 유권종**
 건국대학교 전기공학과*, 한국에너지기술연구원**

The electrical effects of PV cell's short-circuit current difference for PV module application

Seungtae Kim*, Chi-Hong Park*, Gi-Hwan Kang**, Hyungkeun Ahn*, Deuk-Young Han* and Gwon-Jong Yu**
 Konkuk Univ.*, Korea Institute of Energy Research**

Abstract : Photovoltaic module consists of serially connected solar cell which has low voltage characteristics. But, the other way, the whole current flow of PV module is restricted by lowest current of one solar cell. For the experiment, we make PV module composing the solar cells that have short circuit current difference of 0%, 1%, 3% and 5%. Using Light I-V and Dark I-V measurements, electrical characteristic parameters like Isc(short-circuit current), Voc(open-circuit voltage), Rs(series resistance), Rsh(shunt resistance) are analyzed. PV module of low current characteristics has electrical stress from other modules. And, such a module has a tendency of hot-spot suffering which leads degradation.

Key Words : PV cell, PV module, short-circuit current, Light I-V, Dark I-V

1. 서 론

태양광발전시스템은 우리나라를 비롯한 미국, 일본, 유럽 등 많은 나라에서 설치 비율이 증가하고 있으며, 수명이 20년 이상이며 유지·보수비용이 적은 이점이 있다. 이러한 태양광발전시스템의 수명을 결정짓는 여러 가지 요인 중 태양전지모듈의 비중이 가장 크다. 태양전지모듈은 낮은 전압 특성을 갖는 태양전지 수십장을 직렬연결해서 제작함으로써 태양전지모듈의 전압은 높아진다. 하지만 반대로 태양전지모듈의 전류 값은 가장 낮은 전류 특성의 태양전지에 의해 결정된다. 이러한 문제점은 태양전지모듈 대부분의 제작사들이 최대출력 값을 기준으로 태양전지를 선정하여 태양전지모듈을 제작하면서 발생한다. 태양전지모듈의 출력을 저하시키는 노화의 원인은 다양하지만 그 중 제조공정에서 피할 수 없는 단락전류의 편차에 의한 전기적 출력 손실을 들 수 있다. 그로인해 핫스팟 현상이 발생하고 노화의 속도를 증가 시킬 것이다. 본 논문에서는 태양전지의 단락전류 편차가 태양전지모듈에 미치는 전기적인 영향을 분석 하였다.

태양 빛을 받아 발생한 광전류(I_L)에서 다이오드에 흐르는 전류 I_D , 병렬저항에 흐르는 전류 I_{sh} 를 빼 준 값이 된다.

$$I = I_L - I_0 \left(\exp\left(\frac{q \times (V + I \times R_s)}{n \times k \times T}\right) - 1 \right) - \frac{V + I \times R_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

I_L : 광전류, I_0 : 역포화전류
 R_s : 직렬저항, R_{sh} : 병렬저항
 T : 절대온도, n : 다이오드지수
 q : 전하량(1.6×10^{-19})
 k : 볼츠만상수(1.38×10^{-23})

이때 단락전류(I_{sc})는 병렬저항(R_{sh}), 개방전압(V_{oc})는 직렬저항(R_s)의 크기에 따라 변한다. 단락전류의 크기가 다른 태양전지의 합성 단락전류를 구하는 방법을 도식화 하면 그림 1과 같다. 높은 단락전류 I_{sc2} 와 낮은 단락전류 I_{sc1} 의 합성 단락전류는 낮은 단락전류 I_{sc1} 의 I-V 그래프를 전류(I)축에 대칭이동 시킨 연장선이 높은 단락전류 I_{sc2} 와 교차점이 합성 단락전류가 된다.

2. 실험방법 및 실험장치

본 실험에서는 일정한 정격출력(P_{max})을 갖는 태양전지 395매를 측정하여, 단락전류(I_{sc})의 편차를 각각 0%, 1%, 3%, 5%로 태양전지를 선정했다. 모든 실험을 Light I-V 그래프 및 Dark I-V 그래프를 STC(AM 1.5, $1000W/m^2$, $25^\circ C$) 조건에서 측정했다. Light I-V 를 측정하기 위해 인공광원을 이용한 Pasan IIIb sun simulator 를, Dark I-V 그래프를 측정하기 위해 SourceMeter 2430을 사용했다.

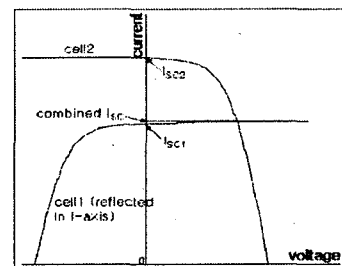


그림 1. 태양전지의 합성 단락전류

3. 결과 및 고찰

3.1 태양전지의 전류

태양전지의 전압·전류 식은 다음 식 1과 같다. 초기

3.2 Light I-V

실험을 위해 선정한 태양전지 및 제작한 태양전지모듈

의 parameter가 표 1에 있다. S/N이 3자리인 것은 태양전지이며 6자리인 것은 태양전지모듈을 나타낸다. 태양전지모듈로 제작 했을 때, 그림 1에서와 같이 각각의 태양전지의 단락전류 중 낮은 값의 태양전지를 따라 감을 확인할 수 있다. 하지만 실제 제작 과정에서 접촉저항의 증가에 의해 실제 단락전류는 낮은 태양전지의 단락전류 보다 낮은 값이 측정됐다. 그림 2에 태양전지의 단락전류 편차 0%와 3%를 Light $I-V$ 그래프로 나타냈다.

표 1. 태양전지 및 태양전지모듈 parameter(Light $I-V$)

편차 [%]	S/N	Isc[A]	Voc[V]	Pmax [W]
0 (0.000)	102	5.01	0.6	2.46
	104	5.01	0.6	2.49
	102104	4.71	1.2	4.27
0 (0.000)	331	4.86	0.6	2.37
	338	4.86	0.6	2.37
	331338	4.52	1.2	3.89
1 (0.996)	122	5.02	0.6	2.44
	243	4.97	0.6	2.37
	122243	4.66	1.2	4.06
3 (3.000)	237	5.00	0.6	2.33
	311	4.85	0.6	2.33
	237311	4.55	1.2	3.93
5 (5.108)	111	5.09	0.6	2.50
	006	4.83	0.6	2.43
	111006	4.49	1.2	4.16

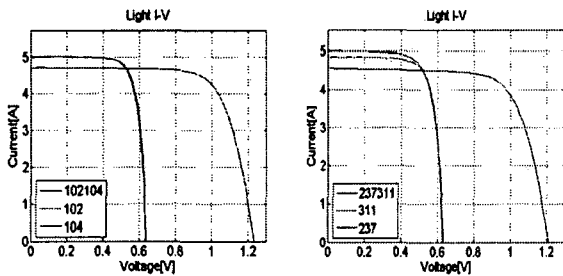


그림 2. 단락전류 편차에 따른 Light $I-V$ 그래프

3.3 Dark $I-V$

Light $I-V$ 그래프 측정보다 태양전지 본래의 특성 즉, P-N Junction 특성 파악할 수 있고 보다 더 세밀한 parameter(series resistance(R_s), shunt resistance(R_{sh}), diode factor(n), diode saturation currents(I_0))를 알기 위해 Dark $I-V$ 그래프를 측정한 결과를 표 2와 그림 3에 나타냈다. 그림 3에서는 그래프의 기울기에서 직렬저항(R_s)을 구할 수 있지만 나머지 값은 전압, 전류 데이터를 기반으로 FitAll 프로그램을 사용해서 각각의 parameter를 얻을 수 있다.

또한, 태양전지모듈을 단락시켜 옥외에 노출 시켰을 경우 편차가 0%인 태양전지모듈을 제외하고는 모두 핫스팟이 발생했다. 이런 모듈이 장기간 발전을 한다면 Dark $I-V$ 그래프에서 얻은 parameter들의 변화로 인해 Light $I-V$ 에

영향을 미쳐 출력의 감소율이 커질 것이다.

표 2. 태양전지 및 태양전지모듈 parameter(Dark $I-V$)

편차 [%]	S/N	I_0 [A]	n (diode factor)	R_s [Ω]	R_{sh} [Ω]
0 (0.000)	102	1.282E-11	1.069E+00	1.661E-01	6.983E+00
	104	1.282E-11	1.069E+00	1.661E-01	6.983E+00
	102104	1.711E-08	2.529E+00	1.827E-01	3.338E+01
3 (3.000)	237	1.048E-10	1.073E+00	1.697E-01	6.598E+00
	311	8.441E-11	1.072E+00	1.729E-01	5.008E+00
	237311	1.591E-16	1.183E+00	2.064E-01	1.210E+01

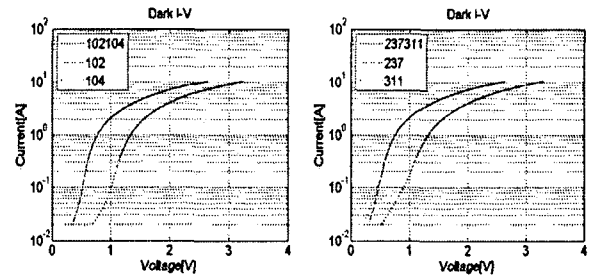


그림 3. 단락전류 편차에 따른 Dark $I-V$ 그래프

4. 결론

태양전지모듈에서 전기적인 특성에 영향을 주는 요인은 여러 가지가 있다. 그 중 제조 시에 피할 수 없는 태양전지의 단락전류 편차에 영향에 대해 실험 하였다. 단락전류의 편차에 의해 태양전지모듈의 단락전류 또한 낮아진다. 낮은 전류 특성의 태양전지는 다른 태양전지에 의해 전기적인 스트레스를 받게 된다. 그리고 태양전지모듈에서 낮은 전류 특성의 태양전지는 핫스팟이 발생하며 노화를 촉진시키는 역할을 한다. 태양전지모듈의 제작 시 단락전류를 고려하는 것이 중요하다.

참고 문헌

- [1] G.-H. Kang, G.-J. Yu, H. K. Ahn, D.-Y. Han, "Consideration of Electrical Properties in Field-aged Photovoltaic Module", Vol. 17, No.12, p. 1289, 2004.
- [2] S. T. Kim, C.-H. Park, G.-H. Kang, Waithiru C. K. Lawrence, H. K. Ahn, G.-J. Yu, D.-Y. Han, "Operation Characteristics of Bypass Diode for PV Module", J. of KIEEME, Vol. 21, No. 1, p. 12, 2007.
- [3] D. L. King, B. R. Hansen, J. A. Kratochvil, and M. A. Quintana, "Dark Current-Voltage Measurements on Photovoltaic Modules as a Diagnostic or Manufacturing Tool", Photovoltaic Specialists Conference, Conference Record of the 26th IEEE, 1997. 9-10.