

Field Exposed PV모듈 표면 오염이 전기적 특성에 미치는 영향

최주호^{a1}, 김경수¹, 강기환¹, 유권종¹, 김일수^a
 목포대^a, 한국에너지기술연구원¹

The effect on Electrical Characteristics according to the Pollution of the Field Exposed PV Modules

Choi Juho-Ho^{a1}, Kim kyung-soo¹, Kang Gi-Hwan¹, Yu Gwon-Jong¹, Kim il-soo^a
 Mokpo National University^a, Korea Institute of Energy Research¹

Abstract - This study is to analysis on electrical characteristics according to the pollution of the outdoor exposed modules. Output of module is generated locally because there are various factors of pollution on the front glass of the modules. The experiments is carried out by measuring out output of the module with MP-160 and hot spots with a IR camera. This study is to analysis on electrical characteristics according to the pollution of the outdoor exposed modules.

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

I_L : 광발전전류[A] I_0 : 역포화전류[A]
 R_s : 직렬저항[Ω] R_{sh} : 병렬저항[Ω]
 T : 절대온도[K] n : 다이오드지수
 q : 전하량(1.6E-19)
 k : 볼츠만상수(1.38E-23)

1. 서 론

주목받고 있는 신재생 에너지 분야 중 태양광 발전은 태양전지의 광기전력 효과를 이용하여 광 에너지를 전기 에너지로 변환하는 기술이다. 그 중 태양광 발전의 90%이상을 차지하고 있는 실리콘 결정질 태양광 모듈은 태양의 광 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 태양전지와 전지의 전면을 보호하기 위한 투명 저철분 강화 유리, 모듈 후면의 Back-sheet, 그리고 이 소재들을 상호 결합, 내구성을 높이기 위한 EVA-sheet 등으로 구성 되어있다. 즉, Glass/EVA/Solar cell/EVA/Back-sheet의 형태로 적층된 모듈은 진공상태에서 열·압축 융합하여 라미네이션 공정을 통해 제작되어진다. 이렇게 제작되어진 태양전지 모듈은 필드에 노출되어 다양한 환경에 영향을 받게 되는데 출력에 영향을 주는 요소로는 크게 모듈의 내부적 요인과 환경적 요인으로 나눌 수 있다. 내부적 요인으로는 Glass의 파손, EVA Sheet의 황변현상, 태양전지 Crack 및 리본의 접합 불량, 태양전지의 출력 부정합으로 인한 Hot-Spot 현상 등이 있으며, 환경적 요인으로는 온도, 습도, 자외선, 눈, 비, 먼지 등이 있다.

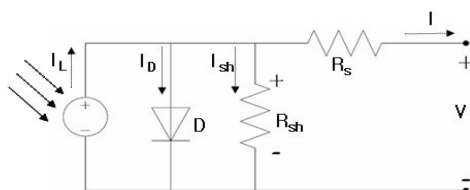
실제로 옥외에 노출되어 발전을 수행하는 태양전지 모듈의 전면에는 대기 중의 먼지, 꽃가루, 황사, 배설물 등 다양한 외부 환경 요소에 의해 오염이 발생 된다. 모듈 전면은 새똥과 낙엽 등에 의해 국부적으로 오염이 발생하는 경우도 있지만 대부분의 경우 먼지와 꽃가루처럼 모듈 전면에 전체적으로 고르게 오염이 발생하는 경우가 많다. 하지만 모듈 설치 시 최적 경사각으로 세워져 설치됨으로써 전면에 전체적으로 퍼져있던 먼지들은 빗물에 의해 씻겨 하부에 쌓이게 된다. 이렇게 쌓인 먼지들은 모듈의 국부적인 출력 저하의 원인이 되어 단기적으로는 모듈 자체의 출력 저하와 장기적으로는 모듈의 내구성을 떨어뜨리게 된다..

따라서 본 논문에서는 태양전지모듈의 출력에 영향을 미치는 환경적 요인 중 태양전지 모듈의 전면 오염에 따른 출력 변화를 관찰해 보고자 하였다.

2. 본 론

2.1 태양전지 등가회로

아래 그림 1은 태양 전지의 등가 회로를 도식화 한 것이며, 식 1은 회로를 수식화한 전류식이다.



<그림 1> 태양전지 등가회로

위 식(1)에서 광전류 I_L 은 일사량에 의해 발생하는 전류 I_{sc} 와 같은 것으로 태양전지가 흡수한 일사량과 비례한다. 즉, 태양전지모듈의 전면부의 오염 정도에 따라 태양전지로 흡수되는 광량에 영향을 받으며, 이것은 광전류 I_L 에도 영향을 미치게 된다.

2.2 실험

결정질 태양전지 모듈이 옥외에 노출되어 발전을 수행하는 동안 전면 오염으로 인한 전기적 특성 분석을 위한 실험 방법 및 측정 장치 설명은 다음과 같다.

2.2.1 실험 방법

본 연구를 위해 황사가 심한 봄철 실증 사이트를 방문하여 먼지가 축적되어있는 모듈을 실험에 사용하였다. 그림 2는 실증 사이트의 전경이며, 실험에 사용된 모듈의 사상은 아래 표 1과 같은 K사의 양산용 모듈을 사용하였다.



<그림 2> 옥외 노출된 태양전지모듈

<표 1> 태양전지 모듈의 사양

Module	K 사
Pmax [W]	200
Isc [A]	8.20
Voc [V]	33.30
Imp [A]	7.62
Vmp [V]	26.30

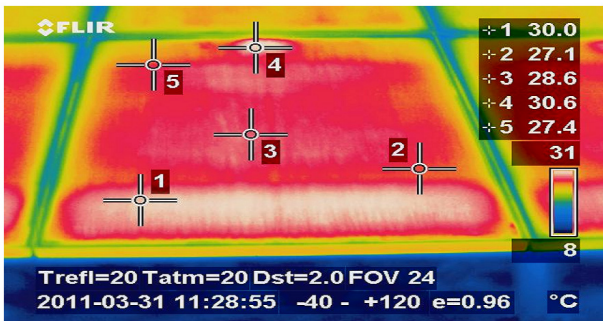
태양전지 모듈 전면에 쌓인 먼지들은 모듈 설치 경사각을 따라 하부 쪽에 더 많이 쌓이게 되고 또한 빗물로 인해 하부에 축적되게 된다. 이렇게 하부에 집중적으로 발생한 오염에 대해 열화상 카메라를 이용하여 모듈의 온도 분포를 관찰하였고, 휴대용 모듈 출력 계측 장치인 MP160을 사용하여 위의 노출 모듈의 전기적 출력을 측정하였다.

2.3 결과 및 고찰

옥외에 노출되어 외부 자연환경의 영향으로 전면이 오염된 태양전지 모듈을 열화상 카메라와 휴대용 모듈 계측 장비인 MP160으로 측정된 결과는 다음과 같다.

2.3.1 열화상 측정

아래 그림 3은 외부에 장시간 동안 노출되어 하부에서부터 먼지가 축적된 태양전지 모듈을 열 화상 카메라로 측정된 Image이다.

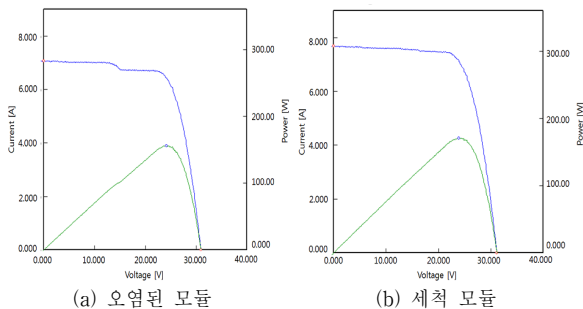


<그림 3> 먼지의 영향으로 모듈의 국부적 열화 발생

그림에서 알 수 있듯이 모듈의 하부 쪽이 다른 부분에 비해 열점 현상으로 인해 과열되고 있음을 알 수 있다. 즉, 모듈의 하부에 오염 물질이 축적됨으로 인해 다른 태양 전지와는 출력 불균형으로 열이 발생한다고 여겨진다.

2.3.2 최대 출력 측정

아래 그림 4는 외부 환경에 노출되어 모듈 하부쪽이 다른 부분에 비해 먼지가 상대적으로 많이 축적된 모듈을 MP160으로 전기적 출력을 측정 후 모듈 표면을 깨끗이 세척 하고 다시 측정된 I-V curve 비교 그림이다.



<그림 4> I-V Curve

오염물질이 하부에 편중되어 있는 (a)모듈의 경우 하부 태양전지들의 광 흡수량이 다른 태양전지에 비해 줄어들어 출력 불균형으로 I-V curve가 계단형 커브로 그려지게 된다. 하지만 모듈 전면을 깨끗이 세척된 (b)모듈의 I-V curve는 완만한 형태의 그래프가 그려진다.

<표 2> 태양전지모듈의 STC Conversion 출력 값

구 분	세척전	세척후	편차(%)
Isc [A]	7.92	8.10	-2.2
Voc [V]	34.11	33.89	0.6
Pmax [W]	195.03	199.18	-2.1
Imp [A]	7.26	7.55	-3.8
Vmp [V]	26.86	26.36	1.8
FF	72.0	72.0	0

표 2는 발전성능 시험에 따른 전기적 출력 결과를 보여주고 있다. 앞선 그래프에서의 확인하였듯이 오염된 태양전지 모듈(a)이 오염물질이 제거된 태양전지 모듈(b) 보다 2.1% 더 낮은 출력을 갖는 것이 관찰되었다.

3. 결 론

본 논문에서는 태양전지 모듈의 출력 변화에 영향을 주는 요소 중 환경적 요인(오염물질)에 의한 광조사량 변화의 영향을 관찰하고자 하였다. 실험은 오염 물질의 분포에 따른 열화상 측정과 발전성능 시험을 실시하였다.

그 결과 오염물질이 존재하는 태양전지모듈을 적용한 두 실험 모두에서 Shaded PV 모듈에서 관찰되는 현상과 동일한 부분적인 온도 상승과 계단형 I-V 곡선이 관찰되었다. 하지만 오염물질을 제거한 두 실험에서는 정상적인 태양전지모듈의 현상이 관찰되었다.

따라서 오염물질의 유무가 출력에 영향을 미치게 되며, 그 경향이 부분 음영과 유사한 것을 알 수 있었다. 이와 같은 오염물질을 제거하거나 오염물질이 태양전지모듈의 출력에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 모듈의 설계가 중요한 것으로 판단된다.

향후에는 이와 같은 오염물질이 태양전지모듈의 출력에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 방법에 대하여 연구할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Kang, Gi-Hwan, Kim Kyung-Soo, Park, Chi-Hong, Yu, Gwon-Jong, Ahn, HyungKeun, Han, Deuk-Young, " The Analysis on Maximum Output Power Characteristics of Crystalline Silicon Photovoltaic Module by Change of Environmental Effects", Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 27, No.3, pp 23-28, 2007.
- [2] Kang, Gi-Hwan, Kim Kyung-Soo, Park, Chi-Hong, Yu, Gwon-Jong, Ahn, HyungKeun, Han, Deuk-Young, "The effects of environmental changes on photovoltaic module's optical and electrical output power characteristics", Journal of the Korean Solar Energy Society, page 114-118, 2007. 4.
- [3] Kim, Seungtae, Kang, Gi-Hwan, Ahn, Hyungkeun, Han, Deuk-Young, Yu, Gwon-Jong, "The Electrical Characteristics of shading Effect in Photovoltaic Module", Journal of the Korean Solar Energy Society, page 257-262, 2008. 4.
- [4] 류세환, "PV 모듈의 손실 요인에 대한 분석", 대한전기학회 page 36-41, 2008. 6