

태양전지 셀의 열화와 직렬저항의 변화에 따른 태양전지 모듈의 특성 해석

박지홍, 강기환*, 화이티루 로렌스, 안형근, 유권중*, 한득영,
건국대학교, 한국에너지기술연구원*

The performance analysis of photovoltaic module accounting for solar cell degradation and series resistance

Chi-Hong Park, Gi-Hwan Kang*, L. Waithiru, HyungKeun Ahn Gwon-Jong Yu*, Deuk-Young Han
Konkuk Univ., Korea Institute of Energy Research*(KIER)

Abstract : When photovoltaic module is used for a long time, its performance decreases due to several reasons. In this paper, we focus on the possibilities mainly contributing to the degraded efficiency of the polycrystalline silicon photovoltaic modules. The analysis is based on the modules that have been used for 15 years. These are two main reasons that cause the efficiency degradation, the corrosion and thermal decomposition. The former phenomenon of electrode is mainly due to the moisture from damaged back sheet in some module. However the other reason of the degraded efficiency comes from the thermal decomposition, which can not be observed from the outside but only by experiment. In this study, the comparison between the efficiency of normal modules and degradation modules is presented. Module having degraded cell was seen to cause increase of series resistance by about 80%, in comparison to normal samples efficiency which reduce by about 20%. This study shows that the effects of series resistances on module performance are critical. These effects must be understood and taken into consideration when analyzing performance degradation.

Key Words : photovoltaic module, cell degradation, module efficiency

1. 서론

차세대 대체에너지로 점차 큰 비중을 차지하고 있는 태양광 발전시스템의 설치가 전 세계적으로 크게 증가 하고 있으며 이로 인하여 태양광 발전 시스템에서 가장 핵심 부품인 태양전지 모듈의 성능과 수명에 대하여도 관심이 커지고 있다. 이에 본 논문에서는 실제로 1991년에 설치되어 실제로 15년 동안 성에서 사용되었고, 성능감소로 철거된 다결정 태양전지 모듈을 분석하여 성능감소의 주된 원인과 현상에 대하여 연구 하였다. 모듈을 분석 해본 결과 크게 3개의 그룹으로 구분 지을 수 있었는데, 첫 번째 그룹은 초기 성능에 비하여 큰 성능감소가 없는 그룹이고, 두 번째 그룹은 backsheet의 미세한 파손으로 전극이 일부 부식된 그룹으로 큰 성능감소는 나타나지 않았으며, 마지막 세 번째 그룹은 겉으로 보기에 큰 문제가 없는 것처럼 보였으나 성능감소가 크게 발생한 경우이다. 우리는 앞의 세 번째 경우에 대하여 중점적으로 연구 하였으며 이는 셀의 노화가 그 주된 원인 이라는 결론을 얻었다. 그리고 세 번째 그룹의 경우 그 직렬 저항 또한 크게 나타났는데, 이러한 원인은 셀이 노화되면서 내부의 저항이 증가했기 때문이라고 여겨진다.

2. 실험

2.1 실험장치

이 실험에 사용된 모듈은 다결정 실리콘 태양전지 36개가 직렬로 연결된 모듈이고, 초기 spec은 Pmax는 48W,

Vm 은 16.7V, Im 은 2.88A 이며, 태양전지 모듈의 성능을 시험 하기 위하여 인공광원을 이용한 simulator 실험과 Dark I-V 실험을 실시 하였다. 인공광원을 이용한 simulator는 Pasan 사의 "sun simulator III"를 사용하였으며, Dark I-V를 측정하기 위하여 KEITHLEY 사의 "2430" 1KW Pulse SourceMeter를 사용하였다. 또한 모듈이 실제 외부에서 동작할 경우 셀의 동작 온도분포를 보기 위하여 FLIR사의 "ThermaCAM S60"를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

Sun simulator를 사용하여 AM1.5, 25℃, 1kW/m² 조건에서 실험한 결과가 그림 1에 나타나 있으며 태양전지의 노화가 예상되는 모듈에서 큰 성능감소가 나타났다. 이러한 유형의 결과는 모듈의 직렬저항이 증가 하였을 경우에 주로 나타나는데, 셀의 노화가 모듈의 전체 직렬 저항의 증가로 나타났다고 볼 수 있다. 또한 셀의 노화는 단락전류를 감소시키고, 증가한 직렬저항은 그림에서 보는 바와 같이 Fill Factor를 감소시키고 있다.

그림 2는 실제 외부에서 실험을 진행하고 있는 상황을 열화상 카메라로 촬영한 영상으로 그림에서 셀 별로 20℃ 이상의 온도 차가 발생한 것을 확인할 수 있다. 오른쪽에 있는 모듈이 셀의 노화가 진행된 모듈이고 가운데는 2cm² 정도의 면적에 전극의 부식이 발생한 경우이다. 그리고 왼쪽은 비교적 정상적인 모듈이다. 실제로 모듈의 출

력은 전극의 부식에 의한 모듈과 정상적인 모듈의 경우에서는 큰 차이가 발생하지 않았으며, 셀의 노화가 진행된 모듈에서 20% 이상의 큰 출력 저하 현상을 관찰할 수 있었다. 모듈의 평균온도는 셀이 노화된 모듈의 경우 17.5℃ 정상모듈의 경우 16.6℃로 약간의 온도차이가 발생하고 있으며 이러한 온도차이도 효율 감소의 주된 원인으로 작용할 것이라고 생각된다.

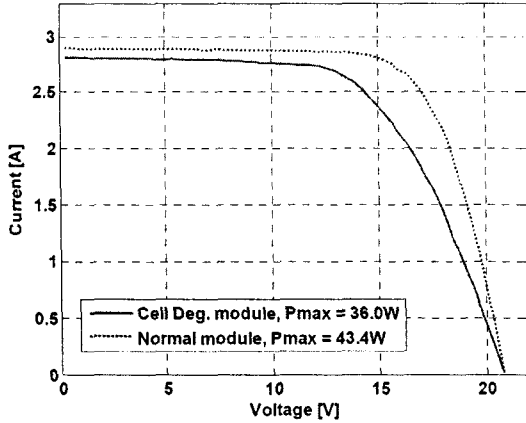


그림 1 Sun simulator를 사용한 모듈의 I-V 특성

그림 3은 실험에 사용된 태양전지 모듈의 특성 파라미터를 얻기 위하여 Dark I-V 특성을 실험한 그래프로 셀이 노화된 태양전지 모듈의 저항 성분이 전체적으로 크게 증가하였음을 확인할 수 있다.

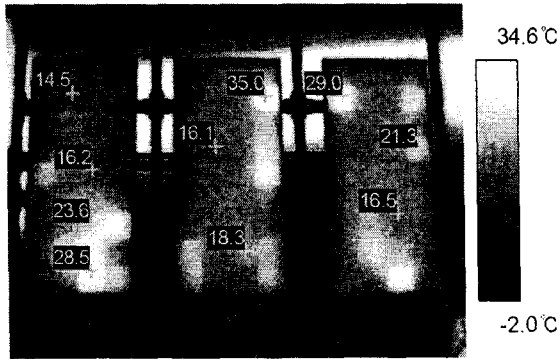


그림 2 실제외부 동작 시 온도분포 영상

태양전지 모듈의 Dark I-V 특성은 식 1 과 같이 표현되며 직렬저항을 비롯한 여러 값을 얻을 수 있다.

$$I_{Dark} = \left[I_{01} \left(e^{\frac{q(V-IR_s)}{kT}} - 1 \right) + I_{02} \left(e^{\frac{q(V-IR_s)}{nkT}} - 1 \right) \right] - \frac{V-IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

여기에서 R_s 와 R_{sh} 는 태양전지 모듈의 등가회로에서 직렬저항과 병렬저항 성분을 나타내며, I_{01} 은 n 영역과 p 영역에서의 전자 정공의 확산과 재결합에 의한 역 포화 전류를 의미하고, I_{02} 는 공핍영역에서 전자 정공의 생성과 재결합에 의한 역 포화 전류를 의미한다. n은 이상화 계수로써 1보다 크며, V 는 전압, q 는 전자의 단위 전하

량, k 는 볼츠만 상수, T 는 절대온도를 나타낸다.

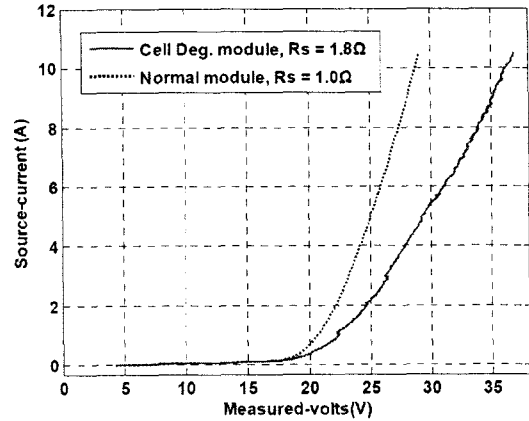


그림 3 SourceMeter를 사용하여 측정한 Dark I-V 특성

4. 결론

태양전지 모듈의 성능 감소는 전극의 부식, EVA sheet의 변색, 셀의 노화 등의 여러 요인이 있지만, 전극의 부식이 광범위 하게 발생하지 않는다면 셀의 노화가 가장 큰 원인으로 작용한다는 것을 확인 하였다. 셀의 노화로 인하여 모듈 전체의 직렬저항이 80% 정도 증가하였으며, 이로 인하여 정상 시료보다 효율이 약 20%정도 감소하는 현상을 확인 하였다. 또한 모듈의 직렬 저항 증가가 셀의 동작 온도를 상승 시킨다는 것을 확인 하였으며, 향후에는 Dark I-V 그래프를 이용하여 보다 정확한 특성 파라미터를 찾을 것이며, 직렬 저항에 따른 효율 변화에 대한 합리적인 해석을 하고자 한다.

참고 문헌

- [1] G.H.Kang, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "Consideration of Electrical Properties in Field-aged Photovoltaic Module", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 17, No.12, P.1289, 2004.
- [2] Antonio Parretta, Mariano Bombace, Giorgio Graditi and Riccardo Schioppa, "Optical degradation of Long Term, field aged c-Si photovoltaic modules", Solar Energy Materials & Solar cells, Vol.,86, P.349, 2005.
- [3] A.R. Gxasheka, E.E. van Dyk and E.L. Meyer, "Evaluation of performance parameters of PV modules deployed outdoors", Renewable Energy, Volume 30, Issue 4 P. 611-62, April 2005
- [4] Antonio Parretta, Mariano Bombace, Giorgio Graditi and Riccardo Schioppa, "Optical degradation of long-term, field-aged c-Si photovoltaic modules", Solar Energy Materials and Solar Cells, Volume 86, Issue 3, P. 349-364, March 2005.