

결정질 실리콘 태양전지모듈의 최대 출력특성 변화에 영향을 미치는 환경요인 분석

강기환^{a1}, 김경수^a, 박지홍¹, 유권중^a, 안형근¹, 한득영¹

^a한국에너지기술연구원 태양광발전연구단, ¹건국대학교 전기공학과

The Analysis of Environmental Effects on Maximum Output Power Change of Crystalline Silicon Photovoltaic Module

Gi-Hwan Kang^{a1}, Kyung-Soo Kim^a, Ji-Hong Park¹, Gwon-Jong Yu^a, HyungKeun Ahn¹, Deuk-Young Han¹

^aKorea Institute of Energy Research(KIER), ¹Konkuk University.

Abstract : In this paper, we studied the analysis of environmental effects on maximum output power change of crystalline silicon photovoltaic module. During the test period, there was a 5% reduction of maximum output power on an average. And the degree of output power uniformity became better compared to initial value. Using climate data like rain, snow and dust, we tried to find the reasons for maximum power fluctuation. The surface of PV module was monitored using microscope and infrared camera to study temperature distribution. The further analysis is described in the following paper.

Key Words : Photovoltaic Module, Maximum Output Power, Environmental Test

1. 서 론

태양전지모듈은 태양광의 가시광선을 이용하여 전기에너지의 형태로 변환하는 태양전지를 구성 재료와 모듈화시킨 것이다. 실리콘을 이용한 결정질 태양전지가 최근 전체 생산량의 90%이상을 차지하고 있으며 박막 및 화합물 반도체등의 새로운 형태의 적용 연구가 활발히 진행되고 있다.

태양전지모듈의 전기적 출력 특성에 영향을 미치는 요소로는 일사량, 작동 온도, 비, 눈 등의 단기적인 요소와 구성 재료 및 공정 조건에 의한 내구성 변화에 따른 출력 감소 등의 장기적 요소로 나눌 수 있다. 장기적 요소는 공정 조건의 최적화와 환경 가속 시험에 의하여 내구성을 검증할 수 있지만 단기적 요소에 의한 출력 감소는 많은 경우에 예측하기 어려운 부분이 많다.

본 연구에서는 결정질 태양전지모듈을 외부에 노출하여 출력 변화에 영향을 미치는 환경요소를 확인하고 이를 통하여 출력의 변화를 분석하였다.

2. 실험

결정질 실리콘 태양전지모듈의 최대 출력특성에 영향을 미치는 환경요인을 분석하기 위하여 5인치 단결정(Q-Cell) 36장이 직렬로 연결된 태양전지 모듈 5장을 외부에 노출하였다. 노출 장소는 대한민국 대전 장동에 위치한 한국에너지기술연구원이며 정남향 방향으로 45도 기울여 설치하였다.

환경변화는 기상청(www.kma.go.kr)의 자료를 이용하였으며 환경 요소로 강수량, 적설량, 황사농도 데이터를 활용하였다.

태양전지모듈의 전기적 출력 특성을 측정하기 위하여 최대 모듈 사이즈 2m x 2m까지 측정가능하며 방사균일도

±2%, 방사안정도가 ±2%인 A급 솔라 시뮬레이터(Pasan IIIb)를 사용하였으며 측정조건은 측정 온도 25℃, AM 1.5, 방사조도 1kW/m²조건에서 기준셀을 이용하여 I-V특성을 측정하였다.

모듈 표면의 입사되는 광투과율 측정하기 위하여 5cm x 5cm 크기의 저철분유리를 모듈과 같은 위치에 설치하여 파장 재현성 ±0.1nm(자외선, 가시광선), ±0.4nm(적외선)인 Spectrophotometer(V570, JASCO)를 사용하여 파장범위 200nm~1100nm에서 측정하였다.

외부환경 및 환경 변화 조건에 따른 태양전지모듈의 열 특성 분포와 온도 특성을 관찰하기 위하여 적외선 카메라 (FLIR System)를 사용하였다.

본 실험에 사용된 태양전지모듈의 사양은 표 1에 나타나 있다. 출력 분포는 최대 78.1W, 최소 75.7W이며 평균 출력 균일도 2.2%로 우수한 특성을 가지고 있다.

표 1. 태양전지모듈의 사양

| Module Name | A-1 | A-2 | A-3 | A-4 | A-5 |
|-------------|------|------|------|------|------|
| Pmax [W] | 75.9 | 76.4 | 78.1 | 75.9 | 75.7 |
| Voc [V] | 21.7 | 21.6 | 21.8 | 21.6 | 21.7 |
| Isc [A] | 4.93 | 5.02 | 5.05 | 4.95 | 4.97 |
| Vmax [V] | 17.1 | 17.1 | 17.4 | 17.1 | 17.1 |
| Imax [A] | 4.44 | 4.47 | 4.49 | 4.44 | 4.43 |

3. 결과 및 검토

태양전지모듈의 최대 발전성능을 2007년 2월 22일부터 4월 12일까지 약 49일간 측정한 결과가 그림 1에 나타나 있다. 5개의 시료 중 A-5에서 가장 큰 출력 감소가 나타났는데 초기 출력 75.7W에서 최종 출력 71.3W로 출력 감소를 5.8% 감소가 나타났다.

5개의 모듈의 평균 출력 감소율을 살펴보면 초기 출력

대비 5%였으며 평균 출력 균일도 변화율은 초기 2.2%에서 환경 노출에 의하여 평균 1.2%로 모듈의 균일도가 높아지는 것으로 확인되었다.

□ 2월22일 ■ 3월6일 ◻ 3월9일 ◻ 3월12일 ■ 3월19일 ◻ 3월27일 ■ 4월12일

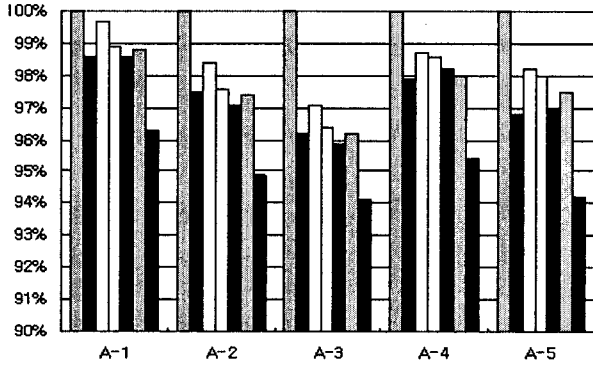


그림 1. 환경변화에 따른 태양전지모듈의 출력 변화

시험기간 동안의 태양전지모듈의 출력 변화에 영향을 주는 요소를 확인하기 위하여 일사량의 감소를 야기하는 대기 중의 황사농도와 자연적으로 표면 오염 감소에 영향을 주는 강우량을 비교하여 데이터를 그림 2에 정리하였다. 그림 1에서 태양전지모듈의 최대 출력값이 3월 27일의 출력이 4월 12일에 비하여 2.6%로 가장 큰 감소율을 나타냈는데 이는 그림 2에서 원인을 추측해 보면 4월 1일의 황사 농도가 시험 기간 중 가장 높은 $562.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고 그 후 4월 12일까지 0.1mm의 강수량으로 모듈 표면의 오염 물질의 제거 속도가 늦어 이로 인하여 출력 감소가 큰 것으로 예상된다. 그리고 설치된 저철분유리의 광투과율과 모듈의 출력 변화율을 비교한 결과 환경변화에 따른 측정값의 감소 경향이 유사함을 관찰할 수 있었다.

□ 황사농도 • 강우량

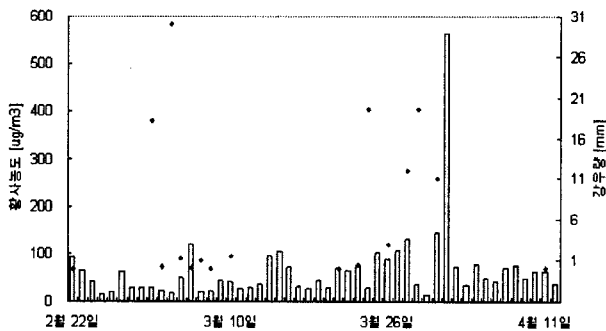


그림 2. 시험기간 동안의 강우량 및 황사 농도 데이터

그림 3은 태양전지모듈이 빗물, 먼지 등의 환경적 요소에 의하여 표면의 상태가 오염되어 있는 상태의 일부를 나타낸 것이다. 모듈 표면의 투과율 감소를 일으키는 요소는 모듈의 발전성능의 저하를 일으키며 그림과 같이 국부적인 오염의 증가는 개별적인 태양전지와 모듈간의 출력 편차에 영향을 주게 된다. 특히 국부적인 오염은 모듈의 Hot-Spot등의 현상을 일으켜 인접 영역과의 열적 불균형을 야기하는데 그림 3의 경우 2.8°C 의 온도 차이를 나타내었다. 그리고 이것은 장기적 모듈의 내구성 문제를

야기할 것으로 예상되는데 특히 태양전지의 출력감소와 EVA Sheet의 황변현상에 영향을 줄 것으로 추측된다.

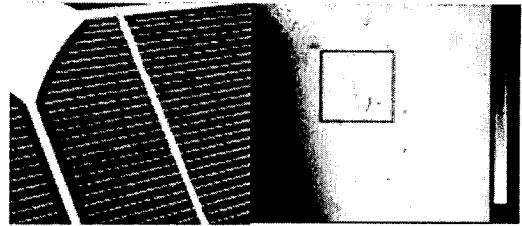


그림 3. 환경변화에 따른 태양전지모듈의 온도 특성 (좌 : 모듈 표면 사진, 우 : 모듈 표면 적외선 사진)

4. 결론

본 논문에서는 결정질 태양광모듈의 최대 출력특성 변화에 영향을 미치는 환경요인을 분석하였다. 80W급 5인치 실리콘 태양전지모듈을 약 49일간 실외에 노출하여 시간에 따른 모듈의 출력을 측정하였다. 그리고 황사 농도, 강우량 및 적설량 데이터를 참고로 모듈의 출력 변화 원인을 분석하였다. 시험기간 동안 평균 출력 감소가 초기에 비하여 5%였고 출력 균일도 변화는 초기 2.2%에서 시험기간 동안 평균 1.2%로 매우 우수한 값을 나타내었다. 특히 $562.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 황사 농도를 나타낸 4월 1일에는 약 12일 동안 0.1mm의 강수량으로 모듈 표면의 투과율 감소 요인의 제거 효과가 낮았는데 이 기간 동안 약 2.6%의 출력 감소가 나타났다. 그리고 모듈 표면의 국부적 오염의 발생으로 인한 태양전지 표면 온도분포 특성에도 차이가 나타남을 관찰하였는데 인접 영역보다 2.8°C 의 온도가 높았다. 이는 장기적으로 모듈의 구성 재료인 EVA Sheet와 태양전지의 내구성에도 영향을 줄 것으로 예상할 수 있다.

참고 문헌

- [1] John H.W, "Long Term Photovoltaic Module Reliability", PV and Solar Program Review Meeting 2003.
- [2] 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, Vol. 17, No.12, p.1289, 2004.
- [3] G.H.Kang, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "The Effect of Electrical Properties with Degradation of EVA sheet and Electrode in Photovoltaic Module", Proceeding of KIEEME Annual Summer Conference, 2005.
- [4] G.H.Kang, K.S.Kim, C.H.Park, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "Analysis of Photovoltaic module's Phenomena of aging with Acceleration Test", Proceeding of KIEE Annual Summer Conference, 2006.
- [5] G.H.Kang, K.S.Kim, C.H.Park, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "The Effect of Environmental Changes on Photovoltaic Module's Optical and Electrical Output Power Characteristics", Proceeding of KSES Spring Annual Conference, 2007.