

외부환경적 가속시험에 의한 PV모듈의 열화성능 분석

강기환^{a1}, 김경수, 박지홍¹, 유권종, 안형근¹, 한득영¹
한국에너지기술연구원^a, 건국대학교¹

Analysis of Photovoltaic module's Phenomena of aging with Acceleration Test

Kang Gi-Hwan^{a1}, Kim Kyung-Soo, Park Chi-Hong¹, Yu Gwon-Jong, Ahn Hyunggun¹, Han Deuk-Young¹
Korea Institute of Energy Research^a, Konkuk University¹

Abstract - In this paper, we examined 10 domestic samples of three different model using thermal, humidity freeze, thermal-endurance and damp heat test under IEC61215 photovoltaic module environmental endurance test condition. Three was almost no changes on power generation. Insulation resistance capacity was much higher than judgement standard but, showed unstable results depending on environmental test items. On external appearance test, there were two models which showed bubble, humidity penetration, seal melted frame phenomenon. From this results, the degree of aging under the external environment is a main cause that shortens photovoltaic module life time. So it is considered that the efforts for finding optimum condition of manufacturing process should be needed.

능시험, 절연저항시험, 내전압시험을 먼저 실시하고, <표 1>에서 보는바와 같이 각각의 시료에 대해 항목별 시험을 실시하였다. 모델별 각각 2개의 시료는 온도사이클, 온습도사이클, 내열성, 내습성시험을 순차적으로 시행하였으며, 나머지 시료에 대해서는 각각의 지정 시험항목을 시행한 후 최종적으로 전기적 성능시험을 실시하였다.

1. 서 론

신·재생에너지원 중 가장 각광을 받고 있는 태양광발전시스템은 이미 태양전지를 비롯하여 태양전지모듈의 국산화가 가능하고, 연간 약 127MW의 자동화 생산설비에 의해 2005년도에는 약 6MW의 태양전지모듈이 우리나라에서 생산되었으며, 태양광 보급사업의 약 60% 이상이 국산 태양전지모듈로 설치 운전되고 있다.

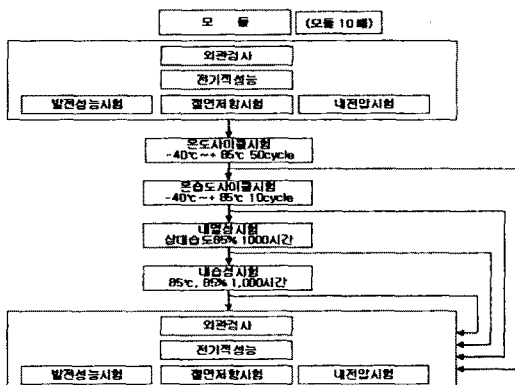
태양광발전시스템을 구성하는 주요 구성재료중 가장 고가이면서 시스템의 수명을 좌우하는 태양전지모듈은 반도체 소자인 태양전지 수 십개가 적렬 연결되어 태양 빛 에너지를 전기에너지로 변환시키는 청정 에너지원으로서, 수명은 약 20년 이상으로 예측하고 있지만, 국내에 설치·보급된 일부 태양전지모듈을 조사해본 결과 전기적 성능의 감소 및 노화현상이 발견되었으며, 일부 선진국 제품 또한 내구성에 문제점이 발견되었다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 생산된 태양전지모듈의 내구성을 사전에 평가·분석하기 위하여 환경적 가속시험을 수행하였으며, 이때 국산 태양전지모듈의 외형적인 노화현상 및 전기적 열화 성능을 분석하였다.

2. 실험 장치 및 방법

본 연구에서 태양전지모듈의 가속시험에 사용된 환경시험장비는 온도 -40℃~90℃, 습도 20~90RH%까지 조절이 가능하고, 내부 공간이 3m x 3m의 대형 Chamber로 구성되어 있다. 또한, 태양전지모듈 성능시험에서 가장 중요한 발전성능시험은 Solar Simulator(PasanIIIb)를 사용하여 I-V curve를 측정하였으며, 절연저항 및 내전압시험은 Fluke 1550B 및 Kioki 3153을 사용하였다.

본 연구에서는 IEC61215 태양전지모듈의 환경시험 및 내구성시험 방법에 따라 시험품 3개의 모델을 대상으로 하여 <그림 1>에서 보는바와 같이 온도사이클, 온습도사이클, 내열성, 내습성 시험 등의 환경시험을 실시하였다.



<그림 1> 태양전지모듈의 환경시험 흐름도

환경시험을 실시하기 전에 모든 시료에 대해 외관검사 및 발전성

<표 1> 시료별 시험 적용 항목

모듈No.	전기적 성능시험		환경적 성능시험		내습성
	발전성능/절연저항	내전압	온도cycle	온습도cycle	
A-1	●				
A-2	●				
A-3	●		●	●	●
A-4	●				
A-5	●				
A-6	●			●	
A-7	●				
A-8	●		●		
A-9	●				
A-10	●		●	●	●
B-1	●		●	●	●
B-2	●				
B-3	●			●	
B-4	●		●		
B-5	●				●
B-6	●		●		●
B-7	●				
B-8	●		●	●	●
B-9	●				
B-10	●				●
C-1	●				
C-2	●			●	
C-3	●				●
C-4	●		●		
C-5	●		●	●	●
C-6	●				●
C-7	●				
C-8	●		●	●	●
C-9	●				
C-10	●		●		

3. 결과 및 고찰

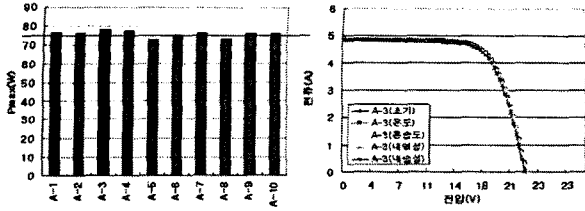
3.1 전기적 특성

본 연구에서 선정된 각각의 시험시료는 먼저 발전성능 시험을 실시하였으며, 이때 출력 균일도는 <그림 2>~<그림 4>에서 보는바와 같이 A형 시료의 경우 정격출력 75W급에서 최소출력 73.1W, 최대출력 78.2W, 평균출력 75.85W를 나타내었고, 이때 평균출력 대비 약 ±3.6%의 다소 편차가 큰 출력 균일도를 나타내었다. B형 시료의 경우 정격출력 75W급에서 최소출력 71.2W, 최대출력 75.4W로써, 평균출력 73.02W를 나타내어 평균출력이 정격출력 보다 약 2W 가량 낮은 성능을 나타내었고, 평균출력 대비 약 ±3%의 출력 균일도를 나타내었다. C형 시료의 경우 정격출력 50W급에서 최소출력 48.5W, 최대출력 49.7W로써, 평균출력 49.05W를 나타내었고, 이때 정격출력 대비 평균출력은 약 0.95W 낮은 값을 나타내고 있지만, 출력 균일도는 ±1.3%로 매우 우수한 성능을 나타내었다.

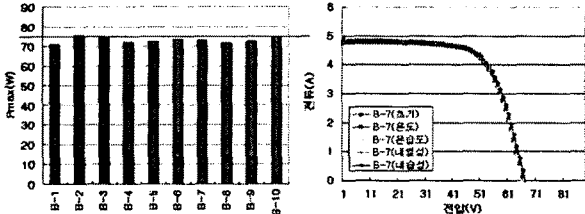
<그림 2>~<그림 4>의 I-V Curve는 <그림 1>의 환경시험 흐름도에 따라서 발전성능시험을 수행하고, <표 1>의 시료별 시험 적용항목에 따라서 온도사이클, 온습도사이클, 내열성, 내습성 시험을 순차적으로 시행한 후 태양전지모듈을 한 매씩 선정하여 항목별 환경시험 전후의 출력특성을 비교한 결과로써, A, B, C형 모두 환경시험 전에 시험한 I-V curve와 동일한 특성을 나타내어 매우 우수한 성능을 보여주었다.

그러나, 본 연구에서는 태양전지모듈 내구성 시험항목에서 환경적 시험항목만을 수행하였기 때문에 발전성능에는 큰 영향을 주지 않았으나, 문헌에 의하면, 자외선 시험 및 기계적 시험 등과 함께 내구성 시험을 수행할 경우 발전성능에도 큰 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.

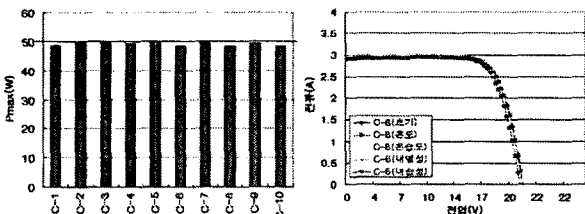
또한, 발전성능시험 이외에 시험 시료 3개의 모델에 대하여 각각 2매씩 절연저항시험 및 내전압 시험을 실시하였다. 태양전지모듈의 절연저항시험 판정기준은 500Ω 이상 이어야 하고, 내전압시험은 최대 시스템 전압의 2배 +1,000V의 직류전압을 1분간 인가하였을 때 절연파괴 등의 이상이 없어야 하며, 발전성능이 초기 값의 95% 이상이 되어야만 적합 판정을 받을 수 있다.



〈그림 2〉 A형 모델의 초기 발전성능 및 환경시험 전후의 I-V Curve

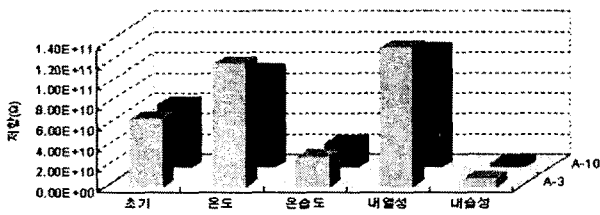


〈그림 3〉 B형 모델의 초기 발전성능 및 환경시험 전후의 I-V Curve

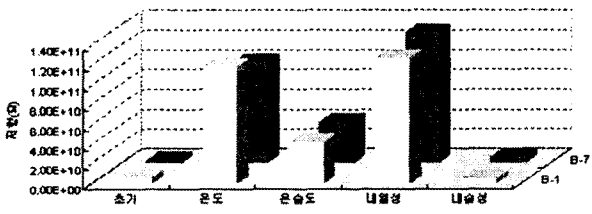


〈그림 4〉 C형 모델의 초기 발전성능 및 환경시험 전후의 I-V Curve

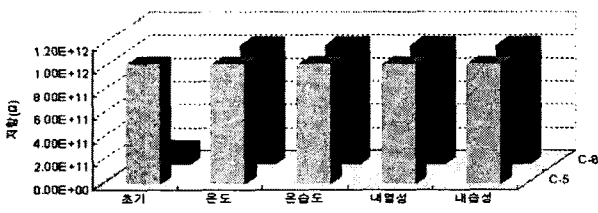
그러나 <그림 5>~<그림 7>에서 보는바와 같이 본 연구에서 실시한 절연저항 및 내전압 시험결과는 판정기준 값 보다 훨씬 높은 값을 나타내어 절연파괴의 위험성과 내전압에서는 매우 안정적인 것으로 분석되었으나, A형과 B형 시료의 경우 온도사이클 시험과 내열성 시험 후에는 절연저항 값이 초기 값보다 더욱더 증가하여 온도의 영향에 따라서 내부의 절연성이 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 온습도 사이클 시험과 내습성 시험에서는 초기의 절연저항 값보다 감소하여 환경 조건에 따라서 절연저항 특성이 매우 불안정한 것을 알 수 있었다.



〈그림 5〉 A형 모델의 환경시험 전후 절연저항특성



〈그림 6〉 B형 모델의 환경시험 전후 절연저항특성



〈그림 7〉 C형 모델의 환경시험 전후 절연저항특성

이러한 결과는 절연저항 시험 기준 값인 50M 보다 훨씬 큰 값이지만, 태양전지모듈 내부의 절연저항이 외부 환경 조건에 따라서 불안정하게 변한다는 것은 절연파괴의 위험성이 점차적으로 증가할 수 있는 요인으로 예측할 수 있었다.

또한, C형 시료의 경우 두개의 시료 중 한 개의 시료는 환경시험 전의 절연저항 값과 환경시험 후의 절연저항 값이 거의 동일하게 나타났으며, 다른 한 개의 시료는 환경시험 전의 절연저항 값보다 환경 시험 후 절연저항 값이 크게 증가하여 두 개의 시료가 거의 동일한 안정적인 절연저항 특성을 보여주었다.

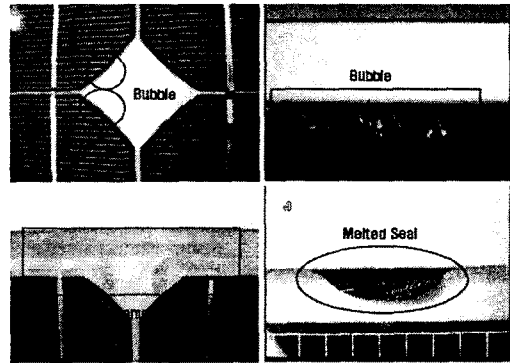
이러한 결과를 나타낸 태양전지모듈의 경우 가혹한 외부환경에 노출될 경우 온도 및 습도변화에 따라서 매우 안정적으로 태양전지모듈의 수명과 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 외형적 특성

태양전지모듈의 환경시험 후에는 일반적으로 외형적인 변형현상이 관찰될 수 있는데, 본 연구에서도 온도사이클 시험 및 내습성 시험에서 A형 및 B형의 시료에서 Bubble 현상 및 습기침투 현상이 발생되었다.

이러한 현상은 태양전지모듈 제조공정에서 제조환경의 영향이나 제조공정 조건의 영향으로 발생할 수 있는데, 일반적으로 Lamination 공정 및 Curing 공정에서의 문제점으로 많이 발생될 수 있는 현상이다. 이러한 시료의 경우 대부분 외부에 노출되어 발전할 경우 자외선에 의해 EVA sheet의 변색현상 또는 Delamination 현상 등이 발생되어 태양전지모듈의 수명을 급격하게 저하시키는 요인으로 작용되고 있다.

특히 습기 침투현상은 태양전지모듈 내부에서 태양전지의 단락현상 및 절연파괴의 현상으로 이어져 결국 태양전지 어레이군 전체의 수명에 영향을 미칠 수 있으며, 화재의 위험성도 따를 수 있다.



〈그림 8〉 환경적 가속시험 후 외형 변형 특성

4. 결 론

태양전지모듈의 환경적 내구성 시험은 발전성능 및 절연저항, 내전압 특성을 기준으로 하여, 기계적, 환경적 가속시험을 수행하기 전과 후의 전기적 성능을 비교하게 된다.

본 연구에서는 국내에서 직접 제조된 3가지 형태의 태양전지모듈을 대상으로 환경적 내구성 시험을 수행하였으며, 그 결과 발전성능은 환경적 내구성 시험 전과 후 모두 동일한 특성을 나타내었으나, 습기가 있는 온습도사이클시험 및 내습성시험 후 절연저항 특성은 불안정 하였으며, 외형검사서 Bubble현상 및 습기침투 현상, Seal 이 녹아 흐르는 현상 등이 발견되었다.

이러한 결과는 곧 외부환경에 노출시 내구연수에 따른 노화정도가 급속도로 심화되어 결국 태양전지모듈의 수명을 단축시키는 주된 요인으로, 전기적 성능은 선진국과 비교했을 때 크게 문제가 없었으나, 환경시험에서의 Bubble현상 및 습기침투 현상 등은 앞으로 제조공정에서 해결해야 할 과제로 남아있다.

[참 고 문 헌]

- [1] John H.W, "Long Term Photovoltaic Module Reliability", PV and Solar Program Review Meeting 2003
- [2] G.H.Kang, G.J.Yu, H.G.Ahn and D.Y.Han, "Consideration of Electrical Properties in Field-aged Photovoltaic Module", KIEEME, vol.17, no.12, p.1289, 2004.
- [3] 電気安全環境研究所, "太陽電池評價技術の研究開発", 平成13年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書, p. 47, 平成14年3月.
- [4] S.Rummel, A.Anderberg, K.Emery, D.King, et al, "Results from the Second International Module Inter-Comparison", WCPEC, 2006.
- [5] 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.