

오래된 모듈의 특성에 관한 연구

(A study on the Characteristics of the old modules)

홍사근* · 최홍규 · 엄성배 · 송영주 · 최영준

Hong Sa-Keun* · Choi Hong-Kyoo · Yum Sung-Bae · Young-Joo Song · Choi Young-Jun
 홍익대학교 · 홍익대학교 · 홍익대학교 · 동신대학교 · 홍익대학교

요약

화석연료의 고갈 및 환경문제로 재생에너지의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 재생에너지중 가장 상용화된 태양광 발전은 태양광 발전소가 생길만큼 활성화 되었다. 국내 태양광 발전용 모듈의 수명은 약 20년으로 추정되나 국내 기후 및 환경에 20년 이상 될 경우 얼마만큼 효율이 감소되는지 검증되지 않았다. 본 논문에서는 23년된 모듈 3장을 통해 최대전력의 감소폭을 알아보았다.

Abstract

The solar photovoltaic power generator is more important than other renewable energy. Because The solar photovoltaic power generator has been commercialized. So the solar photovoltaic power plants have been constructed. The photovoltaic module lifetime is estimated about 20 year. But The results can not be trusted. Because It did not test in the korea. In this paper, We test the maximum power of three modules used 23 years.

Key words : Maximum power, Module used 23 years

1. 서론

화석연료의 고갈 및 환경문제로 인한 신에너지와 재생에너지의 중요성이 더욱더 부각되고 있다. 태양광 발전은 8가지 재생에너지 중에서 가장 보편화된 에너지로서 '신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법'에 의해 신·재생에너지 설치 의무기관의 대부분에 설치될 만큼 그 수가 증가하고 있다. 그러나 아직까지 태양광 발전소의 핵심인 모듈의 수명에 대한 검토가 미흡한 상황으로 태양광 발전설비의 경제성에 대해 불확실성을 주고 있다. 본 논문에서는 1986년에 제작된 다결정 모듈을 가지고 23년이 지난 2009년도에 모듈의 특성이 어떻게 변화하였는지 알아보았다.

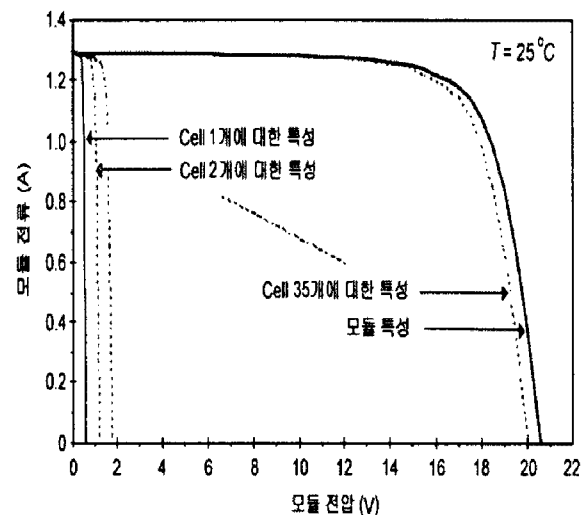


그림 1. 36개의 셀로 구성된 모듈 특성
 Fig. 1. 36 Cells consisting of the module characteristics

2. 본론

2.1 태양전지 모듈

2.1.1 태양전지 모듈의 구성

전형적인 단결정 silicon 태양전지의 크기 125×125(mm²)가 한장당 약 2.34(Wp)의 용량이다. 이와 같은 태양전지 몇 개를 직렬로 연결하면 전압이 비례적으로 증가된다. 따라서 용도에 맞게 수개의 태양전지를

연결시켜 태양전지판으로 제작한 것을 태양전지 모듈이라고 한다.

현재 상용화되고 있는 태양전지 모듈은 5인치 단결정 silicon을 사용하여 125(mm)×125(mm) 크기의 태양전지 36개를 직렬로 연결한 85(Wp) 모듈이 있으며, 그 외 175(Wp) 모듈은 태양전지 72개, 200(Wp) 모듈은 6인치 단결정 silicon을 사용한 156(mm)×156(mm) 크기의 태양전지 54개가 직렬로 연결되어 있다.

그림 1은 36개의 셀을 직렬로 연결한 모듈의 I-V곡선이다. 셀 한 개의 개방전압(V_{oc})이 0.58(V)이라고 하면 모듈의 개방전압(V_{oc})은 $0.58 \times 36 = 20.9(V)$ 이다. 셀 한 개의 단락전류(I_{sc})가 1.3[A]이고 직렬연결 하였으므로 모듈의 단락전류(I_{sc})는 1.3[A]가 된다.

2.1.2 I-V곡선과 최대전력점

23년이 지난 태양광 모듈의 특성을 비교하는데 가장 필요한 것이 바로 I-V곡선이다. I-V곡선은 모듈의 전압과 전류사이의 관계를 나타내는 것으로, 모듈의 최대전류값인 단락전류(I_{sc}), 모듈의 최대전압인 개방회로 전압(V_{oc}), 최대전력점(P_{MPP}), 최대전력점의 전압(V_{MPP}), 최대전력점의 전류(I_{MPP})가 나타난다.

최대 전력점은 I-V곡선에서 전류와 전압의 곱이 가장 높은 지점으로서 인버터에서 최대전력점을 자동으로 조정한다.

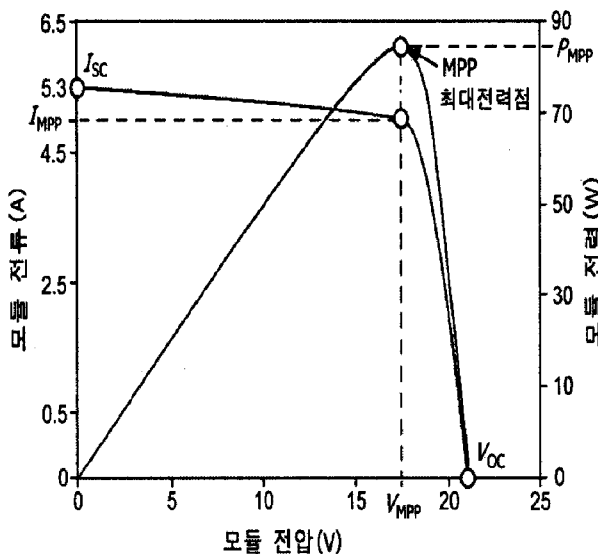


그림 2. 모듈의 전류-전압 곡선과 최대전력점
Fig. 2. Modules of the current - voltage curves and maximum power point.

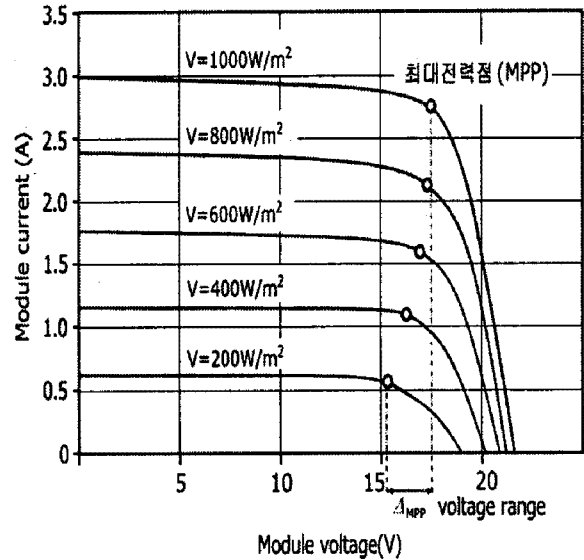


그림 3. 일사량에 따른 최대전력점의 변화
Fig. 3. According to the Insolation, The changing of the maximum power point

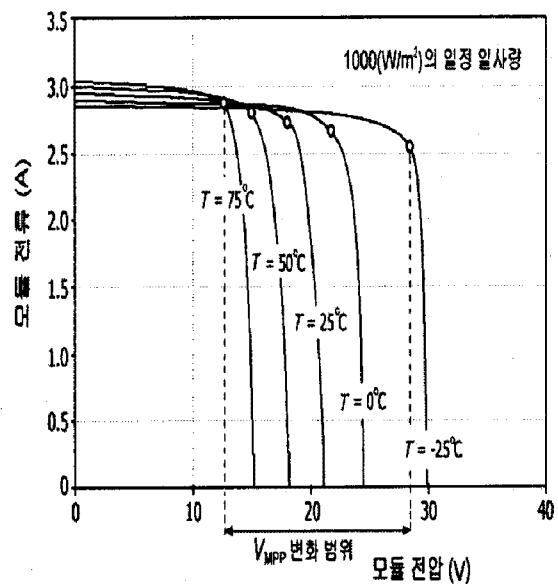


그림 4. 모듈 온도에 따른 최대전력점의 변화
Fig. 4. According to the module temperature, The changing of the maximum power point

최대전력점(P_{MPP})는 최대전력점의 전압(V_{MPP})과 최대 전력점의 전류(I_{MPP})의 곱으로 나타난다. 그림 3과 그림 4를 보면 일사량과 모듈의 온도에 따라 최대 전력점이 변한다. 그러므로 기준상태(모듈 표면온도:25[°C], 방사조도:1,000[W/m²])에서 측정된 값을 모듈에 표기한다.

2.2 국외 논문의 모듈수명 평가

모듈의 수명은 여러 가지 요소에 의해 결정되지만 그 중에서도 크게 두가지로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째는

"the photon degradation", 이고 들쭉는 "material ageing" 이다. 즉 광자감소와 소재의 노후가 원인이다.

소재의 노후는 모듈 표면의 변색, 표면 유리의 갈라짐, 모듈 뒷면 sheets의 찢어짐, 배선함의 균열 등이 있다.

이번 실험에 사용한 모듈과 같은 회사의 모듈로 실험한 국외 논문에서는 광자감소에 의한 최대전력의 감소량을 $2.6\% \pm 1.3\%$ 로 나타냈고, 광자 감소에 의한 최대전력의 감소와 소재 노후에 의한 최대전력의 감소를 합해 11년동안의 총 감소량을 최대전력의 4.39%로 나타내고 있다. 이는 1년당 0.4%의 감소를 나타낸다. 이 자료는 다른 보고서나 논문에 나온 감소량에 비해 적은 것으로서 유지 및 부품 관리가 잘 되었기 때문이다.]

모듈의 수명은 일반적으로 비슷하다고 생각될 수 있지만 실제 모듈의 수명은 모듈의 설치지역의 기후 및 위치에 따라 달라진다. 그러므로 국내 실정에 맞는 모듈의 수명 검토가 필수적이다.

2.3 23년 된 모듈

실험에 사용된 모듈은 23년 된 Arco Solar의 다결정 모듈 3장으로서 표1은 특성에 관한 표이다. 23년이 지난 2009년에 측정된 모듈의 I-V곡선을 가지고 모듈의 효율이 얼마나 감소하였는지 알아보았다.

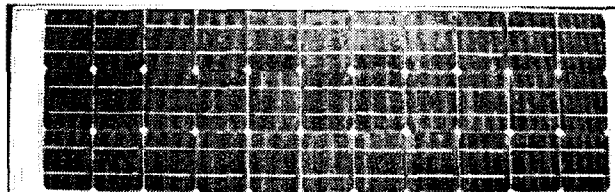


그림 5. 모듈의 외관
Fig. 5. The surface of module

표 1. 모듈의 초기 특성
Table 1. The initial characteristics of the module

모듈 온도	25[°C]	47[°C]
P_{MPP} [W]	40.3	33.6
I_{MPP} [A]	2.47	2.54
V_{MPP} [V]	16.3	14.4
I_{sc} [A]	2.62	2.8
효율[%]	12.8	10.7
모듈온도 0[°C]일 때 V_{oc} [V] : 22[V]		

2.2.1 I-V곡선과 최대전력점

실험에 사용된 3개의 모듈의 I-V곡선에서 A모듈은 초기 상태에 비해 1.09%의 효율이 감소가 있었고 P_{max} 는 초기에 비해 8.9%가 감소하였다. 모듈이 23년 된 모듈이므로 8.9%를 23년으로 나누어 계산하면 1년에 0.38% 감소한 것으로 2.2절에서 국외 논문의 결과인 1년에 0.4% 감소하는 것과 크게 다르지 않았다.

이에 비해 B모듈과 C모듈은 초기상태에 비해 효율 및 최대전력의 감소량이 매우 컸다.

초기에 비해 최대전력이 71.2% 감소하였고 1년당 감소율을 보면 3.09% 감소한 것이다.

표 2. 2009년 모듈의 특성
Table 2. 2009 characteristics of the module

	A 모듈	B 모듈	C 모듈
P_{MPP} [W]	36.7[W]	11.6[W]	11.7[W]
I_{MPP} [A]	2.34[A]	2.39[A]	2.29[A]
V_{MPP} [V]	15.7[V]	4.9[V]	5.1[V]
I_{sc} [A]	2.66[A]	2.61[A]	2.29[A]
효율[%]	11.71[%]	3.7[%]	3.73[%]
P_{max} 감소율[%]	8.9[%]	71.2[%]	70.9[%]
1년당 P_{max} 감소율[%]	0.38[%]	3.09[%]	3.08[%]

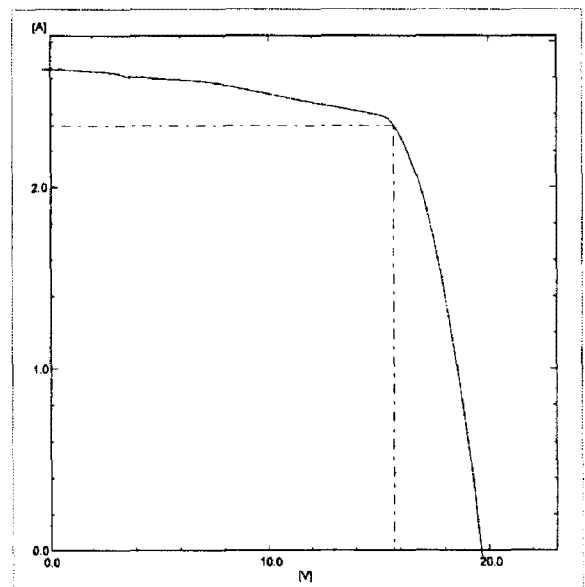


그림 5. A 모듈의 I-V곡선
Fig. 5. A module of the I-V curves

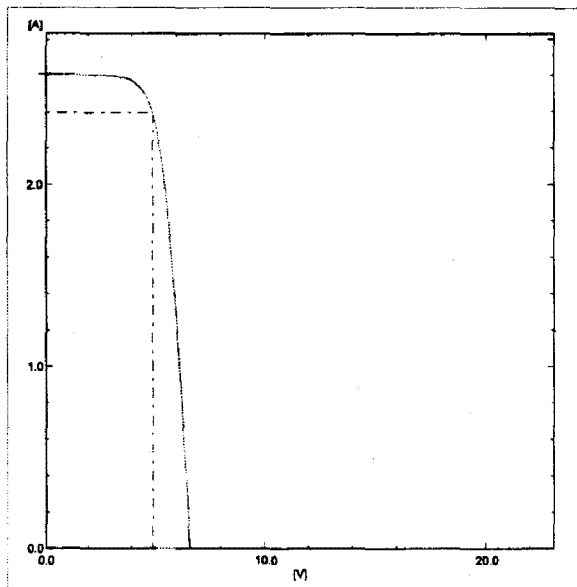


그림 6. B 모듈의 I-V곡선
Fig. 6. B module of the I-V curves

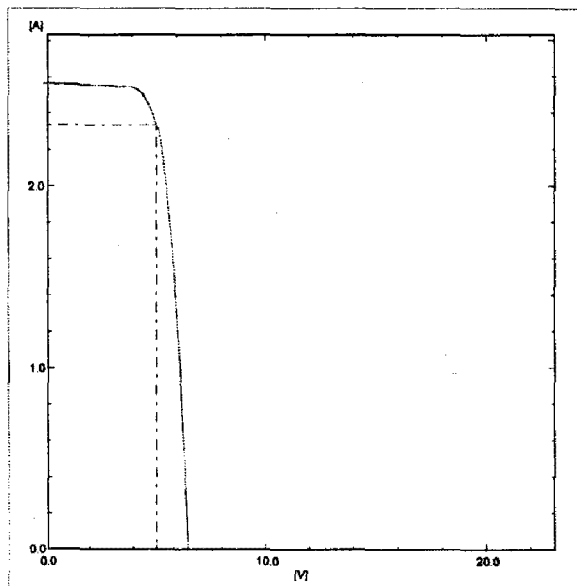


그림 7. C 모듈의 I-V곡선
Fig. 7. C module of the I-V curves

실험한 모듈의 I-V곡선과 특성표를 보면 같은 기간을 사용한 모듈임에도 불구하고 그 최대전력의 차이가 매우 크게 나타났다. A모듈과 B,C모듈의 가장 큰 외형적 차이는 모듈 표면의 황변이었다. 소재의 노후로 인한 황변은 A 모듈과 B,C 모듈 모두에 나타났지만 A모듈에 비해 B,C모듈에서 변색된 면적과 변색된 농도가 더 짙었다.

발전량의 감소가 작은 A모듈에서 각각의 Cell 전압을 측정 한 결과 Cell의 전압 차이가 거의 없었다. 그에 비해 황변이 심하게 일어난 B,C 모듈의 경우 그림 9와 같이 Cell의 개방전압이 4[mV]에서 400[mV]까지 다양하게 나타났다.

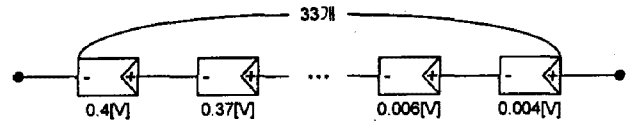


그림 9. Cell의 전압강하
Fig. 9. The voltage drop of the Cells

전압이 심각하게 감소한 Cell의 경우 표면의 황변이 다른 Cell에 비해 심하게 일어났다. 황변의 원인은 크게 두가지로서 수분과 염분의 침투, 부분적 음영에 의한 hot spot이 있다. 실험에 사용한 Cell의 상태를 보면 전체적으로 황변이 일어났으므로 부분적 음영에 의한 황변이 아닌 수분과 염분의 침투에 의한 것으로 추정된다.

3. 결론

본 논문에서는 23년된 Arco Solar의 M-73모듈을 가지고 23년된 모듈의 특성곡선을 비교하였다. 국외 논문에서와 같이 1년에 약 0.4%의 최대 전력이 감소해 현재 8.9% 감소하는 경우가 있었고, 그와 달리 모듈의 최대전력이 71.2%까지 감소하는 경우가 있었다. 1년 0.4%의 감소를 기록한 국외 논문에서는 모듈에 대한 유지관리를 철저히 한 경우라고 나와 있듯이 국내 설치된 태양광 발전소도 모듈에 대한 유지 관리의 필요성이 나타난다. 그러나 이번 실험은 한가지 종류의 모듈에 대해서만 실험한 것이므로 여러 모듈종류의 모듈에 대한 실험이 필요하다. 또한 근래에 제작된 모듈은 기술이 발전함에 따라 염분과 수분의 침투가 과거에 비해 현저히 줄었다

그러나 모든 모듈은 관리를 하는 방법에 따라 그 수명이 달라지므로 방치하는 태양광 발전소가 아니라 모듈표면의 부분적 음영을 생성하는 이물질 제거에서부터 수분과 염분의 침투를 막아줄 수 있도록 유지관리를 해주어야 모듈의 수명을 연장시킬 수 있다.

참고문헌

- [1] 이순형 “태양광발전시 시스템의 계획과 설계” 2008.
- [2] 이현화 “태양전지 array의 음영 영향과 역서지 다이오드의 구성에 관한 연구” 2008.
- [2] Ewan D. Dunlop “Lifetime performance of crystalline silicon PV modules”