

PV모듈의 I-V특성 시험을 위한 Solar Simulator의 측정불확도 요인 분석

강기환¹, 박지홍¹, 김경수, 유권중, 안형근¹, 한득영¹

¹한국에너지기술연구원 태양광발전연구단, ¹건국대학교 전기공학과

Analysis of Solar Simulator's Uncertainty Factor for Photovoltaic Module's I-V curve test

Gi-Hwan Kang¹, Chi-Hong Park¹, Kyung-Soo Kim, Gwon-Jong Yu, HyungKeun Ahn¹, Deuk-Young Han¹

¹Korea Institute of Energy Research, ¹Konkuk University

Abstract : In this paper, we analyzed the elements of measurement uncertainty on electrical performance test which are the most important things in photovoltaic module performance test. Repeating the performance test by 6 men, the measurement uncertainty could be calculated. In this experiment, Solar Simulator (A-Class pulse type) used for domestic certificate test of PV module is Pasan IIIb (Balval, Switzerland). The possible elements of the measurement uncertainty that could effect electrical performance test of PV module are reference cell, spectrum correction, error from measurement repetition, test condition, stability and uniformity of artificial solar simulator. To find the measurement uncertainty, 6 men repeated the test by 10 times. And the results were that numerical average value was 124.44W and measurement uncertainty was 124.44W±0.75W with 95% confidence level for 125W PV module.

Key Words : Photovoltaic module, Performance test, Solar Simulator, Uncertainty

1. 서론

최근 지구환경문제와 화석에너지 고갈 문제로 인하여 환경친화형 에너지원 및 미래에너지원의 다원화 등 신재생에너지에 대한 기술개발이 국제적인 이슈로 등장하고 있다. 이로 인해 국내에서도 기후변화협약 대응방안으로 2012년 신재생에너지 5% 달성을 위하여 노력하고 있다.

특히, 신재생에너지중 가장 각광을 받고 있는 태양광 발전은 2012년 태양광 주택 10만호 보급사업 및 공공건물의 의무화사업 등 보급사업의 성공적 수행을 위하여 정부 주도하에 적극 추진되고 있다.

따라서, 태양광 모듈 및 PCS 등 주요기자재에 대한 인증제도 도입 및 시험기준이 작성되어 수요자가 신뢰할 수 있는 제품을 사용할 수 있도록 권장하고 있다.

그러나, 국제적인 인증기준 및 성능평가 장비를 사용하여 인증시험을 수행하더라도 시험장치, 시험 환경 및 시험자에 따라서 그 결과는 다르게 나타날 수 있어 시험결과에 대한 불확도는 매우 중요하다 할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 사전에 분석하고 제품의 성능을 정확하게 판정할 수 있도록 하기 위하여 태양광 모듈의 인증시험에서 가장 중요한 발전성능시험에 대하여 측정불확도 요인을 분석하고, 실제 시험자의 결과값에 따른 측정 불확도를 산출하였다.

2. 측정 불확도 요인

측정이란 어떤 물체 즉 태양광 모듈의 발전성능이 얼마나 되는지에 대한 사물의 특정 성질을 알려주게 되며, 측정의 결과는 수와 측정단위 두 부분으로 표현하게 된다.

측정불확도란 충분히 타당성 있는 이유에 의해 측정량에 영향을 미칠 수 있는 값들의 분포를 특성화한 파라미

터로써 도식적으로 표현하면 그림 1과 같다. 그림 1에서 보는바와 같이 허용공차는 불확도 보다 크지만, 측정결과 의 의심을 수치로 나타낸 것을 측정 불확도라 한다.

측정불확도의 요인으로써는 표준시료, 시편 및 측정횟수, 측정장비, 측정방법, 환경, 시험자 및 기타 불확도 인자들이 요인으로써 작용될 수 있다.

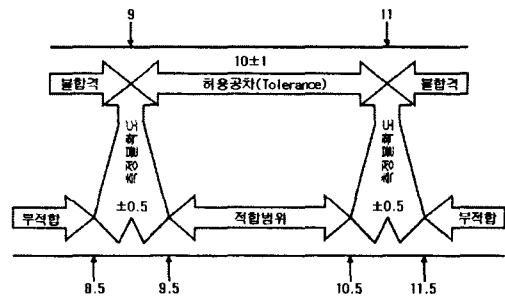


그림 1. 측정 불확도의 도식적 표현

측정의 과정은 그림 2에서 보는바와 같이 수학적인 모델로서 표현될 수 있다. 이는 다양한 입력량들인 x와 구하고자 하는 출력량 y간의 함수관계로 주어진다.

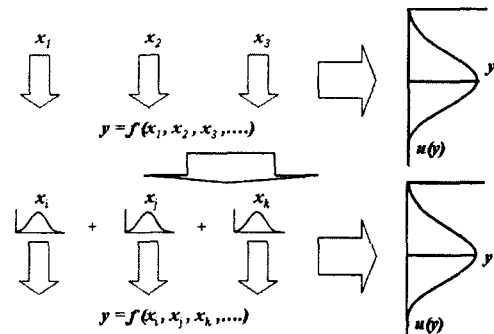


그림 2. 측정 불확도의 수학적 모델

동일조건하에서 측정을 반복하였을 때 측정값의 가장 좋은 추정치는 개별 측정값의 산술평균을 구하는 것이다. 따라서 평균값은 그림 3에서 보는바와 같이 참값의 추정값을 가리키게 될 것이다.

측정 불확도를 구하기 위해서는 그림 3에서 표현한 바와 같이 반복 측정에 의해 얻어진 측정값은 식(1)을 이용하여 산술적 평균값 \bar{x} 을 얻게되며, 식(2)를 이용하여 추정표준편차 s 를 구하게 된다.

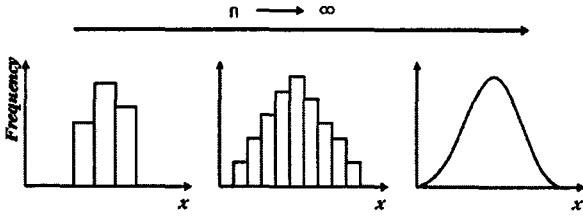


그림 3. 반복측정에 의한 Random Effect

추정표준편차는 식(3)에 따라 A-type 표준 불확도 $u(x_{ia})$ 를 산출하게 되며, 표준 불확도에 대한 자유도 v_i 를 식(4)에 의해 구할 수 있다.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \dots\dots\dots(1)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2} \dots\dots\dots(2)$$

$$u(x_{ia}) = s(\bar{x}) = \frac{s}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(3)$$

$$v_i = n - 1 \dots\dots\dots(4)$$

식(1)~식(4)는 측정 값에 대해 산출 할 수 있는 A-type 측정 불확도로써, 측정 값 외에 나타날 수 있는 B-type 추정표준편차 $u(x_{ib})$ 는 식(5)에 의해 구할 수 있다. 이를 식(6)에 의해 합성표준 불확도 $u_c(y)$ 를 계산하고, 식(7)에 의해 유효자유도 v_{eff} 를 계산하여 t 분포 표에 의해 식(8)의 확장 불확도 U 의 범위인자(Coverage Factor) k 값을 산출 할 수 있다.

$$u(x_{ib}) = \frac{a}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots(5)$$

$$u_c(y) = \sqrt{u(x_{ia})^2 + u(x_{ib})^2} \dots\dots\dots(6)$$

$$v_{eff} = \frac{u_c(y)^4}{\sum_{i=1}^n \frac{u_{ia}(y)^4}{v_i}} \dots\dots\dots(7)$$

$$U = k \cdot u_c(y) \dots\dots\dots(8)$$

3. 실험 방법

본 실험에서는 PasanIIIb Sun simulator(Baval S.A)를 사용하여 표 1에서 보는바와 같이 시험자 6명이 교대로 10회

씩 태양광 모듈의 발전성능을 반복 시험하였다.

태양광 모듈의 발전성능시험 기준은 온도 25℃, 광원 1,000W/m²의 시험조건에서 시험하게 되며, 본 실험에 사용된 장비는 광원의 균일도 ±0.5%, 광원의 안정도 ±0.3%로 매우 우수한 시험 장치이다.

표 1. PV 모듈의 발전성능 반복 측정 결과

Oper. Time	n1	n2	n3	n4	n5	n6
T1	124.41	123.92	124.43	124.39	124.82	124.77
T2	124.22	124.00	124.41	124.41	124.90	124.86
T3	124.30	123.98	124.41	124.39	124.90	124.86
T4	124.22	123.92	124.32	124.39	124.82	124.86
T5	124.30	124.01	124.32	124.39	124.80	124.75
T6	124.23	124.11	124.32	124.30	124.82	124.86
T7	124.32	124.03	124.41	124.39	124.82	124.75
T8	124.32	124.01	124.39	124.39	124.79	124.86
T9	124.32	124.01	124.32	124.39	124.73	124.77
T10	124.26	124.03	124.31	124.30	124.79	124.77
Ave.	124.29	124.00	124.37	124.37	124.82	124.81

4. 결과 및 고찰

4.1 측정불확도 요인 분석

태양광 모듈의 발전성능시험에서 Solar simulator의 측정 불확도 요인으로 작용될 수 있는 것은 그림 4에서 보는바와 같이 크게 Reference cell 및 광원의 Spectrum, 그리고, 시험환경으로 나눌 수 있다. 동일한 Reference cell 및 광원을 사용하고, 시험환경이 25℃로 동일하다고 가정할 때 시험자에 따라 수회 또는 수십회 반복측정을 수행하고, 반복측정 값의 산술적 평균 값에 의해 측정 불확도를 산출할 수 있다.

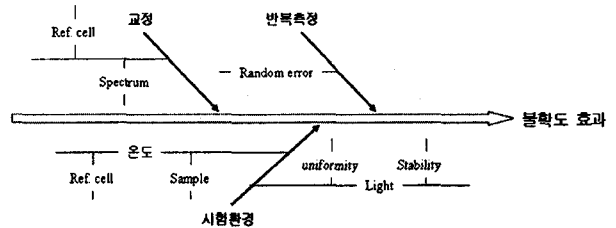


그림 4. Solar simulator의 측정 불확도 요인

4.2 측정불확도 결과

표 1에서 보는바와 같이 시험자 6명이 태양광 모듈 발전성능 시험을 10회씩 반복시험한 결과를 토대로 식(1)에 의해 산술적 평균값을 구해 보았다.

그 결과 그림 5에서 보는바와 같이 시험자 6명이 측정 한 값이 123.92W~124.90W까지 분포되어 산술적 평균 값은 124.44W를 나타내었다. 그것을 식(2)에 의해 측정값의 추정 표준편차를 구했더니, 그림 6에서 보는바와 같이 ±0.31W를 나타내었으며, 식(3)에 의해 측정값에 대한 표준 불확도를 구했더니, 그림 7에서 보는바와 같이 ±0.13W를 나타내었다.

이때 온도 등 시험환경에서 측정값의 편차가 $\pm 0.5W$ 이 내라고 가정할 때 식(5)에 의해 표준 불확도를 계산한 결과 $0.29W$ 를 나타내었으며, 식(6)에 의해 실제 반복측정에 의한 합성표준 불확도를 계산한 결과 $0.32W$ 를 나타내었고, 식(7)에 의해 유효자유도를 계산한 결과 7.03 을 나타내어 t분포 표에 의해 범위인자(Coverage Factor) k값을 구한 결과 2.36 을 얻을 수 있었다.

따라서, 식(8)을 이용하여 확장 불확도를 계산한 결과 $\pm 0.75W$ 를 나타내어 본 실험에서 Solar simulator를 사용하여 발전성능을 시험한 결과 그림 8에서 보는바와 같이 95% 신뢰수준에서 $124.44W \pm 0.75W$ 의 측정불확도 결과를 얻을 수 있었다.

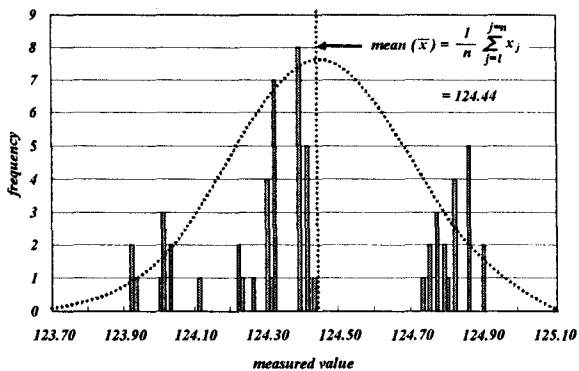


그림 5. 반복측정 결과 값에 따른 산술적 평균

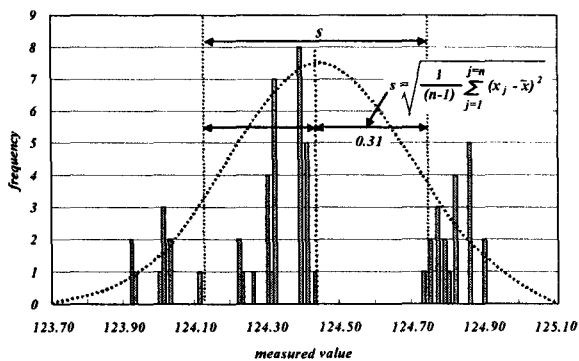


그림 6. PV 모듈의 발전성능에 대한 측정 표준편차

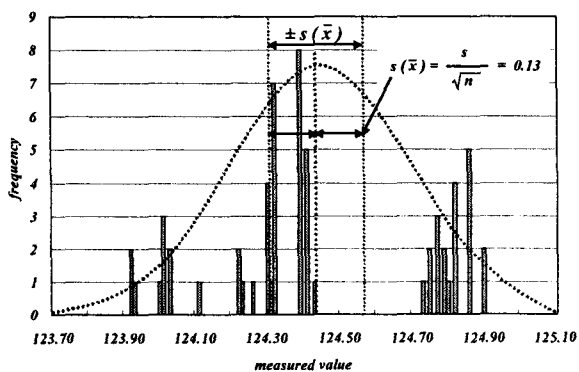


그림 7. PV 모듈의 발전성능에 대한 표준 불확도

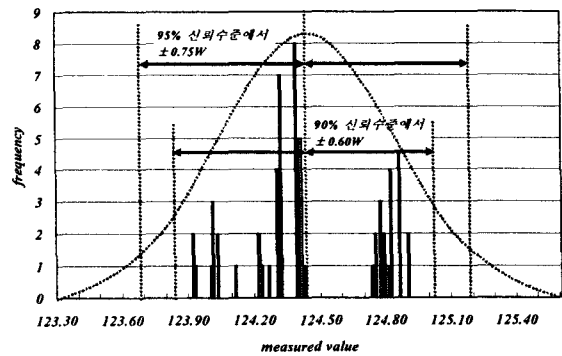


그림 8. PV 모듈의 발전성능시험에 대한 확장 불확도

5. 결론

본 논문에서는 태양광 모듈의 성능시험에서 가장 중요한 발전성능시험에 대해서 측정 불확도 요인을 분석하고, 시험자 6명이 반복시험을 수행한 후 측정 불확도를 산출하여 보았다.

태양광 모듈의 발전성능시험에서 측정 불확도에 영향을 줄 수 있는 요인은 크게 Reference cell 및 Spectrum의 교정과 반복측정에 의한 오차 그리고 시험환경 및 인공광원의 안정도 및 균일도로 추정할 수 있었다.

본 실험에서 발전성능시험에 사용된 Solar simulator는 국내 태양광모듈 인증시험을 수행하기 위하여 구축된 A class Solar simulator로써, 시험장치의 정밀도는 매우 우수하여, 본 논문에서는 시험자 6명의 반복시험 결과에 대한 측정 불확도를 모델식에 의해 산출하였다.

그 결과 125W급 태양광 모듈에서 시험자 6명의 반복시험 결과에 의한 산술적 평균 값은 $124.44W$ 를 나타내었으며, 95% 신뢰수준에서 $124.44W \pm 0.75W$ 의 측정 불확도 결과를 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] ISO, "Guide to the expression of uncertainty in measurement", 1993.
- [2] KOTRIC, "Uncertainty in measurement", 2006.
- [3] EURACHEM/CITAC Guide, Second edition, "Quantifying uncertainty in analytical measurement", 2000.
- [4] UKAS, "The expression of uncertainty and confidence in measurement", 1997.
- [5] KRIS, "Guide to the expression of uncertainty in measurement", 1999.
- [6] G.H.Kang, C.H.Park, G.J.Yu, H.K.Ahn and D.Y.Han, "Electrical Properties of Photovoltaic Modules with test condition of Solar Simulator", Proceeding of the 36th the KIEE annual summer conference(in Korean), 2005.