

# PV발전체의 성능추정을 위한 데이터로거 개발과 적용

곽승훈\*, 정문선\*, 김상만\*, 문채주\*, 장영학\*\*  
 목포대학교 전기공학과\*, 목포대학교 제어로봇공학과\*\*

## Development and Application on Data Logger for estimating performance of PV charged bodies

Seung-Hun Kwak\*, Moon-Seon Jeong\*, Sang-Man Kim\*, Chea-Joo Moon\*,  
 Yeong-Hak Jang\*\*

Department of Electrical Engineering, Mokpo National University\*  
 Department of Control Robot Engineering, Mokpo National University\*\*

### ABSTRACT

태양광발전시스템에서 PV모듈이나 어레이의 성능특성 및 성능추정이 요구되고 있다. 태양광 발전 모듈은 장기간 사용 시 환경 요인 등으로 효율이 나빠지며 어레이의 특정 모듈 효율 저하는 전체 발전 전력의 감소를 초래하므로 실시간 감시가 필요하다. 이 논문은 태양광 발전 모듈의 발전 전력을 실시간으로 측정하기 위한 것이다. 모듈의 출력을 실시간으로 측정하기 위해 전압, 전류 측정 회로를 제작하고 온도, 일조량 측정 장치를 제작하여 RS485 통신으로 연결하였다. Visual Studio - Basic .Net(2005)과 NI사의 Measurement Studio를 이용하여 실시간 모니터링 프로그램을 제작하였고, 모듈들 사이의 상대적인 발전 출력을 비교하여 효율 저하가 의심되는 모듈을 실시간으로 탐색하였다. 20개 모듈의 직병렬로 구성된 1kW 태양광 발전체에 적용하여 시험한 결과 2개의 모듈에서 성능 저하가 의심되는 결과가 확인되었다.

### 1. 서 론

친환경 에너지원으로 태양광발전시스템의 보급이 확대되고 있다. 태양광발전 시스템은 모듈을 직·병렬 연결한 어레이를 만들어 필요용량을 구성한다. 태양광 모듈의 수명은 최소 20년 이상으로 추정하며 장기간 사용 시 자연광을 비롯하여 여러 환경 요인에 따른 노후화현상으로 발전출력이 점차 감소되며, 특정 모듈의 출력 저하는 전체적인 출력에 영향을 미친다. 출력 측정은 태양광량이 수시로 변화하기 때문에 여러 개의 모듈이 조합된 상태의 어레이를 실시간으로 동시에 측정해야 한다.

따라서 본 논문에서는 태양전지 성능평가를 기준한 국제표준시험조건(STC)과 다른, 옥외에서 실제설치조건과 동일한 방법으로 특성이 달라진 여러 개의 모듈에 대하여 성능을 추정할 수 있는 옥외용 데이터로거를 제작하여 PV모듈의 성능추정 방법을 제공하고자 한다.<sup>[1]</sup>

### 2. 로거 구성

데이터로거는 표 1과 같이 각 PV모듈의 전압과 전류를 측정하는 것과 외부환경 측정에 목적이 있다. 여기서, 외부환경은 경사면 직달일조, 외기온도, 모듈후면온도, 습도가 해당된다.

표 1. 측정대상

Slave	내 용
Ch. 1~20	PV모듈 20개 전압(V)측정
Ch. 21~22	PV모듈 10개 직렬과 나머지 10개 직렬의 전류(A)측정
Ch. 23	외기온도(℃) 측정
Ch. 24	PV모듈후면온도(℃) 측정
Ch. 25	경사면 직달일조강도(W/m2) 측정
Ch. 26	외부 상대습도(%) 측정

시스템은 인터페이스와 데이터 처리 및 저장을 위하여 Visual Studio-Basic.Net과 NI-Measurement Studio를 이용하였고 개별적인 8bit MCU-Atmega8과 RS-485를 접목하여 각 측정에 대해 Slave를 구성하였다. 그림 1과 같이 각 채널의 Slave는 순차적으로 PC(Master)에 의해 송신에 대한 응답을 하게 되며 이의Numerical 데이터는 모니터링 및 날짜와 시간으로 구분된 일보데이터에 활용된다.

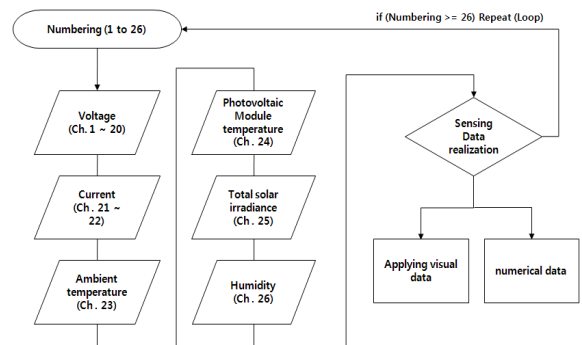


그림 1 검출데이터 처리 순서도

그림 2는 전압, 전류 측정 Slave인 Ch. 1~22에 해당되며 이에 대한 정보를 요약하면 다음과 같다.

- 1) Ch. 1~20-전압 : 저항소자의 전압분배법칙을 이용
- 2) Ch. 21~22-전류 : 0.01Ω의 10W급 정밀Shunt저항을 이용,

±0.5%오차율

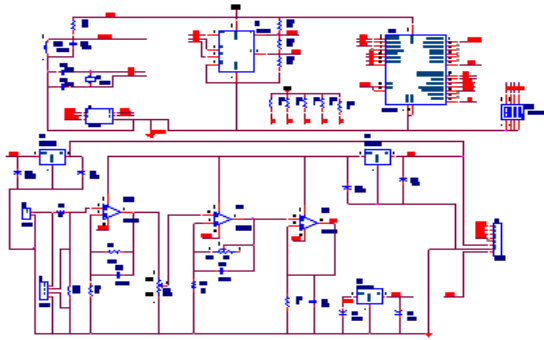


그림 2 전압·전류 검출 Slave

그림 3은 외부환경 측정 Slave인 Ch. 23~26에 해당되며 이에 대한 정보를 요약하면 다음과 같다.

- 1) Ch. 23-외기온도 : -20℃~60℃의 범위를 측정, 0.01℃의 해상도, ±0.5℃의 정밀도
- 2) Ch. 24-모듈온도 : Pt100Ω을 사용, -18.6℃~83.8℃의 범위를 측정, 0.01℃의 해상도
- 3) Ch. 25-직달일조 : Pyranometer (Model:Li-200)를 사용, ±3%의 오차율, ±0.15%/℃의 온도 의존, 10μs의 응답속도
- 4) Ch. 26-상대습도 : 0.0%~99.9RH의 범위를 측정, 0.01%의 해상도, ±3.0%의 정밀도

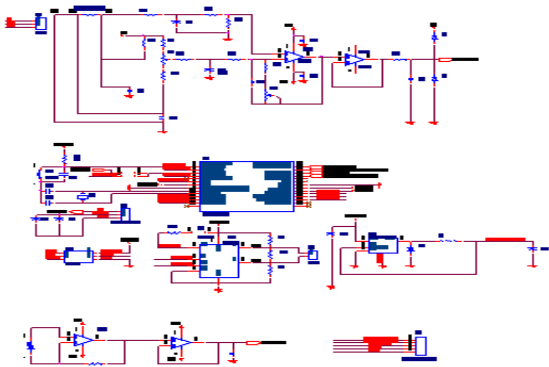


그림 3 외부환경 검출 Slave

### 3. 로거의 데이터 분석

옥외에서의 측정조건은 PV시스템의 실제 설치조건과 동일하므로 가장 바람직한 측정 방법이다.<sup>[2]</sup> 옥외에 설치된 PV모듈은 동일한 모델이며 당해연도를 기준으로 7년이 경과되었다.

#### 3.1 분석조건

여러 개의 모듈을 대상으로 할 때 수광면에 직달 자연광이 고루 분포되고 측정된 데이터에서 발전시기 중 최대광량일 때를 선별하여 분석하였다. 이에 대하여 그림 4는 데이터 선별을

통한 개별 PV모듈의 전기적 성능추정 방법을 나타내었으며 직달일조와 낮은 상대습도 그리고 비교적 최대광량 때와 전체 모듈에 균일한 입사조건이 만족되어야만 분석조건이 성립되는 것을 보여준다.

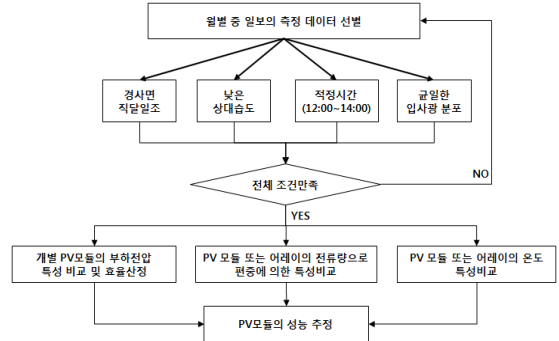


그림 4 일보데이터에 의한 성능추정 개략도

### 3.2 분석방법

표 2는 일보데이터 중 분석에 적합한 시기선별을 나타내었으며 이를 바탕으로 아래와 같은 방법으로 분석하였다.

표 2 분석시기별 일조환경

분석시기 선별		주위 습도량 [%]	일조강도 [W/m <sup>2</sup> ]	
Date	Time		최대	평균
2010. 04. 24	12:13~13:20	31.6	892.4	882.2
2010. 04. 29	12:32~13:33	34.1	845.4	838.2
2010. 05. 07	12:00~13:00	44.6	840.3	830.9
2010. 05. 12	12:02~13:15	53.6	846	815.3
2010. 05. 13	12:08~13:27	39.8	845.1	814.1

- 1) 일조강도 대비 개별 PV모듈의 부하(발전)전압과 발전효율( $\eta$ )을 상대적으로 비교한다.

$$\eta = (P/E \times S) \times 100$$

여기서,  $\eta$ 는 효율(%), P는 PV모듈의 출력(W), E는 일조강도(W/m<sup>2</sup>), S는 수광면적(371.6)이다.

- 2) 아래와 같은 식으로 임의적인 PV모듈의 직렬접속상태인 두 모듈조합의 전류량을 통하여 특성이 달라진 모듈의 발전전압에 따른 편중분포를 비교한다.

$$I = M_1 + \dots + M_n / Load$$

여기서, n은 모듈개수, M은 PV모듈 전압이다.

- 3) 온도에 따른 PV모듈의 부하(발전)전압을 실측 데이터에 의하여 확인한다.

### 3.3 분석결과

- 1) 20개의 PV모듈에서 평균 부하(발전)전압과 출력에 대한 효율은 각각 그림 5, 그림 6에 나타내었다.

여기서, 가장 낮은 출력은 M-18, 가장 높은 출력은 M-14로

써 2.13V의 전압차가 확인되었다. 또한 효율( $\eta$ )은 같은 방법에서 발전량을 산정한 출력율의 결과로 M-14와 M-18은 각각 12.19%, 10.53%이다.

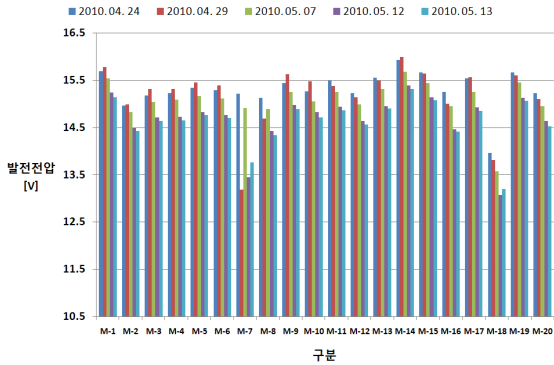


그림 5 분석시기별 PV모듈의 평균전압

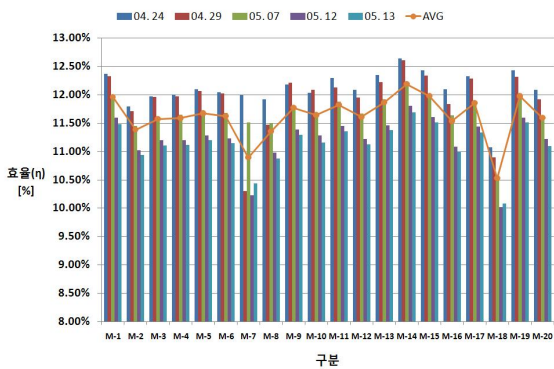


그림 6 분석시기별 PV모듈의 평균효율

표 3은 전체 PV모듈의 평균전력과 효율, 그리고 전체에서 차지하는 출력 중 해당 PV모듈이 갖는 영향력에 대한 출력레벨을 해당비율로 나타내었다.

표 3 개별 PV모듈의 출력효율과 해당비율

모듈 [M]	효율 [%]	해당 비율 [%]	평균 전력 [W]	모듈 [M]	효율 [%]	해당 비율 [%]	평균 전력 [W]
1	11.96	5.14	44.43	11	11.82	5.09	43.92
2	11.38	4.90	42.29	12	11.61	5.00	43.14
3	11.57	4.98	42.98	13	11.87	5.11	44.09
4	11.59	4.99	43.05	14	12.19	5.25	45.30
5	11.67	5.02	43.37	15	11.98	5.16	44.52
6	11.62	5.00	43.19	16	11.53	4.96	42.86
7	10.89	4.69	40.48	17	11.85	5.10	44.04
8	11.35	4.88	42.17	18	10.53	4.53	39.12
9	11.77	5.06	43.73	19	11.97	5.15	44.49
10	11.64	5.01	43.24	20	11.59	4.99	43.07

2) 모듈(M)의 직렬조합은 표 4와 같이 A와 B로 구분하여 각각 1~10, 11~20으로 구성하였다. 이때, 상대적으로 우위한 모듈(M)의 부하(발전)전압레벨이 B에 편중되어 평균 0.022A의 전류차가 확인되었다.

표 4 직렬조합에 따른 A와 B의 전류량 비교

비교 대상	측정시기(2010년)				
	4월24일	4월29일	5월7일	5월12일	5월13일
A	2.93	2.90	2.87	2.83	2.82
B	2.95	2.93	2.89	2.85	2.84

3) 실측된 PV모듈의 온도와 부하(발전)전압의 특성관계를 그림 7에 나타내었다. 분석 시 온도에 대한 출력의존은 1°C 상승에 대하여 평균 0.035V의 전압감소를 보였다.

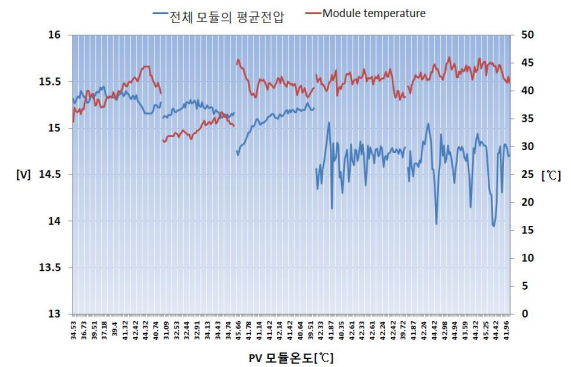


그림 7 PV모듈온도와 부하(발전)전압의 특성관계

#### 4. 결론

본 논문에서는 PV모듈의 성능추정을 위하여 옥외측정을 고려한 데이터로거를 제작하였다.

이를 바탕으로 실시간으로 동시에 외부환경과 개별PV모듈의 I-V를 측정하였고 종합된 일보데이터 중 적절한 분석시기 선별을 통해 효율이 나빠진 PV모듈의 추정방법을 제공할 수 있었다. 분석결과 PV모듈의 7번과 18번(M-7, M-18)에서 성능저하가 확인되었다.

#### 참고 문헌

- [1] 강기환의 태양전지모듈의 노화현상에 따른 전기적 특성 고찰, KIEEME, Vol 17, No. 12. 2004. 12
- [2] PV시스템 구성요소 기기의 성능평가법 및 기술기준(안) 확립연구, 최종보고서, 2004. 9
- [3] 태양광 발전 용어집, 산업자원부, 2007
- [4] E.E. Van Dyk, E.L. Meyer, F.J. Vorster, A.W.R. Leitch, Long-term monitoring of photovoltaic devieces, Renewasble Energy 25, pp. 183-197 2002,