

**PVCMS를 통한 태양광발전시스템의 효율적 운영방안에 대한 연구**

신성수, 안재윤, 마동환, 조성현, 김재언  
 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 전기공학전공

**An Effective Management of Photovoltaic System through PVCMS**

Seong-soo Shin, Jae-Yun An, Dong-Hwan Ma, Sung-Hyun Cho, Jae-Eon Kim  
 Chungbuk National University

**Abstract** - Photovoltaic System is cleanness source of energy that don't flow out environmental pollution. For effective management of photo-voltaic systems, PVCMS (Photovoltaic Central Monitoring System) is operated in 24 site throughout the country. This paper verifies reliability of the data of CMS by measuring voltage, current, power of PV system and presents coefficient of output. Also, calculated efficiency of PV system is compared with real efficiency.

전국의 사이트 중 2개의 사이트를 임의로 선택한 후 표 1-1의 계측기를 이용하여 전압, 전류, 발전전력을 측정하였다. 사이트 선정기준은 태양광 발전 시스템의 안정적인 운전과 통신 이상 등의 문제가 발생하지 않았던 곳으로 하였으며, 측정시간은 기상 상태를 고려하여 일정 수준이상의 일사량을 보인 시간대에서 측정하여 데이터를 얻었다.

표 2.1-1

	이우학교	푸른꿈고등학교
측정 일시	2005년5월12일 14시~15시	2005년5월8일 15시~16시
용량(kW)	30	10
모듈	75W*250 (다결정)	50W*200 (다결정)
위치	경기도 성남시	전북 무주

**1. 서 론**

태양광 발전은 태양의 빛을 이용한 청정 에너지원으로 서 에너지 고갈과 환경문제가 대두됨에 따라 그 수요가 증가하고 있는 추세에 있다. 국내에서도 여러 국책사업을 통해 그 보급이 확대되고 있으며 현재 각 사이트들의 효율적 관리를 위해 에너지관리공단 과제의 일환으로 PVCMS(Photovoltaic Central Monitoring System) 즉, 중앙 모니터링 시스템을 시험 가동 중에 있다. 이 시스템은 기존의 네트워크를 이용하며 RTC(Realtime Clock)를 장착하여 인버터의 데이터를 버퍼에서 가공하여 DB 서버로 전송하여 인터넷을 통해 시스템의 운전을 감시하게 된다. 현재 이 시스템으로 20여개 사이트의 태양광 발전 시스템의 운전 상태를 실시간 감시하고 있으며 일보/월보/연보 및 History까지 출력이 가능하다. 본 논문에서는 2개 사이트를 선정하여 발전시스템의 출력 값을 직접 측정고하고 CMS의 DB데이터와 비교 분석함으로써 시스템의 신뢰성을 검증하여 필요한 보정계수를 산출하고자 한다. 또한 산출된 보정계수를 적용하여 태양광 발전 시스템의 실제 효율을 계산하고 태양광 발전 시스템의 운용 효율을 분석하고자 한다.

**2. 본 론**

**2.1 CMS 데이터 비교**

표 1-1 계측기

모델명	UMG510
제조사	Janitza electronics (독일)
Value Frequency range Uncertainty	
Voltage	15 .. 75Hz ±(0,2% rdg+0,02% rng)
Current	45 .. 65Hz ±(0,2% rdg+0,05% rng)
Power	45 .. 65Hz ±(0,75% rdg+0,0075% rng)
voltage error%	0.1 ~ 0.2 %
voltage error%	0.1 ~ 0.2%

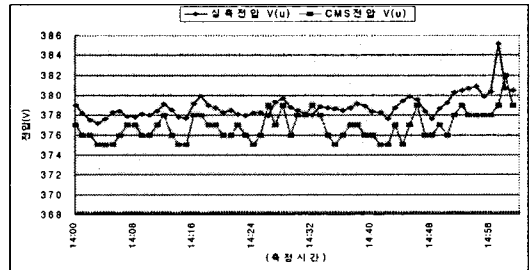


그림 2.1-1 Voltage

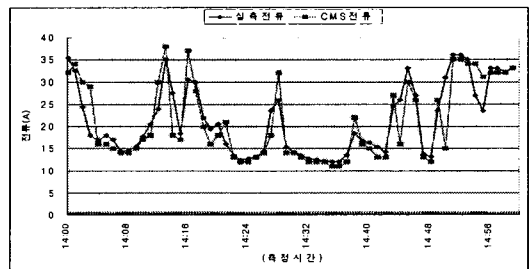


그림 2.1-2 Current

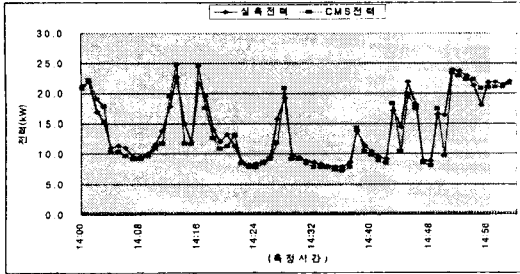


그림 2.1-3 Power

$$\begin{aligned}
 V_{error}(\text{전압오차}) &= (1/n) * \sum(V_{real} - V_{CMS}) \\
 I_{error}(\text{전류오차}) &= (1/n) * \sum(I_{real} - I_{CMS}) \\
 P_{error}(\text{발전전력오차}) &= (1/n) * \sum(P_{real} - P_{CMS})
 \end{aligned}
 \quad (1)$$

그림2-1,2,3은 이우학교의 태양광 시스템의 전압, 전류, 발전전력을 비교한 그래프이다. 위 데이터는 인버터의 출력 값이며 전체적으로 실측값이 CMS 값보다 높게 나왔으며 평균오차는 각각  $V_{error} = 2.01$  [V],  $I_{error} = 0.44$  [A],  $P_{error} = 0.53$  [kW]이다. 각 오차의 표준편차는 1.21, 4.11, 1.60으로 전류 값이 고르지 못한 것을 알 수 있다.

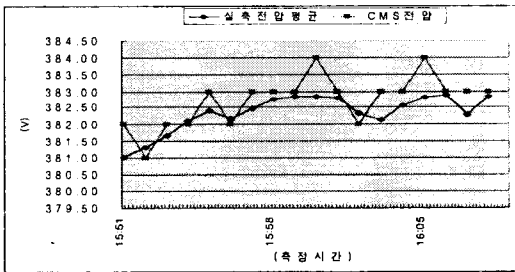


그림 2.1-4 Voltage

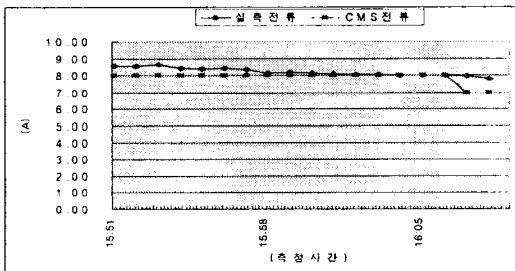


그림 2.1-5 Current

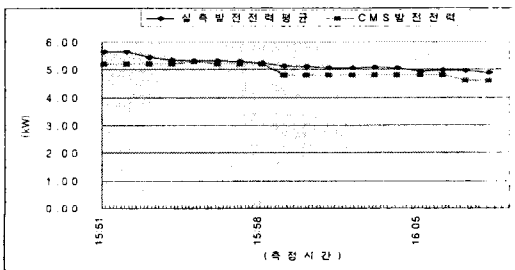


그림 2.1-6 Power

푸른꿈 고등학교의 경우  $V_{error} = -0.3$  [V],  $I_{error} = 0.32$  [A],  $P_{error} = 0.23$  [kW]이며 표준편차는 0.72, 0.25, 0.08이다.

## 2.2 보정계수 산출

그림2.1-1는 발전량의 크기에 대한 실측값과 CMS값과의 오차를 보기위한 것으로 그 값은 발전량에 비례하지 않고 거의 일정한 값이 나오는 것을 알 수 있다.

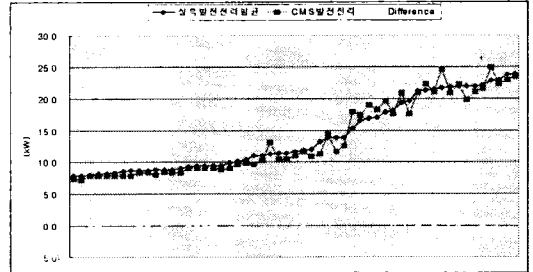


그림 2.2-1 발전량에 따른 오차

따라서 출력 전력에 대한 보정계수  $\alpha$ 는 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$\alpha = P_{real} / P_{CMS} \quad (2)$$

각 사이트의 계산된  $\alpha$ 값의 산출 평균값은 이우학교와 푸른꿈 고등학교 1.059과 1.061로 근사한 값으로 나왔다.

## 2.3 보정계수를 고려한 태양광 출력 분석

CMS에 저장된 발전 출력 데이터에 보정계수  $\alpha$ 를 대입한 후 일사량과 외부온도를 고려한 이론적 출력 값과 비교 분석하여 실제 태양광 시스템의 효율을 계산하였다. 여기서 CMS 데이터는 인버터의 출력단의 값이므로 인버터의 실제효율을 대입하여 태양 전지의 출력 값을 산출하였다. 계측 사이트는 인천 수산정수장에 설치된 태양광 시스템이며 설치 정보는 다음과 같다.

표 2.3-1

용량	30
모듈	75Wp, 다결정
측정 일시	2005년 5월 12일 13시
측정 장비	온도계, 일사량계

## 2.3-1 인버터의 실제 효율

인버터의 효율을 계산하기 위해 태양 전지의 출력단과 인버터 출력단의 전력량을 측정하였으며 그 값은 다음과 같다.

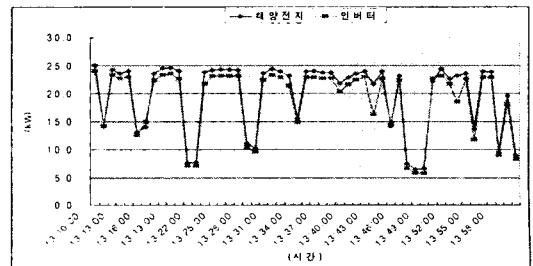


그림 2.3-1 태양전지와 인버터 출력

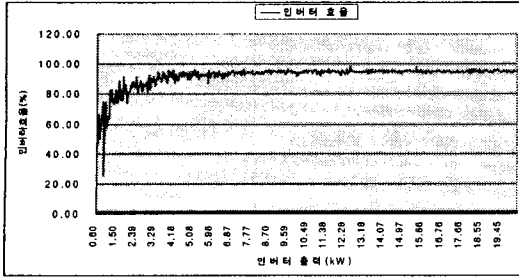


그림 2.3-2 인버터 출력에 대한 효율

$$\text{인버터 출력 효율 } K_c = (P_{\text{inverter}} / P_{\text{sola}}) * 100 \quad (3)$$

위 식에 의해 계산된 값들의 인버터 출력 효율  $K_c = 94.06[\%]$ 이다. 또한 그림 2.3-2에서와 같이 인버터의 효율은 전력량이 적을 때 급격히 감소하는 것을 알 수 있다.

### 2.3-2 태양광 시스템의 효율

태양광 시스템의 실제 효율을 계산하기 위해 경사면 일사량과 외부온도 계수를 고려한 출력전력량의 계산 값과 태양전지의 출력의 실측값을 비교하였다.

$$E_s = P_{AS} * H_A / G_s \{ 1 - (T_{am} - T_s) * \lambda_{\mu} \} \quad (4)$$

$P_{AS}[\text{kW}]$	태양전지 정격출력
$H_A[\text{kW/m}^2]$	경사면 일사량
$T_{am}[\text{C}]$	외부 온도
$\lambda_{\mu}[-0.5\%/^{\circ}\text{C}]$	온도보정계수
$T_s[\text{C}]$	표준상태 온도(=25)
$G_s[\text{kW/m}^2]$	표준상태 일사량(=1)

태양전지의 실제 출력 값은 인버터의 출력 값에 보정 계수  $\alpha$ 와 인버터의 효율을 대입하여 계산하였다. 이 값은 실제 측정된 태양전지의 실측값과 평균오차 0.012[kW]로 근사한 값을 알 수 있었다.

$$P_{\text{sola}} = (P_{\text{inverter}} / K_c) * 100 \quad (5)$$

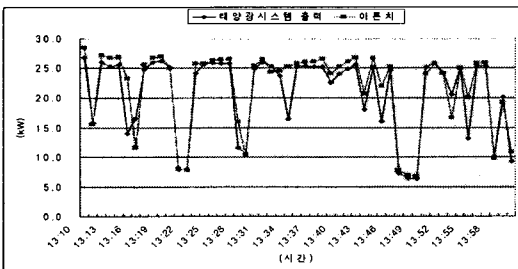


그림 2.3-3 태양전지 출력과 이론값( $E_s$ )

$$\eta = \frac{P_{\text{sola}} (\text{태양전지발전전력량})}{H_A * S (\text{전체경사면일사량})} \quad (6)$$

계산 결과 측정된 사이트의 태양전지의 실제효율은 10.98[%]이며 태양광 시스템의 변환효율은 10.05 [%]로 나왔다. 이것은 module efficiency = 11.6[%]보다 떨어지나 비교적 근사한 값을 확인할 수 있다. 효율 감소의 원인

으로는 일사량 변동에 의한 손실, 어레이 직병렬 불균형에 의한 손실, 모듈의 표면온도 변화에 의한 손실, 모듈 표면의 오염물질에 의한 손실 등으로 분석 할 수 있다.

## 3. 결 론

본 논문에서는 태양광 시스템 중 중앙 모니터링 시스템(CMS)이 적용된 사이트 2곳을 선정하여 실제 출력 값을 측정함으로써 데이터의 신뢰성을 검증하고 오차를 보정하기 위한 전력량에 대한 보정계수  $\alpha$ 를 산출하였다. 또한 태양전지의 출력 값과 인버터의 출력 값을 비교함으로써 설치된 태양광 인버터의 실제 효율을 계산하였다. 인버터의 효율은 비교적 높게 나왔으나 입력 전력 감소 시에 변환효율이 급격히 떨어지는 것을 확인 할 수 있었으며 효율감소의 원인으로 최대 전력점 추종제어(MPPT)의 mismatch에 대한 개선이 필요하다. 조사한 사이트의 실제 효율은 이상 상태에서의 모듈 최고 변환 효율에 근사한 값이 나왔으며 계측과 계산에 의한 오차가 발생할 수 있으나 측정 사이트 수와 측정시간을 늘림으로써 보다 정확한 값을 얻을 수 있을 것이다. 현재 이 모니터링 시스템은 시험 가동 중에 있으며 위에서 제시한 보정계수를 대입함으로써 태양광 시스템의 보다 정확한 계측과 감시가 가능하며 효율적인 시스템 운용이 이루어 질 것으로 여겨진다.

추후의 연구 과제로는 다양한 계측을 통해 태양광 시스템의 효율 감소 원인에 대한 분석과 사고 이력을 조사하여 계통 연계형에서의 안정적인 시스템 운용에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 에너지관리공단 지원에 의하여 (주)S-에너지 주관으로 수행된 과제의 일부임

### [참고문헌]

- [1] Roger A. Messenger, Jerry Ventre, "Photovoltaic Systems Engineering"
- [2] Mukund R. Patel, Ph.D., P.E. "Wind and Solar Power System". CRC Press, PP.125-160, 1996
- [3] D.A.Fox, et al., "Peak Power Tracking Technique for Photovoltaic Arrays", IEEE, PESC Record, PP. 425-428, 1982