

온도보정계수를 고려한 태양광발전 운전특성연구

*이정일, *윤정필, *유희옥, *윤형상, **차인수

* 동신대학교 전기전자공학부 대학원

** 동신대학교 전기전자공학부

A Study on Drive Characteristic of Photovoltaic to consider temperature compensation account.

*Jeong-il Lee, *Jeong-Phil Yoon, *Hee-Ok Yu, *Hyung-Sang Yoon, **In-Su Cha

* Dept. of Electrical & Electronics Eng Graduate of School Dongshin Uni.

** Dept. of Electrical & Electronics Eng Dongshin Uni.

ABSTRACT

Photovoltaic System does military exploit that use heliometer light and is clearness source of energy. Photovoltaic System is no noise, shock among is several Substitute energy and after establishment maintenance having simple special quality, is applied in many fields.

However, while Photovoltaic System is having these advantage, but react sensitively in effect of Photovoltaic scanning Quantity, temperature change etc.. surrounding environment, when did not satisfy condition, express indefinite output price.

Consider voltage · current output measurement value and temperature revision calculation by temperature change of existing photovoltaic system and change of output price of when did Simulation analyzed comparison.

1. 서 론

태양광 발전은 태양의 빛을 이용한 무공해 청정 에너지원으로서 여러 대체에너지 중에서도 소음, 진동이 없고 설치 후 유지보수가 간단한 특성을 가지고 있어서, 많은 분야에서 응용되어지고 있다. 하지만, 태양광발전은 이러한 장점을 지니고 있는 반면, 광 조사량, 온도변화 등 주변환경의 영향에 민감하게 반응하여, 조건을 만족하지 않았을 때 일정하지 않은 출력값을 나타낸다.

본 연구는 PV-Module의 자체 온도가 일정 온도 이상 상승하면, 그와 비례하여 발전효율은 감소하는 기존 태양광 발전의 온도변화에 따른 전압 · 전

류 출력 측정값과 온도보정계수를 고려하여 Simulation 하였을 때의 출력 값의 변화를 비교 분석하였다.

2. Solar cell의 기본원리

발전소자인 Solar cell의 기본원리는 반도체 P-N 접합으로 이루어진 Solar cell에 태양광선이 입사되면 반도체 고유의 금지대 폭 보다 큰 파장 영역의 태양광 에너지에 의해 전자-정공 쌍이 여기되고, 전자와 정공이 이동하여 N층과 P층을 각각 음극과 양극으로 대전시키는 광기전력 효과에 의해 기전력이 발생하며 외부에 접속된 부하에 전류가 흐르는 원리이다.

여기에서, 광기전력 효과란 금지대폭이 E_g 인 금속-반도체 혹은 p-n접합에 빛을 조사시킬 때 E_g 보다 큰 에너지를 가진 입사광자에 의해서 전자-정공 쌍이 생성되어 접합 양단에 광기전력이 발생하는 현상이다.

PV-Module을 이루는 것은 태양전지이며 이것은 광 에너지에서 전기에너지로 바로 전환하는 p-n 접합 다이오드이다. 이것은 그림 1 에서 보여지는 등가회로를 갖는다.

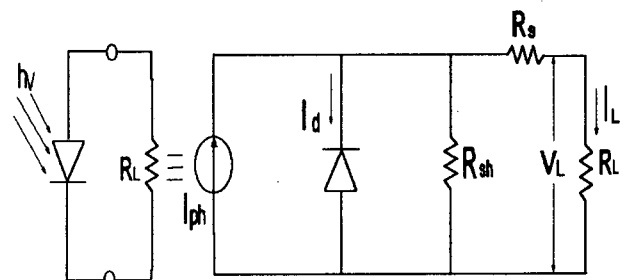


그림 1 Solar cell의 등가회로

여기서, 전류원 I_{ph} 는 광기전류로 표현되며 R_{sh} 그리고 R_s 는 각각 셀의 분로저항 및 직렬저항이다. 일반적으로 R_{sh} 는 매우 크고 R_s 는 매우 작다. 그러므로 R_s 는 간략화 된 분석에서는 무시할 수 있다.

이상적인 경우, 광 투사시의 전압 전류 특성은

$$I = I_{ph} - I_o \left[\exp\left(\frac{qV}{nKT}\right) - 1 \right] \quad (1)$$

이 되지만, 실제로는 직렬 저항 R_s 와 병렬 저항 R_{sh} 가 가해져 그림과 같이 되고, 식은

$$I = I_{ph} - I_o \left[\exp\left(\frac{q(V + IR_s)}{nKT}\right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{2} \quad (2)$$

가 된다.

I	출력전류
I_{ph}	광전류
I_o	다이오드 포화전류
n	Diode quality factor
K	볼츠만 상수
q	전자 1개의 전하

이를 전압 전류 특성곡선으로 나타내면 그림 2와 같다.

그림에서 개방전압 V_{oc} , 단락전류 I_{sc} , 곡선인자 FF (Fill Factor)등 3개의 변수는 에너지 변환효율과 관련되는 파라미터로서, 우선 개방전압은

$$V_{oc} = \frac{nKT}{q} \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_o} + 1\right) \quad (3)$$

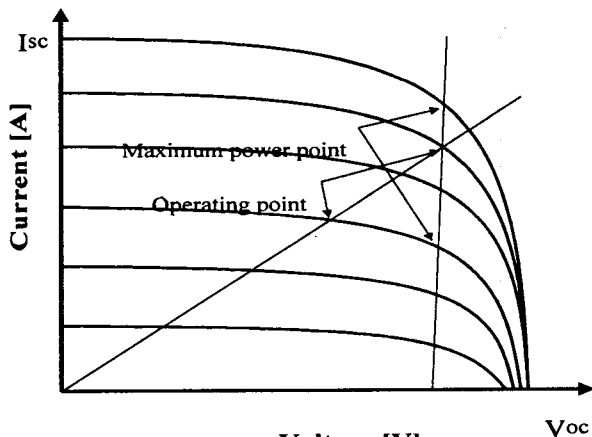


그림 2 Solar cell 의 전압·전류 곡선

이 되고, 단락전류는

$$I_{sc} = I_{ph} - I_o \left[\exp\left(\frac{qIR_s}{nKT}\right) - 1 \right] \quad (4)$$

이 되며, 곡선인자는

$$FF = (V_{MP} \times I_{MP}) / (V_{oc} \times I_{sc}) \quad (5)$$

로 전이되고, 여기서 V_{MP} 는 태양전지의 최대출력전압, I_{MP} 는 최대출력전류이다. 태양전지의 에너지 변환효율은 태양전지에서 얻을 수 있는 최대의 전기 에너지를 입사광 에너지로 나눈 값으로 다음과 같다.

$$\eta = \frac{V_{MP} \times I_{MP}}{P_i} = \frac{V_{oc} \times I_{sc}}{P_i} \times FF \quad (6)$$

여기에서, P_i 는 입사된 태양광 에너지이다.

3. 온도보정계수 개요

열에너지의 전원으로로서의 태양광 발전시스템의 전력손실요인은 Inverter Losses, Load Mismatch, Efficiency Decrease by Temperature, Shadowing, Performance Ratio, Other Losses 로서 구별되는데 그중에서 전력공급을 위한 중요한 요소는 태양광 발전 시스템에 도달하는 일사량의 정확한 에너지 변환기술에 좌우된다.

본 연구는 태양광 발전 시스템으로부터 에너지 변환 효율저하에 중요한 요소인 온도보정계수를 태양광 발전시스템의 제어요소에 반영하여, 온도보정계수를 넣지 않았을 때와 비교하였다.

식 (7)은 온도보정을 고려하지 않을 경우의 최적전압과 시비율에 관한 식을 나타낸다.

$$V_m(t) = V_m \times [1 + \gamma(t-25) - \delta(100-L)] \quad (7)$$

$V_m(t)$ 시험조건하에서 최적전압[V]

V_m 표준조건에서 최적전압 [V]

γ 최적전압의 온도계수 $-0.002/1^\circ\text{C}$

δ 최적전압의 일사량 계수 $0.000094\text{mW}/\text{cm}^2$

L 일사량 값

t 온도 (출력전압에 따른 온도)

α 시비율 $\alpha = \frac{v_2 - v_m(t)}{v_2}$ v_2 : 컨버터출력전압

온도보정계수를 적용할 경우는 식 (8)과 같이 변한다.

$$V_m(t) = V_m \times \left[1 + i \left(\left((V_o - 1) \times \frac{140}{4} \right) - 40 \right) - \delta(100 - L) \right] \quad \text{----- (8)}$$

$V_m(t)$ 시험조건하에서 최적전압[V]

V_m 표준조건에서 최적전압 [V]

i 최적전압의 온도계수 $-0.002/1^\circ\text{C}$

δ 최적전압의 일사량 계수 0.000094mW/cm^2

L 일사량 값

$$t \quad \left((V_o - 1) \times \frac{140}{4} \right) - 40$$

α 시비율 $\alpha = \frac{v_2 - v_m(t)}{v_2}$ v_2 : 컨버터 출력전압

4. 시뮬레이션 및 결과 고찰

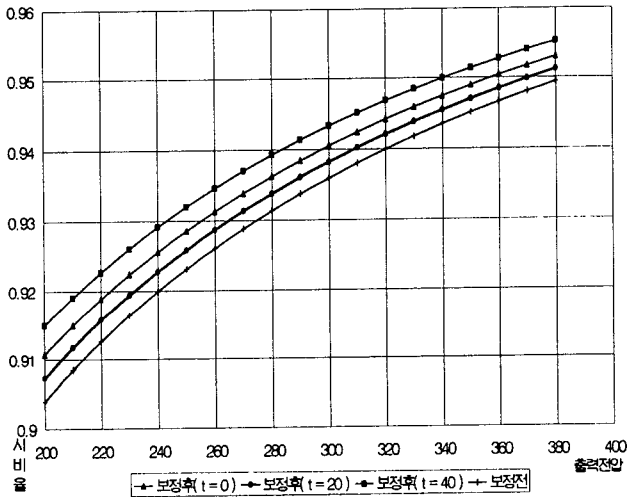


그림 3 온도보정계수 적용 전·후의 비교

온도보정계수를 적용했을 경우 높은 온도에서 보다 큰 Duty Rate와 전압을 얻을 수 있었고, 온도가 낮아질수록 Duty Rate와 전압은 비례하여 감소하였다. 또한, 온도보상을 하지 않았을 경우에는 가장 낮은 Duty Rate와 전압을 얻을 수 있었다. (그림 3 참조)

다음은 이러한 온도보정계수를 적용한 시뮬레이션을 토대로 실생활에 적용하였을 때를 가정하여 연간 전력량을 비교하였다.

태양광 발전 시스템의 연간 전력량은 식 (9)와 같다.

$$E_p = Y_A \times P_{AS} \times K_{PT} \times K_{HS} \times K_O \quad [\text{Kwh/y}] \quad (9)$$

Y_A 연간 array 면적 등가 일조시간

P_{AS} 태양전지 정격출력전력

K_{PT} 온도보정계수

K_{HS} 그늘보정계수

K_O 시스템 출력계수

표 1 시뮬레이션 조건

$Y_A = 1$ 일 array 가동시간 $\times 30$ [일/月] $\times 12$ [月/年]		
$P_{AS} = 30$ kwh		
$K_{PT} = 1 + \alpha P_{max}$ 평균Module 온도 - 표준Module 온도		
$K_O =$ 인버터손실 \times 부하부정합손실 \times Array 손실		
	손실(%)	보정계수
인버터손실	6.9	0.931
부하부정합손실	5.1	0.949
Array 손실	6.7	0.933
1일 일조시간	4 시간	
월	30일	
PV-Module 정격출력전력	30kWh	
표준PV-Module 온도	25°C	
평균PV-Module 온도	20°C	
시스템 출력계수 K_O	0.8243	
αP_{max}	-0.002 (비정질)	

식 (3)에 표 1의 실험조건을 적용하면 그림 4와 같은 그래프가 나오는데, 온도보정계수를 적용하지 않았을 때는

$$E_p = 4\text{hour} \times 30\text{일} \times 12\text{달} \times 30\text{kwh} \times 1 \times 0.8243 = 35609.76 \text{ kwh/year}$$

의 전력량을 나타내었고, 온도보정계수를 적용하였을 경우

$$E_p = 4\text{hour} \times 30\text{일} \times 12\text{달} \times 30\text{kwh} \times 1.01 \times 0.8243 = 35965.868 \text{ kwh/year}$$

결과적으로 온도보정계수를 적용할 경우 한달평균 29.675 kwh/month · 연간 356.0976 kwh/year 의 전력 이득을 얻을 수 있었다. 이를 발전단가 50~100원/kw 입을 감안할 때, 실험 조건하에서 연간 약 400,000원 정도의 비용을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 아래 그림 4는 온도보정계수를 적용하기 전과 적용한 후의 연간 발전량을 월별로 누적 시뮬레이션 한 값이다.

5. 결 론

PV-Module 효율 저감의 여러 원인중의 하나인 온도변화를 온도보정계수를 이용하여 제어하였을 때의 Duty Rate의 변화를 시뮬레이션 하였다. 그 결과 높은 온도에서 보다 큰 전압을 산출할 수 있었고, 연간 전력량에서도 증대효과를 가져왔다.

추후에는 단순히 본 논문의 고려된 온도보정계수와 그늘보정계수를 고려하여 보다 세밀한 MPPT제어 연구를 진행 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Tomonobu Senju, Katsumi Uezato, Shigeru Okuma, "Maximum Power Point Tracking Control of Photovoltaic Array Using Fuzzy Control.", T.IEE Japan, Vol. 114-D, No. 9, '94, pp. 843~848.
- [2] Alberto Bonazzelli, Angelo Repetto, "Guidelines for Photovoltaic System Power and Supervising Electronic.", EPE FIRENZE, 1991, PP 331~338.
- [3] Vittorio Arcidiacono, Sandro Corsi, and Luciano Lambri, "Maximum Power Point tracker for Photovoltaic power plants.", In Proceedings of the 16th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, pages 507~512, September 1982.
- [4] Chartes R. Suilivan, Matthew J, Berkeley, "A High-Efficiency Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic Arrays in a Solar-Powered Race Vehicle.", IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 1993, pp. 574~580.

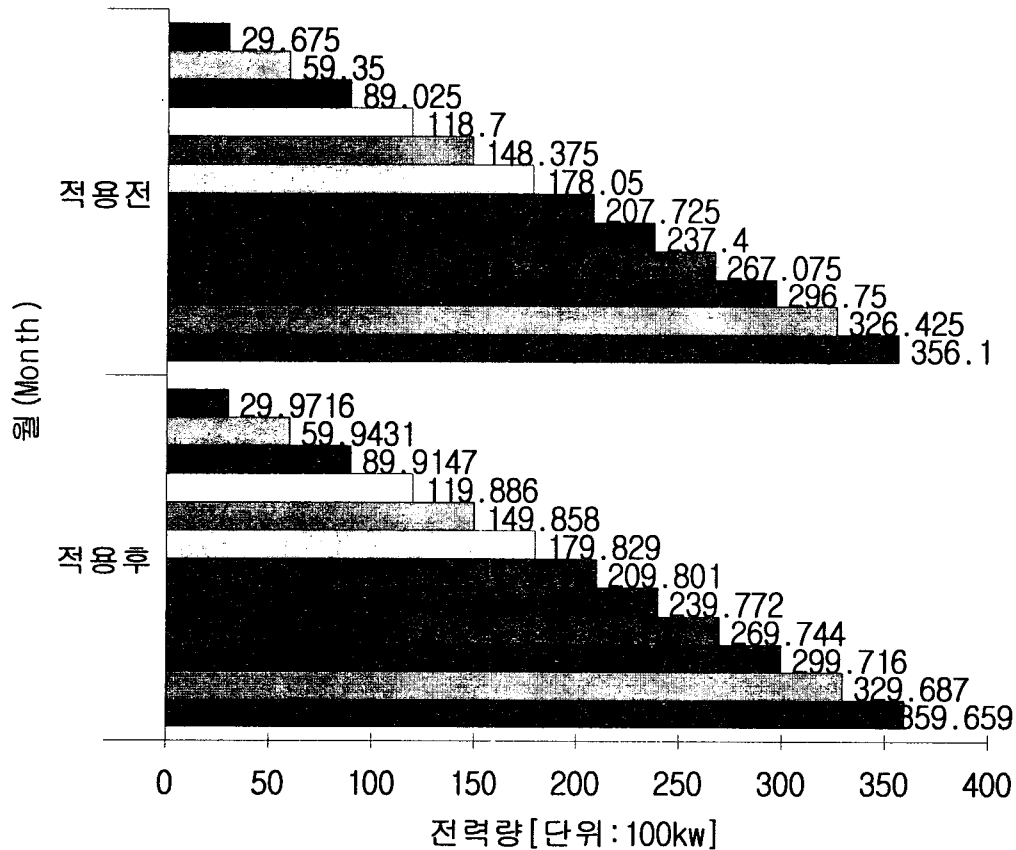


그림 4 보정 전·후의 월간 전력량 비교