

태양광 시스템에서 하나의 광기전력 변수만을 측정하여 MPPT에 적용한 새로운 알고리즘 제어

이춘상, 서영수, 황락훈*

명지대학교, *세명대학교

A suggestion of new algorithm applied to MPPT measuring only one photovoltaic variable

C.S.Lee, Y.S. Seo, L.H.Hwang*

Dept. of Electrical Engineering, Myongji University, *Dept. of Electrical Engineering, Semyung University

Abstract - 본 논문은 독립형 시스템에 태양광을 접목하여 최대출력점추적기를 적용한 새로운 제어방법을 제시한다. PV 판넬로부터 하나의 변수만을 시스템에 대한 제어변수로서 이용한다. 제안한 방법은 전압, 전류의 명확한 결과를 적용하지 않고 최대 전력점을 계산할 수 있다. 제안된 시스템에 대한 전력회로는 동기정류기를 가지는 승압형 컨버터이다.

1. 서 론

P-V 특성은 일사량과 온도에 강하게 의존한다. 일사량과 온도의 변화는 또한 어레이의 최적동작점의 위치에서 변화를 가져온다. 최대 효율을 얻기 위해서는 동작전류에 의존하는 솔라 판넬의 동작점을 일정하게 조절하는 것이 필요하다.

PV 어레이로부터 들어오는 전력을 증가시키는 두 가지 방법이 있다. 하나는 PV 세트의 재료와 솔라셀을 추가하여 구성을 재배열하여 최대화 시키는 방법과 가능한 높은 효율에서 어레이에 동작을 유지하게 만드는 것이다. 최대전력점에서의 전류와 전압에 상응하는 점에서 어레이가 동작된다면 최대 가능한 효율을 얻을 수 있다.

이러한 것들을 가능하게 하는 많은 방법들이 제안되어져 왔다: "look-up table", perturbation and observation (P&O), incremental conductance...[1][2][3][4].

이 논문에서는 전압과 전류 곱에 의한 명확한 연산없이 시스템에 대한 제어변수로서 판넬로부터 전압만을 이용하여 저전력에서 실용적으로 구현 가능한 회로로 구성된 MPPT를 제안하여 전류에 기초한 MPPT와 비교하여 타당성을 제시한다.

2. 태양전지 모델링

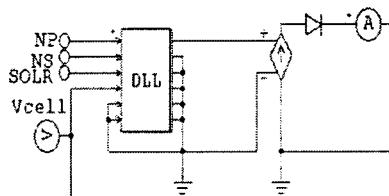


그림 1 PSIM을 이용한 태양전지 회로도
Fig.1 Schematic circuit of PV array with PSIM

태양전지는 원하는 출력전압과 전류를 공급하기 위하여 많은 솔라셀을 직(Ns), 병렬(Np)로 조합하여 구성한다. 태양전지 모델링은 여러 참고 문헌에 나와 있으므로 이 논문에서는 태양전지 모델링 결과 수식을 이용하여 시뮬레이션을 어떻게 구성하는지 나타낸다. 수식(1)과(2)는 태양전지 모델링의 결과이고, 그림1은 수식(1)을 이용

하여 PSIM 시뮬레이션의 DLL(Dynamic Link Library) 파일을 구성하였다.

$$V_{PV} = -I_{PV} R_S \left(\frac{N_S}{N_P} \right) + \left(\frac{N_S}{\lambda} \right) \ln \left[1 + \frac{N_P I_{SC} - I_{PV}}{N_P I_O} \right] \quad (1)$$

$$I_{PV} = \frac{1}{(R_{sg} + \frac{2N_S}{\lambda N_p I_{pha}})} \left[\frac{N_S}{\lambda} \ln \left(\frac{I_{pha}}{I_o} \right) - V_{PV} \right] \quad (2)$$

I_{sc} : 일사량에 따른 단락전류, I_o : 역포화전류,

R_S : 셀의 직렬저항, λ : 재료에 따른 일정계수,

I_{pv} , V_{pv} : 솔라셀 어레이의 전압, 전류

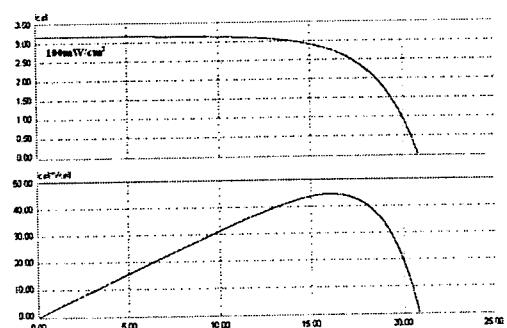
$I_{pha} = sc + io$, $R_{sg} = Ns * R_s / Np$

표1은 어레이 시뮬레이션에 쓰인 변수값이고, 그림2의 (a),(b)는 태양광 어레이의 출력 곡선을 나타낸다. 주어진 솔라셀 어레이 파라미터의 값에 대하여 V-I 특성은 일사량에 의존하고, 최대전력점은 일사량에 따라 변함을 알 수 있다.

표 1 태양전지 어레이 시뮬레이션에 사용된 계수값

Table 1 Specifications of silicon solar panels(PSEM50)

Open circuit cell voltage	$V_{oc}=21$ [V]
Short-circuit cell current	$I_{sc}=3.17$ [A]
Reverse saturation current	$I_o=0.5 \times 10^{-4}$ [A]
Voltage, max power	$V_{pv}=17.1$ [V]
Current, max power	$I_{pv}=2.92$ [A]
Maximum power	$P_{pv}=49.9$ [W]
Cell resistance	$R_s=0.0277$ [Ω]
Cell material coefficient	$\lambda=0.049$ [1/V]



(a) V-I 와 P-V 특성곡선(100mw/cm2)

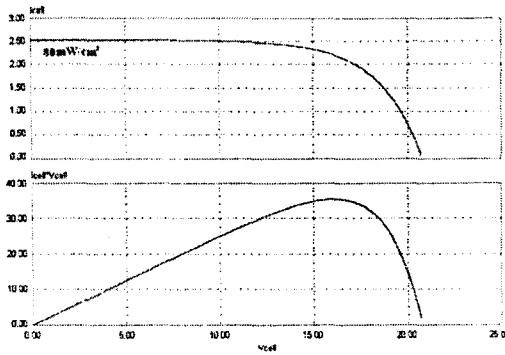


그림 2 태양전지 어레이의 출력특성 시뮬레이션
Fig.2 The simulation of PV array output

3. 전압과 전류에 기초한 MPPT 방법

다른 일사량에 대한 최대전력에 상응하는 동작점을 결정하기 위하여 식(1)은 셀 전류에 관하여 전력의 2차 도함수를 계산하는데 이용된다. 최대전력에 상응하는 셀 전류와 셀 단락회로 전류 사이에 선형(1차지연)상태를 보여주기 위하여 수치해석법을 이용한다.[3]

$$I_{MP} = M_c I_{SC} \quad (3)$$

이 방정식은 전류에 기초한 최대전력점추적(CMPPT) 기술의 주된 특징을 기술한다.

M_c 는 전류계수라하고 0.86이다. 식(3)는 I_{SC} (“+”신호)에 관하여 계산된(거의선형) I_{MP} 의 상태를 그림3에 좌표로 위치를 결정했다.

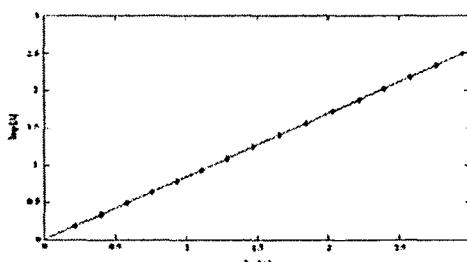


그림 3 I_{SC} (“+”신호)에 대하여 계산된 I_{MP} 의 상태

Fig. 3. Computed (“+” signs) and linear (3) dependence of “cell current corresponding to maximum power” versus “cell short-circuit current” for one PSE panel ($T=25^{\circ}\text{C}$ at varying insolation levels).

수식(4)는 다른 일사량과 온도에 대하여 셀 개방전압에 대한 팬넬 배치에 상관없이 선형상태를 나타내는 최대전력에 상응하는 셀전압을 보여준다.[4][6]

$$V_{MP} = M_V V_{OC} \quad (4)$$

이방정식은 전압에 기초한 최대전력점추적(VMPPT)기술 개념을 나타내고 M_V 는 전압계수라하고 0.71이다.

식(4)는 계산된 상태로 그림4에 좌표로 위치를 표시한다. 그림3과 그림4에 보여진 것처럼 하나의 광기전력 변수만을 측정하여 적용한 MPPT기술은 최대출력점추적을 위한 간단하고 빠른 방법이다.

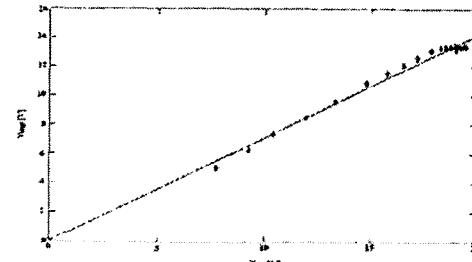


그림 4 V_{OC} (“+”신호)에 대하여 계산된 V_{MP} 의 상태

Fig. 4. Computed (“+” signs) and linear (4) dependence of “cell voltage corresponding to maximum power” versus “cell open-circuit voltage” for one PSE panel ($T=25^{\circ}\text{C}$ at varying insolation levels)

4. 시뮬레이션

그림5는 시뮬레이션에 사용된 부스트 컨버터 회로도를 나타낸다. PSIM을 이용하여 앞서 태양전지 모델링에서 나온 태양전지 DLL과 부스트 컨버터 제어 코딩이 담긴 부스트 DLL 파일로 구성된다.

시뮬링크 소프트웨어와 장치는 그림5처럼 VMPPT 추적기가 있는 솔라 시스템 저항부하를 설계하는데 사용된다.

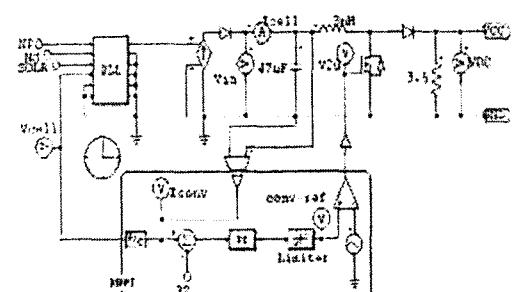


그림 5 부스트 컨버터 회로도

Fig. 5. The schematic of the boost converter

제어된 전압원의 빠른 전류응답을 제한하고 수렴문제를 개선하기위한 지연 기능을 도입한다. 이 블록은 개방전압(단락전류와 식(1)를 이용하고, 식(4)를 이용하여 PV 출력전압과 함께 비교하고 펄스폭 변조 블록에 대하여 절호명령을 연산한다)을 계산한다. 그림6과 그림7은 “PV 전원” 블록에서 그림5의 계산된 전압, 전류, 전력 특성과 $3.5[\Omega]$, $15.5[\Omega]$ 저항부하일 때 특성을 나타낸다.

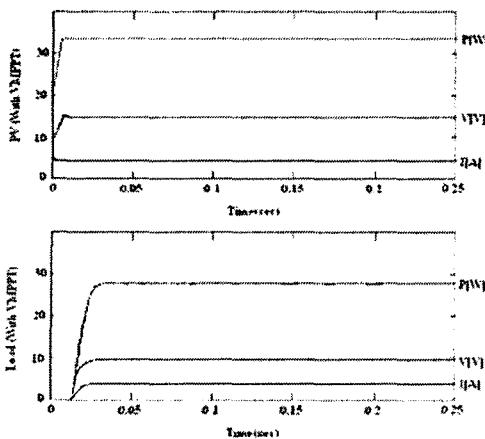


그림 6 PV 전원 블록에서 계산된 전압, 전류, 전력특성과 $3.5[\Omega]$ 저항부하일 때 특성

Fig. 6. Computed (using Fig. 5) voltage, current, and power characteristics of the PV panel (top graph) and at the $3.5[\Omega]$ resistive-load (bottom graph) for the PV system with VMPPT.

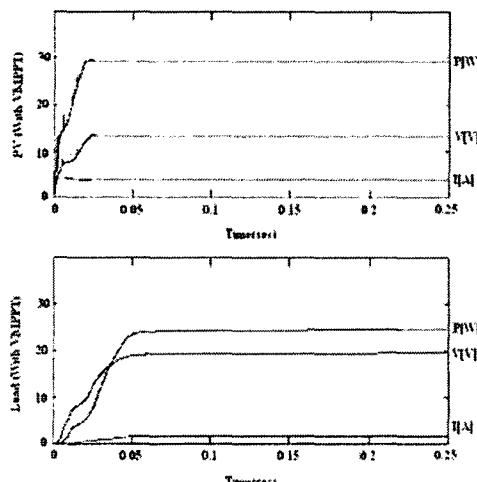


그림 7 PV 전원 블록에서 계산된 전압, 전류, 전력특성과 $15.5[\Omega]$ 저항부하일 때 특성

Fig. 7. Computed (using Fig. 5) voltage, current, and power characteristics of the PV panel (top graph) and at the $15.5[\Omega]$ resistive-load (bottom graph) for the PV system with VMPPT

5. 결 론

태양전지는 V-I, P-V의 관계가 비선형 특성을 가지고 있고 온도와 일사량에 의해서 최대전력점이 수시로 변함으로 태양전지로부터 최대전력을 얻는 것은 중요한 일이다. 이를 위해서 태양전지의 수학적인 모델링을 행하였고, 모델링의 결과는 PSIM을 이용하여 시뮬레이션으로 구현하였다.

본 논문은 PV 시스템에서 전류나 전압 하나의 변수만을 측정하여 MPPT에 적용한 결과 전류를 이용한 MPPT 기술을 응용한 선형 전류 함수가 전압을 이용한 MPPT 기술의 선형 전압 함수와 비교된 실제적인 비선형 PV 특성들이 더 정확한 근사값이었고, 단지 전압 추정치만 요구하는 MPPT 회로와 비교했을 때 PV 단락회로와 출력전류를 온라인으로 측정했을 때 전류를 측정한 MPPT 하드웨어는 더욱 복잡해지고 비싸진다. 따라서 전압을 이용한 MPPT 기술이 더 효과적이고 더 적은 회로 손실을 가지는 것이 당연하다. 따라서, 다음과 같은 제안을 할 수 있다.

저 전압 고 전류 출력을 요구하는 PV 부하들은 전압에 기초한 MPPT 시스템과 잘 조화를 이루고, 전반적으로 더 작동을 잘 한다(비용, 효율성, 소음)

[참 고 문 헌]

- [1] H. S. Rauschenbach, *Solar Cell Array Design Handbook; The Principles and Technology of Photovoltaic Energy Conversion*. New York: Van Nostrans, 1980.
- [2] K. E. Teager, "Electric vehicles and solar power: Enhancing the advantages of electricity," *IEEE Power Eng. Rev.*, vol. 12, Oct. 1992.
- [3] "Design, construction and testing of a voltage-based maximum power point tracker(VMPPT) for small satellite power supply," in *13th Annu. AIAA/USU Conf. small Satellite*, Aug. 23-26, 1999.
- [4] S. M. Alghuwainem, "Matching of a dc motor to a photovoltaic generator using a step up converter with a current-locked loop," *IEEE Trans. Energy Conversion*, vol. 9, pp. 192-198, Mar. 1994.
- [5] 유권종, 정영식, 최주엽, "A study of new highly efficient MPPT control algorithm," *Journal of the korean solar energy society*, vol. 22, No. 3, 2002
- [6] Mummidla Veerachary, Tomonobu Senju, Katsumiuezato "Voltage-Based Maximum Power Point Tracking Control of PV System", *IEEE Transaction of aerospace and electronic system*, vol. 38, No. 1, Jan 2002.