

3kW 계통연계형 태양광발전시스템의 MPPT제어에 관한 연구

김기범*, 임충우, 백형래, 조금배*, 김동휘**
 * 조선대학교, ** 여수공업대학교

A Study on the MPPT Control of 3kW Grid-connection Photovoltaic Generation System

K. B. Kim*, H. W. Lim, H. L. Baek, G. B. Cho*, D. H. Kim**
 * Chosun University, ** Yosu technical college

Abstract - This paper presents a utility interactive photovoltaic generation system with the angle of inclination and direction.

This paper summarizes the results of these efforts by offering a snapshot of the configuration of photovoltaic in residential applications. The status of PV system components and inter-connection and safety equipment will be summarized. also, This System is able to alteration the angle of inclination and direction. Hence this paper discusses only points that might be useful for application.

제의 태양전지는 직렬 및 병렬 기생저항을 가지고 있으며, 이를 고려하여 그림 1에서 보여지는 등가회로를 갖는다.

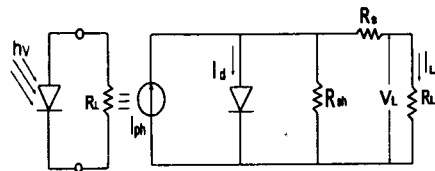


Fig. 1 Equivalent circuit for solar cell

1. 서 론

태양광발전은 무한정, 무공해의 태양에너지를 이용하여 연료비가 불필요하며 대기오염이나 폐기물 발생이 없고, 특히 발전부위가 반도체 소자나 전자부품이므로 진동과 소음이 없으며, 전반적인 시스템을 반자동화 또는 자동화시키기에 용이한 장점을 가지고 있어, 앞으로 도서 벽지나 관공서는 물론, 일반 주택에도 무한한 공급이 예상되고 있다. 태양전지판의 활용이 일반 유흥지에 그치지 않고 주택 지붕, 건물 차양, 건물 외벽등으로 다양해지고, 중차 보급이 증가함에 따라 태양에너지의 입사각에 따른 효율이 크게 대두되고 낮은 비용으로 최대의 효율을 만들어 내는데 관심이 집중되고 있다. 주택보급용 계통연계형 태양광발전시스템은 태양광발전의 고효율화, 발전전력의 고품질화, 배전계통의 안정성 확보등의 기능을 필요로 한다. 태양광발전의 고효율화를 위해서 태양전지의 최대 전력점에서의 운전이 반드시 필요하며, 발전전력의 고품질화를 위해서 인버터 출력전류를 단위역율, 정현파로 제어해야 하며, 배전계통의 안정성 확보를 위해서 시스템 보호 기능외에 계통과의 연계가 단절되었을 경우, 이를 검출하여 배전계통으로의 역충전을 방지하여야 한다.⁽²⁾

태양광발전시스템의 최대출력 제어는 일반적으로 MPPT라고 하며, 그 제어 방법에 대해서는 다양한 방법의 연구결과가 보고되고 있으나, 그 효율성 및 효율평가 방법에 대한 연구는 보고되지 않고 있다.

본 논문에서는 3kW 계통연계형 태양광발전시스템에 적용된 MPPT제어알고리즘에 대하여 서술하고, 실제의 일사량에 따른 시스템의 효율을 분석하여본다.

2. 본 론

2.1 태양전지

PV array를 이루는 것은 solar cell이며 이것은 빛에너지에서 전기로 바로 전환하는 p-n접합 다이오드이다. 실

직렬 병렬 저항을 고려한 태양전지의 특성방정식은 식 (1)로 나타내어진다.

윗 식으로부터 태양전지의 출력전류를 구하면 아래 수식과 같이 나타낼 수 있다.

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

그림 1에서 광 투사시 $R_s = 0$, $R_{sh} = \infty$ 인 이상적인 PN접합 다이오드인 경우 부하에 흐르는 전류 I_L 은 식 (2-4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$I = I_{ph} - I_{sat} \left[\exp \left(\frac{qV}{AKT} \right) - 1 \right] \quad (2)$$

여기서, I_{ph} 는 광전류, I_{sat} 는 셀의역포화전류, A는 이상 계수, K는 볼츠만 상수이고 q는 전자의 전하량이다.⁽³⁾

개방 전압 V_{oc} , 단락전류 I_{sc} , 충전율 FF(Fill Factor)등 3개의 변수는 에너지 변환효율과 관련된 파라미터로서, 우선 식 (2)로부터 $I=0$ 인 조건에서 개방전압 V_{oc} 는

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

와 같이 되고, 단락전류 I_{sc} 는 $V_L=0$ 인 조건으로부터 $I_{sc} = I_{ph}$ 가 된다. 전지에 연결된 부하저항의 크기를 조정함으로써 어떤 최적 동작점에서 최대의 출력 P_{max} 가 얻어지게 된다.

$$P_{max} = V_m \cdot I_m \quad (4)$$

부하저항에서 소비되는 에너지를 P_{out} 라 하면

$$P_{out} = V \cdot I = V \cdot I_{ph} - I_{sat} \left[\exp \left(\frac{qV}{AKT} \right) - 1 \right] \quad (5)$$

최적부하조건에서

$$\frac{dP_{out}}{dV} = 0 \quad (6)$$

이므로 최적동작전압 V_m 은

$$V_m = \exp\left(-\frac{qV_m}{AKT}\right) \left(1 + \frac{qV_m}{AKT}\right) = \left(\frac{I_{ph}}{I_{sat}}\right) + 1 \quad (7)$$

을 만족한다. 또한 이때의 최적동작전류 I_m 은

$$I_m = \frac{(I_{ph} + I_{sat}) \cdot (qV_m / AKT)}{1 + (qV_m / AKT)} \quad (8)$$

가 된다. Pm이 커지기 위해서는 특성곡선에서 I_m 과 V_m 이 I_{sc} 와 V_{oc} 에 가까워야 한다. 그림 2는 일사량에 따른 태양전지의 PIV곡선을 보여주고 있다. ⁽¹⁾

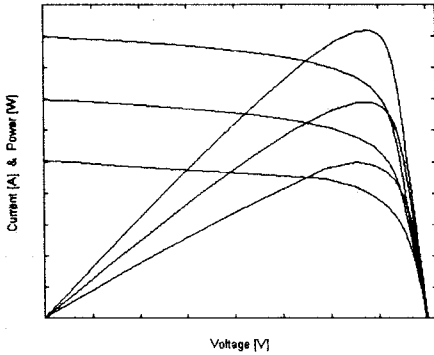


Fig. 2 Power, Current - Voltage curve for insolation

2.2. MPPT 알고리즘

이 MPPT 알고리즘은 부하 임피던스와 태양전지 임피던스의 비교에 의해서 태양전지 출력을 제어하는 방법이며, 관찰방법은 순간적으로 동작하는 점에서의 ΔP 와 ΔV 의 측정에 의해 판단되어진다. 그리고 시스템의 최대전력점 운전에 의해 기준전압이 향상되거나 줄어든다. 단지 기준전압을 향상하거나 줄이는 방법을 사용하기 때문에 간단하며, 빠른 환경변화에 대한 MPPT 성능이 좋은 장점이 있으나, 많은 계산량으로 인해 빠른 CPU를 요구시킨다. 그림 3은 MPPT 알고리즘의 순서도를 보여주고 있다.

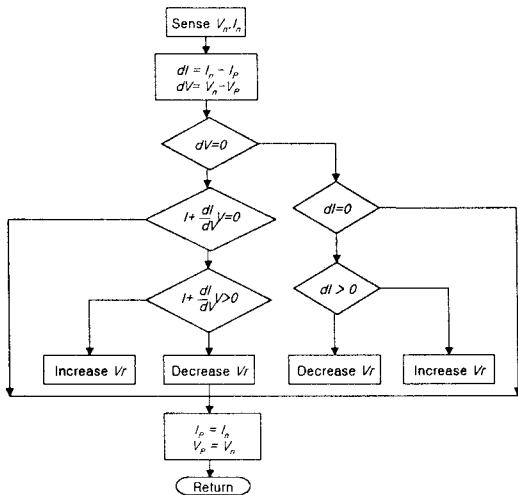


Fig. 3 Flowchart of the proposed method

식 (2)와 (6)에 의해서 P와 V를 나타내었다.

$$\frac{dP_{out}}{dV} = I + \frac{dI}{dV} V$$

$$= I_{ph} - I_{sat} \left[\exp\left(-\frac{qV}{AKT}\right) - 1 \right] - \frac{qI_{sat}}{AKT} \exp\left(-\frac{qV}{AKT}\right) V \quad (9)$$

$$\frac{dP_{out}}{dV} \cong I + \frac{\Delta I}{\Delta V} V \quad (10)$$

여기서 ΔI 와 ΔV 는 각각 출력측 전압, 전류를 증가한다. 식 (9)는 dP/dV 에 dV 대 V 의 특성을 시뮬레이션 하기위해서 채택될 수 있는 V 의 함수이다. ⁽⁴⁾ 그림 3은 MPPT 알고리즘의 순서도를 보여주고 있다. V_n 과 I_n 은 PV array의 순간적인 전압 전류이며 V_p 와 I_p 는 이전의 전압과 전류이다. PV array가 최대전력 점으로 움직였을 때 기준전압은 일정한 값으로 맞춰질 것이다. 이렇게 진동은 축소된다.

2.3 실험결과

그림 4는 저주파 변압기를 사용한 인버터의 구성도를 나타내고 있다. 특히 지금까지 최대전력점 추적기법은 주로 각종 직류초퍼의 구성 및 제어기법을 중점으로 개발되어 왔는데 반면 DC-DC컨버터를 적용하지 않는 구조를 가지고 있어 저 가격이며 소형, 경량이고, 직류 초퍼를 제어하지 않으므로 단일 제어 루프를 가지고 있어 초퍼 스위칭 손실이 없다는 점을 장점으로 들 수 있다.

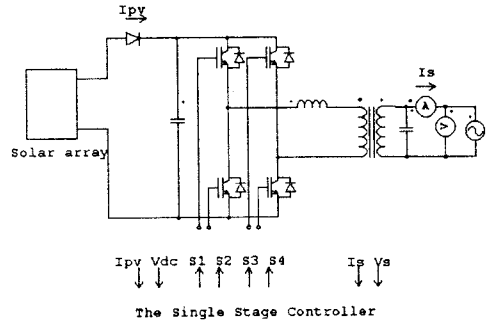


fig. 4 Architecture of photovoltaic energy conversion system

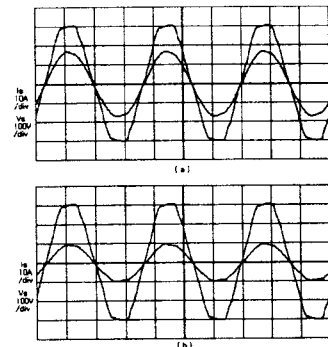


Fig. 5 Inverter output waveforms (high insolation)

3. 결 론

앞에서의 알고리즘에 근거하여 구현한 시스템의 결과파형이다. Array의 온도는 거의 일정하다고 보고 일사량과 부하의 가변에 따른 결과 파형을 보았다. 실제 Solar Array(3kW)와 일반가정의 가전제품을 부하로 사용하여 일사량에 따른 결과를 비교하였다. 그림 5는 고일사량에서의 인버터 출력파형을 보았다. 그림 6은 저일사량에서의 인버터 출력파형을 보았다. 고일사량에서 입력대 출력의 인버터 효율이 약 91%인데 반해 저일사량에서의 효율은 87%정도로 다소 낮아짐을 볼 수 있었으며, 전류 곡선역시 다소 흐트러짐을 볼 수 있었다.

본 논문에서는 환경조건변화에 따른 태양전지 어레이의 동작특성을 극대화함으로써 최대전력을 얻어내는 MPPT 제어 알고리즘의 추종 및 효율특성에 대하여 분석하였다. 저일사강도에서 발전효율이 다소 떨어졌으나 전체적으로 좋은 효율을 볼 수 있었으며, 안정적인 전력을 공급함을 볼 수 있었다.

차후 다른 제어 알고리즘과의 비교를 통해 급변하는 환경에 적용할 수 있는 우수한 알고리즘으로 향상시킬 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 김동휘, "신경망 제어기법을 이용한 에어컨 구동용 태양전지의 MPPT 제어특성", 조선대학교 공학박사학위논문, 1998
- [2] Dong, H. Sugimoto, "A New Utility Interactive Photovoltaic Power Conditioning System And Its Maximum Power Tracking Control", IPEMC97, PP238-243, 1997
- [3] C. Hua, C. Shen, J. Lin, "Implementation of a DSP-Controlled photovoltaic System with peak PowerTracking", Proceeding of the 23rd International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation Vol 2, 1997
- [4] S.Nonaka, K. Kesamaru, K. Yamasaki, et al, "Interconnection System with Sinusoidal Output PWM Current Source Inverter between Photovoltaic Arrays and the Utility Line", IPEC-Tokyo, pp. 144~151, 1990

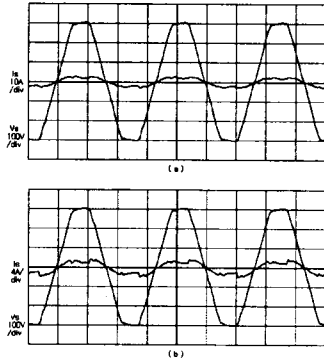


Fig. 6 Inverter output waveforms (low insolation)

그림 7은 일사량의 변화에 따른 인버터의 입력단 파형이다. 조그마한 구름 등으로 일부분만 그림자가 끼어도 발전량의 차이가 크게 변함을 알 수가 있었다. 일사량의 변화에 따라 다소 전압이 커지거나 작아지다 다시 일정 제어 전압으로 유지함을 볼 수 있었다. 그림 8은 계통에서의 전력 유입을 보여주고 있다.

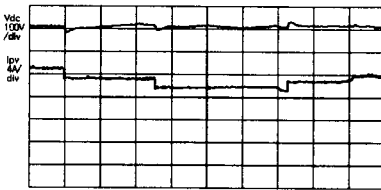


Fig. 7 Inverter input waveforms (variable insolation)

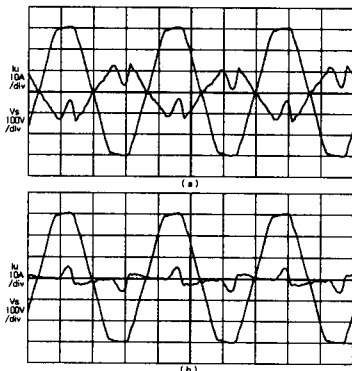


Fig. 8 Utility waveforms as change of load