

건물용 태양광 컨버터의 최대전력 추종 기법 개발

유병규*, 유권종**

*한국에너지기술연구원 태양광 센터(bgyuyu@kier.re.kr), **한국에너지기술연구원
태양광센터(y-gj@kier.re.kr),

Maximum power point tracking method for building integrated PV system

Yu, Byung-Gyu*, Yu, Gwon-Jong**

*Photovoltaic Center, Korea Institute of Energy Research(bgyuyu@kier.re.kr),
**Photovoltaic Center, Korea Institute of Energy Research(y-gj@kier.re.kr)

Abstract

This paper proposes a novel sensorless maximum power point tracking (MPPT) algorithm for PV systems. The method is based on dividing the operating time into several intervals in which the PV terminals are short circuited in one interval and the calculated short-current of the PV is obtained and used to determine the optimum operating point where the maximum output power can be obtained. The proposed MPPT algorithm has been introduced into a current-controlled boost converter whose duty ratio is controlled to the maintain MPP condition. The same sequence is then repeated regularly capturing the PV maximum power. The main advantage of this method is eliminating the current sensor. Meanwhile, this MPPT algorithm reduces the power oscillations around the peak power point which occurs with perturbation and observation algorithms. In addition, the total cost will decrease by removing the current sensor from the PV side. Finally, simulation results confirm the accuracy of the proposed method.

Keywords : 최대전력 추종(Maximum Power Point Tracking), 건물일체형 태양광 시스템(Building Integrated Photovoltaic)

1. 서 론

최근 화석에너지 고갈과 환경오염 문제로 신재생 에너지를 이용한 발전에 전 세계적으로 많은 관심이 집중되고 있다. 특히, 태양광 발전은 엄청난 양의 태양에너지를 바탕으로 설치 및 유지관리가 용이하여 국내외적으로 많이 설치되고 있으며, 그 설치방식도 발전 소처럼 지면에 설치하는 방식과 건물 외벽에 설치하는 방식 등 다양한 형태로 보급 되고 있다.

태양광 어레이의 전기적인 특성은 그림 1 과 같이 태양전지의 출력전압에 따라, 출력 전력이 변하는 독특한 특성 곡선을 가지고 있다. 이 때 출력 전력이 크기가 최대가 되는 지점에서 발전이 되도록 제어가 수행되어야 발전효율이 최대가 된다. 이러한 역할은 태양광 발전용 인버터가 수행하게 되고, 이 때 사용되는 기술이 최대전력추종 제어 알고리즘이 된다.

현재까지 가장 많이 알려진 최대전력추종제어 알고리즘은 변동관찰법(Perturbation and Observation Method)이다. 이는 지속적으로 태양광 어레이의 동작전압을 변동시켜, 샘플링된 이전의 전력값과 현재의 전력값의 크기를 비교하여 태양광 어레이의 전압/전류 특성 곡선상의 위치를 파악하여 최대전력점을 찾아가는 방식이다.

그러나, 변동관찰법(Perturbation and Observation Method)을 포함하는 종래의 기술은 지속적인 태양광 어레이의 전압변동으로 최대전력점에 위치했음에도 불구하고, 출력전압을 지속적으로 변동시켜 최대전력이 아닌 지점과 최대전력인 지점 사이를 왕복하여 결국 전력 손실을 일으키는 문제점이 있었다.

또한, 태양광 발전방식 중 건물의 외벽에 태양광 어레이를 설치하는 태양광 시스템인 건물일체형 태양광 시스템(Building Integrated PhotoVoltaic System; BIPV)의 경우에는 건물 외장재로 쓰임으로써, 태양전지에 그림자가 질

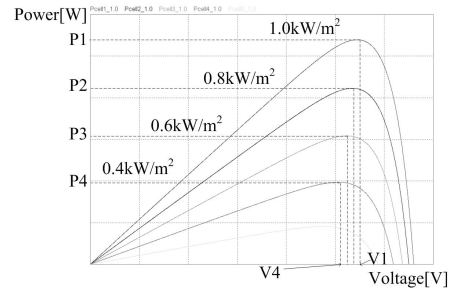


그림 1. 일사량에 따른 태양광 어레이 특성곡선

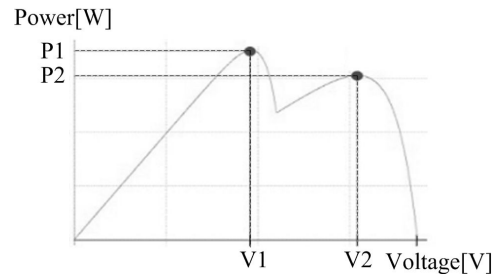


그림 2. 그림자 영향에 따른 태양광 어레이 특성곡선

경우가 많이 생기게 된다. 이와 같은 건물 일체형 태양광 시스템의 경우, 그림 2와 같이 최대전력점의 변곡점은 태양전지의 특성에 의해 지역변곡점(Local Maximum Power Point)과 전역변곡점(Global Maximum Power Point)이 생기게 된다. 이 경우 변동관찰법 등 종래의 추종기법을 쓸 경우 최대전력점이 지역변곡점에 머물게 되어 태양광 어레이의 전 영역에서의 최대발전 성능을 확보 할 수 없게 되는 문제점이 있었다. 이는 종래의 변동관찰법이 전력값 전체를 주사하지 못하고 변곡점만을 찾는 기법이었기 때문이었다.

따라서, 태양광 시스템에 있어서, i) 최대전력이 아닌 지점과 최대전력점 사이를 왕복하지 않아 발전 전력손실을 일으키지 않고, ii) 소정의 시간 또는 소정의 주기동안의 최대전력점을 전역변곡점으로 설정하여 최대발전 성능을 확보할 수 있는 최대전력추종기법 및 그 시스템이 요구되고 있다.

이에 본 논문에서는 태양광 시스템의 최대전력추종기법 및 최대전력추종기법을 구현

하는 태양광 시스템에 대해 제안하는 것으로써, 태양광 어레이의 전압/전류 특성을 주사법(scanning)을 이용하여 최대전력을 추종하는 기법제안하고자 한다.

2. 제안된 최대전력 추종 기법의 구성 및 동작 원리

제안하는 기법의 기본 개념은 태양광 어레이의 변곡점을 찾는 것이 아니라, 태양광 어레이의 출력전압을 영진압에서 개방전압까지 변동 주사하여(Scanning) 그 때까지의 전력값을 비교하여 최대전력점을 기억한 후, 그 지점에서 동작하도록 제어하는 방식이다.

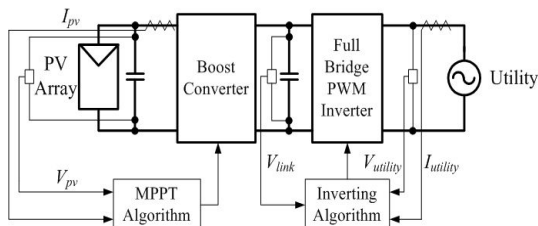


그림 3. 주택용 태양광 인버터의 일반적인 구성

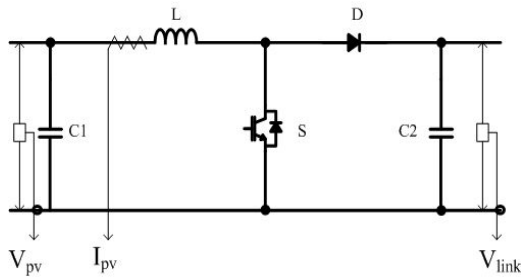


그림 4. 부스트 컨버터의 기본 구조

그림 3은 주택용 태양광 인버터로 많이 사용되는 3kW급 태양광 인버터의 일반적인 구성을 나타내고 있다. 여기서 부스트 컨버터는 그림 2와 같이 위치가 도통(ON) 상태이냐, 개방(OFF) 상태이냐를 제어하는 것이 주요 방법인데, 이 때 스위치가 도통되는 상태를 정량적으로 정의한 학술 파라미터가 다음 식과 같이 시비율(Duty Ratio; D)로 정의된다.

$$D = T_{on} / T_s \quad (1)$$

즉, 그림 4의 스위치 S가 주기를 가지고 반복적으로 도통, 개방상태를 반복하는데, 그 주기를 스위칭 주기 T_s 라 정의하고, 이 때 그 한 주기에서 도통되는 시간의 비를 시비율로 정의하게 된다.

부스트 컨버터의 입력전압과 출력전압의 관계는 정의식에 의해, 그림 4의 입력전압과 출력전압은 다음과 같이 정해진다.

$$V_{link} = 1/(1-D) * V_{pv} \quad (2)$$

여기에서 V_{link} 전압은 그림 3에서 풀브릿지 인버터가 항상 설정된 일정전압이 되도록 제어함으로 우리는 V_{pv} 전압을 D를 가변 시킴으로써, 원하는 V_{pv} 값을 만들어 낼 수 있게 된다.

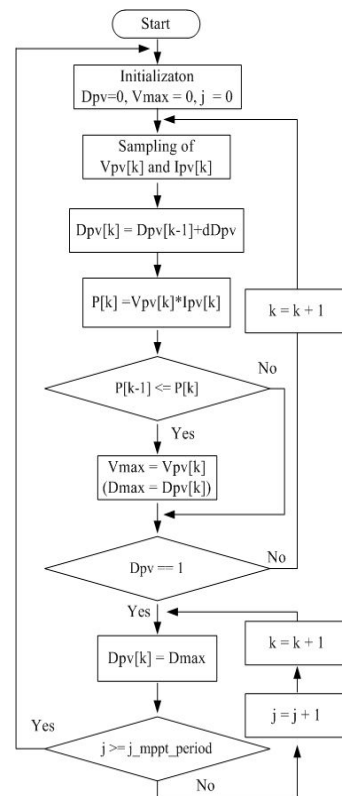


그림 5. 제안 MPPT기법의 순서도

제안하는 투사법에 의한 최대전력 추종 제어 기법의 경우는 그림 5와 같이 주기적으로 태양광 어레이 전압을 개방전압(V_{oc} : Open Circuit voltage)에서 0전압 혹은 일정 전압까지 변동시켜 태양광 어레이 전압에 따른 전력 특성 곡선을 주사하여 최대전력점을 찾아 내고, 이를 지점에서 동작하도록 하는 방식이다. 즉, 당 발명에서 제안하는 기법을 이용하면 그림 2의 그림자 진 상황에서 P1과 P2 모두의 정보를 획득하여, 전역 최대전력점이 P1에서 즉, V1에서 동작하도록 제어할 수 있다. 이러한 투사는 설계자에 의해 정해진 주기를 가지고 주기적으로 투사하여 최대전력점을 추출해 내는 구조를 제안한다.

3. 시뮬레이션 결과

제안된 기법의 타당성을 검토하기 위해 PSIM 시뮬레이션 툴을 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 주택용 태양광 시스템을 기본으로 하여, 출력 전력은 3kW 어레이를 기준으로 하여 시뮬레이션하였다.

그림 6에서는 100% 일사량 조건에서 제안된 기법의 MPPT 추종 성능을 검토하였다. 그림 6에서 처럼 아주 짧은 시간의 Scanning 구간 동안 최대전력이 발생하는 지점에서는 태양광 어레이 전압을 메모리에 저장하였다가, Scanning이 끝나면, 최대전력 발생 지점에서 계속 운전을 유지하고 있음을 확인하고자, 이 때 출력 전력은 3kW가 발생함을 확인하여 기존의 기법과는 달리 최대전력점에서 진동(Oscillation)이 발생하지 않는 장점이 있음을 확인하였다.

그림 7에서는 일사량을 100% 일사조건에서 80% 일사조건으로 변동시켰을 때, MPPT 추종 성능을 시뮬레이션을 통해서 확인하였다. 마찬가지로 제안된 기법은 특정 일사 조건에서 우수한 최대전력 추종 성능을 나타냄을 확인하였다.

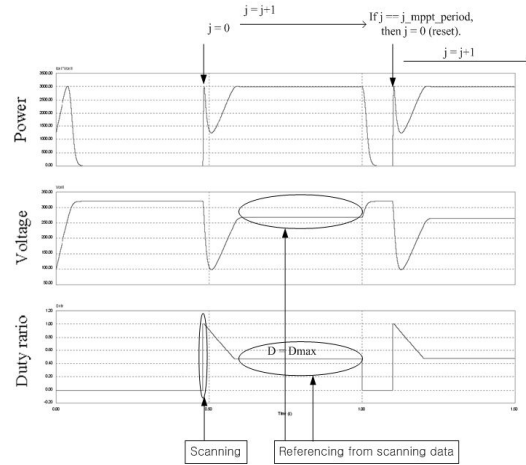


그림 6. 일정 일사량에서의 MPPT 추종 성능 시뮬레이션 결과

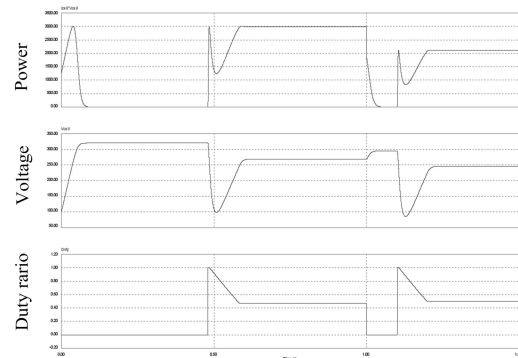


그림 7. 일사량 변동시에서의 MPPT 추종 성능 시뮬레이션 결과

5. 결론

본 논문은 제안된 기법을 통해 태양광 어레이의 전력특성곡선 전체를 스캔(Scan)하여 최대 전력점을 도출한 후, 시스템이 동작하도록 제어하므로, 기존의 기법과는 달리 추종 운전시 전압 진동에 의한 태양광 발전의 전력 손실을 방지하고, 최대 전력 추종 성능이 우수한 기법을 제안하였다.

또한, 본 기법에 의한 태양광 시스템에 의해, 건물일체형 태양광 시스템(BIPV)에서 그림자 집현상에 따른 전력특성곡선에 지역변곡점이 생성될 수 있는 시스템상에서도 용이

하게 최대전력점을 찾아 고효율의 발전성능을 담보하는 효과가 있다.

향후 연구계획으로는 스캐닝 구간에 의해 발생하는 전력 손실을 최소화하고, 이를 통해 시스템 운전상에 있어서 최적의 스캐닝 주기 도출 및 실험 검증을 계획하고 있다.

참 고 문 헌

1. 이경수, 정영석, 소정훈, 유권중, 최재호, "태양광 시스템에서의 새로운 MPPT 알고리즘 제안", 전력전자학회 논문지 제 10권 제 1호, 2005. 2. pp. 21~28
2. Y. Takahashi, S. Akachi, I. Takano and Y. Sawada , "A Study on a Simplified Maximum Power Point Tracking Control Using a Photovoltaic Module Simulator, The papers of Technical Meeting on SPC, IEE Japan, SPC-02-17. pp. 5-10(2002-2)
3. G.J. Yu, Y.S. Jung, J.Y. Choi, G.S. Kim " A novel two-mode MPPT control algorithm based on comparative study of existing algorithms", Solar Energy 76 (2004) 455-463
4. B.K. Bose, P.M. Szczesny and R.L. Steigerwald, "Microcomputer Control of a Residential Photovoltaic Power Conditioning System", IEEE Trans. on Industry Applications, vol. IA-21, no. 5, Sep. 1985, pp 1182-1191.
5. Mohammad A. S. Masoum, H. Dehbonei, and Ewald F. Fuchs, "Theoretical and Experimental Analyses of Photovoltaic Systems With Voltage - and Current-Based Maximum Power - Point Tracking ", IEEE Trans. on Energy Conv., vol.17, NO.4, Dec. 2002.
6. T. Esmam and P. L. Chapman, "Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques," IEEE Trans. Energy Conv., vol. 22, No. 2, pp. 439-449, June 2007.