

최대전력 제어의 동특성 개선

서중준*, 박성준*, 추영배**, 김정택**, 권순재***

*전남대학교 전기공학과, **거제대학 전기과, ***부경대학교 기계공학과

Response Improvement of the Maximum Power Point Tracking

Jong-Jun Seo*, Sung-Jun Park*, Young-Bae Choo**, Chung-Tek Kim**,
Soon-Jae Kwon***

*Chonnam National University, **Koje College, ***Pukyong National University

ABSTRACT

본 연구는 태양광 발전에서 MPPT제어시 동특성을 개선하기 위해 솔라셀 내부 어드미턴스와 부하 어드미턴스의 매칭을 할 수 있는 새로운 제어기법을 제안한다. 제안된 제어기법은 기존의 단순 적분 제어 개념에서 벗어나 솔라셀 내부 어드미턴스와 부하 어드미턴스 차에 의해 비례적분제어를 행함으로써 동특성을 개선하였다.

1. 서 론

현재 전 세계적으로 에너지 의존도가 가장 높은 화력과 원자력 발전은 자원의 고갈과 환경 및 안정성 등의 문제로 인해 대체 에너지에 대한 관심이 지속적으로 증가하고 있다. 그 중에서도 태양광 발전은 유지보수비가 거의 들지 않으며, 무한한 청정 에너지라는 관점에서 상당한 각광을 받으며, 현재에도 많은 연구가 이루어지고 있다^{[1],[2]}. 현재 태양광 전원은 배터리 충전기, 펌프, 가정 전원, 가로등, 인공위성의 전원시스템과 같이 폭넓은 분야에 사용되고 있다. 그러나 태양광 발전 시스템은 태양 전지 모듈을 비롯한 시스템의 고가로 인한 실용화 보급에 다소 제한을 받고 있는 실정이다. 따라서 최근 제조원가를 줄이거나 효율 개선을 통하여 실용화시기를 앞당기기 위한 노력을 기울이고 있고, 이와 병행하여 인버터 등 주변 장치의 저가화 및 고효율화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다^{[3],[8]}.

태양전지는 낮은 변환 효율을 갖고 있어 전체 시스템의 단가를 줄이는 대안은 전력변환 장치의 고효율화와 태양전지로부터 최대 에너지를 발생하도록 제어하는 것이다. 일반적으로 태양광 발전 시스템은 태양전지의 DC 출력력을 원하는 레벨의 DC 전압으로 변환하기 위해 DC/DC 컨버터를 적용하여 최대전력점 추종(MPPT: maximum

m power point tracking)하게 된다. 이러한 MPPT의 대부분은 안정성의 문제로 시정수가 매우 크다. 자동차와 같은 이동성 물체에 태양광 발전을 할 경우 주변여건의 변화가 빠르게 되며 시정수가 큰 MPPT 제어알고리즘을 사용은 문제가 될 수 있다.

본 논문에서는 이동성 물체의 태양광 발전에 적합한 속응성이 빠른 새로운 MPPT제어를 제안한다. 제안된 MPPT제어 알고리즘은 솔라셀 내부 어드미턴스와 부하 어드미턴스의 매칭을 할 수 있도록 솔라셀 내부 어드미턴스와 부하 어드미턴스 차에 의해 비례적분제어를 행함으로써 동특성을 개선하였다.

2. 태양전지의 특성

그림 1은 태양전지를 수학적으로 모델링 한 것으로 태양전지의 특성을 해석하는데 일반적으로 적용되는 one-diode 모델의 등가회로를 나타내고 있다. 그림 1에서 알 수 있듯이 태양전지에서 발생하는 전압과 전류의 관계는 비선형성이 매우 강하다. 이러한 비선형성을 갖는 태양전지의 I-V특성곡선을 얻기 위한 기본수식은 식 (1)과 같이 주어진다.

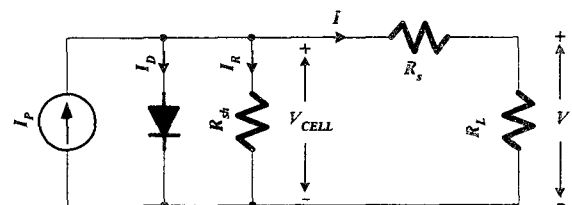


그림 1. 태양전지의 등가회로

Fig. 1. Equivalent circuit of a solar cell

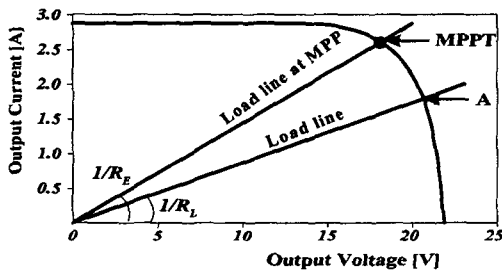
$$I_P = [I_{SC} + K_I(T_c - T_r)]\lambda/100$$

$$I_D = I_{sat} \left[\exp\left[\frac{q}{AkT_c}(V + R_s I) \right] - 1 \right] \quad (1)$$

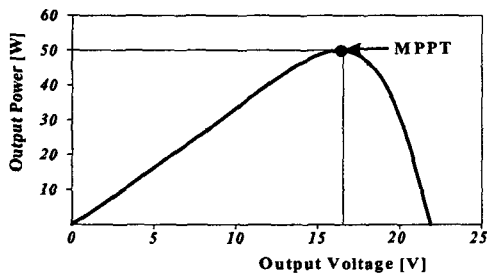
$$I_{sat} = I_{or} \left(\frac{T_c}{T_r} \right)^3 \exp \left[\frac{qE_g}{Bk} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_c} \right) \right]$$

$$I_R = \frac{V + RI}{R_{sh}}$$

그림 2(a) 및 그림 2(b)는 식 (1)의 태양전지의 I-V 특성식으로부터 나타난 태양전지의 전압-전류 및 전압-출력 특성을 나타낸다. 식 (1)의 태양전지의 I-V 특성식에서 알 수 있듯이 태양전지의 출력은 일사량 및 온도 등의 주변 환경에 따라 변하게 되고, 부하상태 또한 변하기 때문에 태양전지의 전압-전류 특성의 MPPT점과 부하에 의해 결정되는 점이 항상 일치하기란 거의 불가능하다. 그림 2(a)에서 부하(R_L)에 의해서 결정되는 태양전지 전압 전류 점은 A가 되어 태양전지의 MPPT점에서 벗어나 있게 된다. 이 동작점을 MPPT점으로 이동하기 위해서는 증가부하가 MPPT점을 만족하는 부하(R_E)로 바꾸어 주는 장치가 필요하다. 이러한 증가부하를 만들 수 있는 장치가 컨버터이다. 따라서 태양전지를 효율적으로 사용하기 위해서는 MPPT 제어를 행하는 것이 바람직하며, 이를 위해서는 전압 또는 전류를 제어할 수 있는 컨버터의 설치가 필수적이다.



(a)



(b)

그림 2. 태양전지의 특성

- (a) 전형적인 태양전지의 전류 전압 특성
- (b) 전형적인 태양전지의 전력 전압 특성

Fig. 2 The characteristics of a PV module

- (a) Current-voltage characteristics
- (b) Power-voltage characteristics

3. MPPT제어

3.1 기존의 MPPT제어

태양전지의 전압 출력특성 곡선을 보면 출력전압의 증가에 따라 현 출력이 최대 출력점에 비하여 좌측에 위치해 있으면 전력이 증가하게 되고, 반대로 우측에 위치하면 전력이 감소하게 된다. MPPT를 위한 다양한 디지털 제어 알고리즘이 발표되고 있으며, P&O (Perturb and observe) MPPT, IncCnd(Incremental conductance) MPPT 알고리즘이 대표적이다.

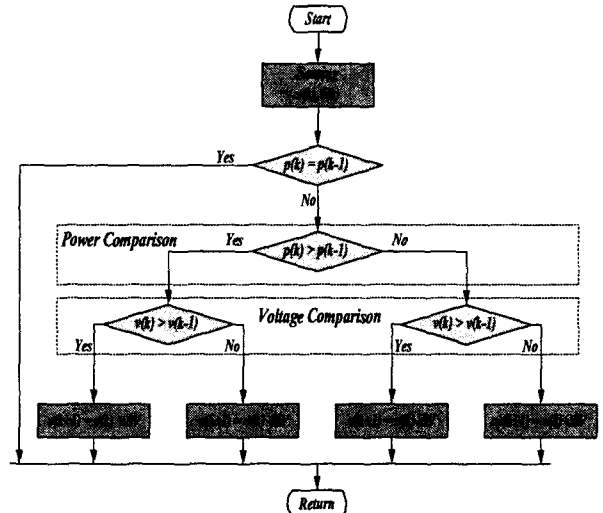


그림 3은 P&O MPPT 알고리즘의 플로차트

Fig. 3. Flowchart of the P&O MPPT algorithm

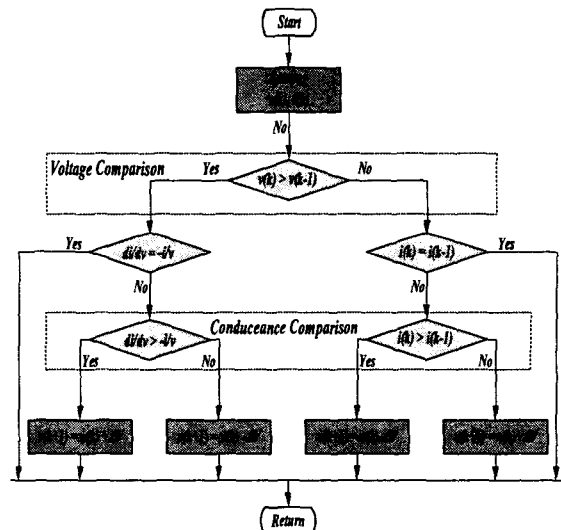


그림 4. IncCnd MPPT 알고리즘의 플로차트

Fig. 4. Flowchart of the IncCnd MPPT algorithm

P&O MPPT 알고리즘은 주기적으로 태양전지 출력전압을 미소 변동시켜 변동 이전의 출력전력과 변동 이후의 출력전력을 비교하여 최대 동작점을 추정한다. 그림 3은 P&O MPPT 알고리즘의 플로차트를 나타내고 있다. 프로차트의 기본구성은 현 샘플링 시점에서 전력의 변동분과 전압의 변동분을 검출하여 그 변동분의 부호가 동일하면 태양전지의 단자전압을 미소 변동분(ΔV) 만큼 증가시키고, 변동분의 부호가 반대이면 감소시키는 형태를 취

하고 있다. 따라서 최대 동작점에 도달한 후에도 동작전압이 미소 진동을 하게되고, 출력전력의 손실을 발생시키는 단점이 있다.

IncCnd MPPT 알고리즘은 부하 어드미턴스와 태양전지의 어드미턴스를 비교하여 태양전지 전압을 최대출력점 전압에 대응하도록 제어하는 방법이다. 그림 4는 IncCnd MPPT 알고리즘의 플로차트를 나타내고 있다.

P&O MPPT와 IncCnd MPPT는 단순 적분 형태를 취함으로써 속응성을 개선하기는 매우 어려운 실정이다.

3.2 어드미턴스 동조에 의한 새로운 MPPT제어

그림 5는 태양전지의 각 동작점에서 태양전지 내부 어드미턴스와 부하 어드미턴스의 변화를 나타낸 것이다.

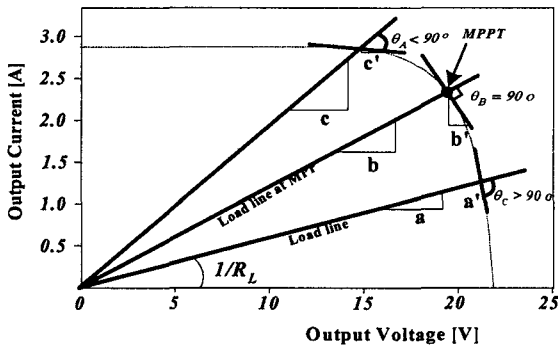


그림 5. 동작점에 따른 어드미턴스의 변화
Fig. 5. Change of admittance according to operation point

그림에서 보는바와 같이 최대 전력이 발생하는 전압에서는 두 직선의 기울기 차이가 90°가 되며, 최대전력점 이상의 전압에서는 두 직선의 기울기 차이가 90°이상이 되고, 최대전력점 이하의 전압에서는 두 직선의 기울기 차이가 90°이하가 된다. 그림 5에서 태양전지 내부 어드미턴스가 부하 어드미턴스보다 나타나는 이유는 솔라셀이 능동소자로 발전을 하고 있음을 의미한다. 따라서 태양전지 내부 어드미턴스의 부호를 바꾸면 그림 6과 같은 형태가 된다.

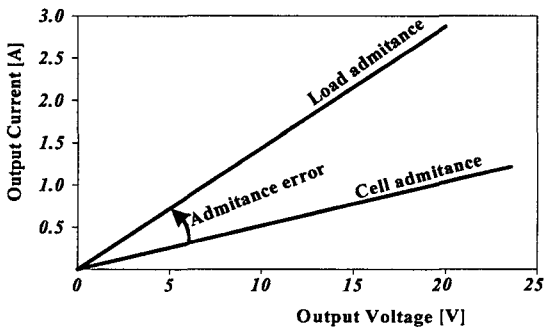


그림 6. 부하 및 솔라셀 어드미턴스
Fig. 6. Load & solar cell admittance

솔라셀 내부 어드미턴스와 부하 어드미턴스의 매칭을 하려면 그림 6에서 두 어드미턴스의 차에 의한 비례적분제어를 행하면 된다.

그림 7은 태양광 발전에서 동작전압에 따라 어드미턴스 차이를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 최대전력점에서는 두 어드미턴스가 동일하게 되어 어드미턴스 차는 영이 된다. 이 차를 비례적분제어기의 에러로 취급하여 MPPT제어를 행하면 된다.

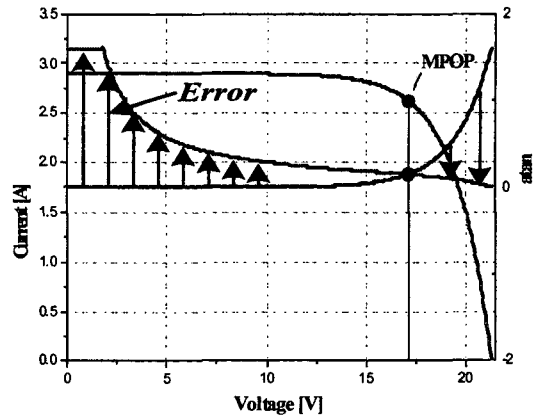


그림 7. 동작점에 따른 어드미턴스의 에러
Fig. 7. Error of admittance according to operation point

4. 시뮬레이션 결과

그림 8은 기존의 P&O MPPT 알고리즘에 의한 MPPT제어를 수행한 경우의 응답특성이다. 그림에서 보는 바와 같이 정상상태에 도달하는 시간은 약 ??[sec]로 나타나고 있다.

그림 9는 제안된 어드미턴스 매칭 비례적분제어에 의한 MPPT를 행한 경우의 응답특성이다. 그림에서 보는 바와 같이 정상상태에 도달하는 시간은 약 ??[sec]로 기존의 MPPT 보다 상당히 빠른 것을 알 수 있다.

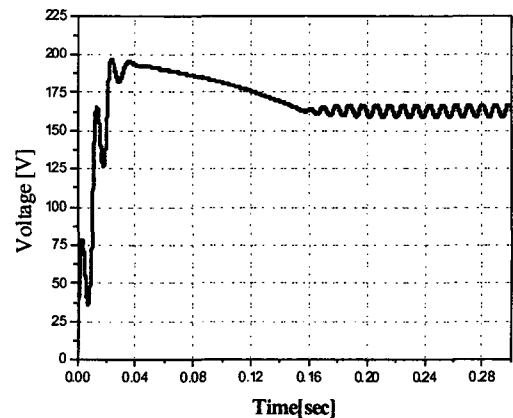


그림 8. P&O MPPT 알고리즘에 의한 전력제어
Fig. 8. Power control using the P&O MPPT algorithm

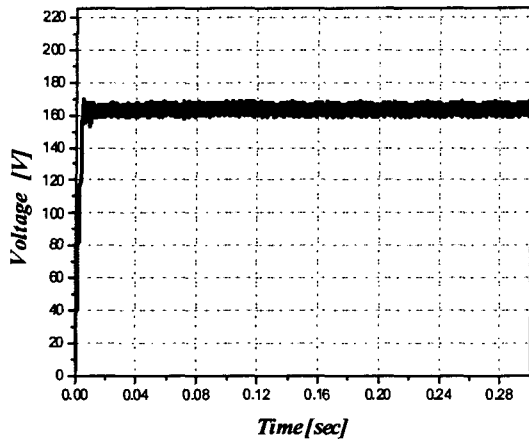


그림 9. 제안된 MPPT 알고리즘에 의한 전력제어
Fig. 9. Power control using the proposed method

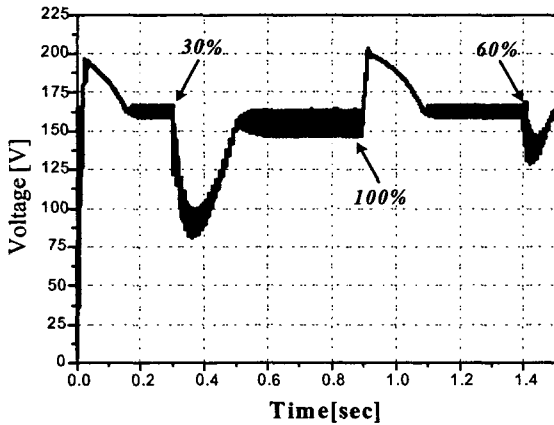


그림 10. 광량 변동시 P&O 알고리즘에 의한 전력제어
Fig. 10. Power control using the P&O algorithm at intensity of radiation change

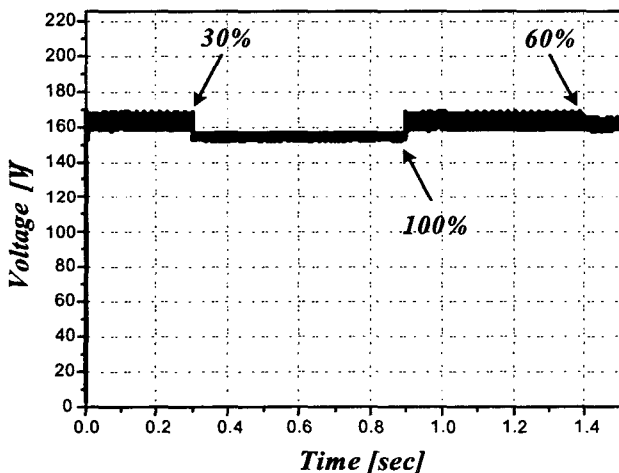


그림 11. 광량 변동시 제안된 알고리즘에 의한 전력제어
Fig. 11. Power control using the proposed method at intensity of radiation change

그림 10, 그림 11은 빛의 양이 100%, 30%, 60%, 100%로 변동했을 때 기존의 방법과 제안된 방법으로 MPPT를 행하였을 경우의 응답특성이다. 기존의 방법에서는 정상에 도달하는 시간이 크나 제안된 방식에서는 그 응답특성이 매우 양호함을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 MPPT 제어에서 응답특성 개선을 위하여 솔라셀 내부 어드미턴스와 부하 어드미턴스 차에 의해 비례적분제어기법을 제안하였으며, 그 타당성을 검증하기 위해 대표적 MPPT 알고리즘인 P&O MPPT와 제안된 알고리즘을 비교하였다. 비교한 결과 제안된 알고리즘이 동특성 면에서 기존의 방식보다 매우 우수함을 알 수 있었다. 따라서 제안된 알고리즘을 광량의 변화 시정수가 극히 적은 이동체에서 태양광 발전에 적용할 경우 매우 유용할 것이라 생각된다.

본 연구는 산업자원부 인프라구축 지원사업을 통한 지원으로 연구되었음 -

참 고 문 헌

- [1] Abraham I. Pressman, *Switching Power Supply Design*, McGraw-Hill, Inc., 1991.
- [2] N. Mohan, T. M. Undeland, and W. P. Robbins, *Power Electronics: converters, applications, and design*, John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- [3] B. K. Bose, *Power Electronics and Variable Frequency Drives: Technology and Applications*, IEEE Press, 1997.