

태양광발전시스템의 최대출력점추적제어를 위한 새로운 방식

정준병<sup>\*</sup>, 조주현<sup>\*</sup>, 조정민<sup>\*</sup>, 전기영<sup>\*</sup>, 이승환<sup>\*\*</sup>, 오봉환<sup>\*\*\*</sup>, 김용주<sup>\*\*\*\*</sup>, 한경희<sup>\*</sup>  
 명지대학교, 태덕대학, 명지전문대학, 동양공업전문대학

New Method for MPPT Control of Photovoltaic System

C.B. Chung<sup>\*</sup>, J.H. Jho<sup>\*</sup>, J.M. Jho<sup>\*</sup>, K.Y. Jeon<sup>\*</sup>, S.H. Lee<sup>\*\*</sup>, B.H. Oh<sup>\*\*\*</sup>, Y.J. Kim<sup>\*\*\*\*</sup>, K.H. Han<sup>\*</sup>  
 Myongji Univ., Taedok College, Myongji College, Dongyang Tech. College

**Abstract** - The solar cells should be operated at the maximum power point because its output characteristics are greatly fluctuate on the variations of insolation, temperature and loads. To obtain maximum power from solar cell, photovoltaic system cell power system usually requires maximum power point tracking controller.

This paper propose Maximum power point tracking method using zero slope of differential value of maximum power. The power compare method traces to maximum power point rapidly but oscillate on the maximum power point largely, when quantity insolation variation is big. The power compare method is traces to maximum power point slowly but oscillate maximum point on the maximum power point smally, when quantity insolation variation is small.

To solve two problem of the power compare method, designed zero slope of differential value of maximum power.

1. 서 론

신 에너지원으로서 무공해이며 무한한 태양에너지를 이용한 태양광 발전시스템이 새로운 대체 에너지로 각광 받고 있다. 이러한 태양광 발전을 수행하기 위한 태양광 전지는 외부환경조건, 즉 일사량, 셀의 온도, 부하 등에 따라 그 출력 I-V 특성곡선 및 P-V 특성곡선이 비선형적으로 변화되는 특징을 가지고 있다. 따라서 주어진 외부 조건에 대하여 태양전지가 항상 최대전력점 근처에서 동작하도록 최대전력점을 추적하여야 하므로, 태양광발전의 최대 출력점을 추적하기 위한 연구가 필요하다. 이러한 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 태양전지의 출력특성은 일사량 및 온도 등에 크게 영향을 받기 때문에 가능한 한 많은 에너지를 얻기 위해서는 태양전지의 전압, 전류를 검출하여 일사량 변화에 따라 태양전지의 출력을 항상 최대로 하는 제어신호를 발생시켜 어떤 자연조건하에서도 최대전력을 출력하도록 제어하여야 한다. 태양발전의 최대출력점 추적시스템 방식에는 Hill-climbing method와 태양광전지의 단락전류에 의한 최대전력점 추적시스템이 보통 사용된다.[1~2]

Hill-climbing method의 P&O 방식은 태양광전지의 출력전압을 주기적으로 증가 또는 감소시킴으로서 최대전력점을 추적하는 제어방식으로 비교적 제어알고리즘이 간단하면서도 우수한 추적 성능을 나타낸다. 또한 최대출력점을 추적하는 제어방법으로는 시비율 변화량을 일정하게 제어하는 전력비교법이 보편적으로 사용된다. 그러나 시비율 변화량을 크게 하면 최대출력점 근방까지 빠르게 추종하지만 최대출력점 근방에서는 큰 자러진동이 발생한다. 반면에 시비율 변화량을 작게 하면 자러진동은 작지만, 추종시간이 늦어진다.[3~6]

이러한 두 가지 상반되는 전력비교법의 문제점을 보완하기 위해서, 본 연구에서는 최대 출력점의 전력을 미분하여 제어하는 방식으로서, 전력 미분치의 기울기가 0

이되는 점을 추적함으로써 최대출력이 가능하도록 제어하였다. 이와 같은 제어 방식은 최대출력점에 빠르게 도달할 수 있으며, 정상상태에서도 전류의 진동없이 안정되게 제어할 수 있는 특징이 있다.

2. 태양광 발전시스템

2.1 전체 시스템의 구성

태양전지의 최대출력점 추적제어 시스템은 강압초퍼회로와 전압·전류검출회로, DSP인 TMS320F240으로 제어기를 구성하였다.

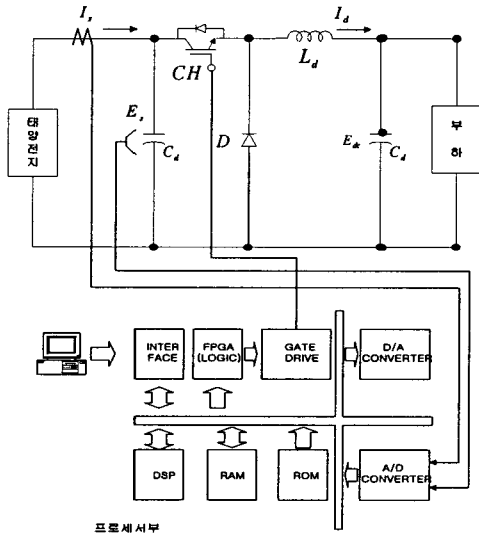


그림 1. 전체 제어 블록도

강압초퍼를 이용한 태양전지의 출력전압  $E_s$ 와 인버터 직류출전압  $E_{dc}$ 의 관계는 다음과 같다.

$$E_{dc} = \alpha E_s \tag{1}$$

$$I_d = \frac{1}{\alpha} I_s \tag{2}$$

여기서 시비율  $\alpha$ 는  $t_{on} / T$ 이다.

식(1), (2)로부터 인버터 입력전압은 이미 알고 있는 일정 전압이므로 시비율  $\alpha$  변화에 따라 태양전지전압  $E_s$ 가 변화하게 되므로 태양전지에서 최대전력을 인버터 입력단에 공급할 수 있는 시비율  $\alpha$ 를 선정하여야 한다.

## 2.2 기존의 태양전지 최대출력 추적제어의 원리

태양전지의 출력특성은 시시각각 변화하는 일사량과 온도에 의해서 변동한다. 또 부하상태도 시시각각 변화하기 때문에 태양전지의 최대출력점은 변해서 최대출력이 얻어지는 부하상태와는 같지 않게 된다. 따라서 어떤 자연조건하에서도 항상 최대출력점에서 동작하도록 제어할 필요가 있다.

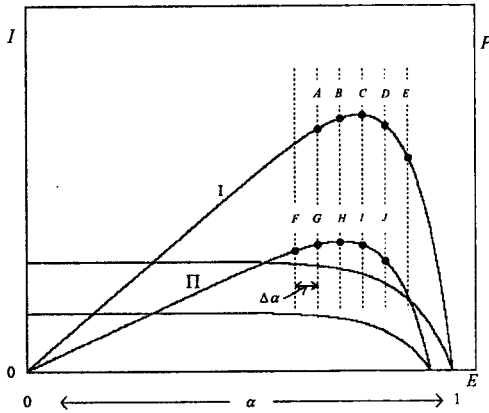


그림 2. 태양전지의 출력 특성

그림2는 태양전지의 출력특성 및 최대출력 추적제어 방식을 나타낸 것으로 임의의 시점에서 출력된 전압, 전류를 검출하여 전력값을 과거의 전력값에 저장한후 임의의  $\Delta\alpha$  만큼의 시비율을 보정후, 그 시비율에서의 전력값을 현재의 전력값에 저장한 후, 과거의 전력값과 현재의 전력값을 비교하여 만약 현재의 전력값이 크면 이전의 시비율의 보정방향과 같은 방향으로 보정하고, 현재의 전력값이 작다면 이전의 시비율 보정방향과 반대로 보정하므로써 항상 최대출력점에서 동작하게 된다.

시비율이  $+\Delta\alpha$ 로 보정되고 있는 경우에는 과거전력과 현재전력을 비교하여 현재전력이 큰 경우에는  $+\Delta\alpha$ 를 보정하고, 현재전력이 작은 경우에는  $-\Delta\alpha$ 로 보정을 한다. 그러나 시비율이  $-\Delta\alpha$ 로 보정되고 있는 경우에는 과거전력과 현재전력을 비교하여 현재전력이 큰 경우에는  $-\Delta\alpha$ 로 보정을 하므로써 항상 태양전지의 최대출력점에서 동작할 수 있도록 추적제어하며, 실제적인 추적제어 방식을 크게 세영역으로 나누어 살펴보면 다음과 같다.

### (1) 일사량 일정시

$+\Delta\alpha \quad -\Delta\alpha \quad -\Delta\alpha \quad -\Delta\alpha \quad +\Delta\alpha$   
 pointB → pointA → pointB → pointC → pointD → pointC  
 $P_B > P_A < P_B < P_C > P_D < P_C$   
 따라서 B, C, D 사이에서 자러 진동한다.

### (2) 일사량 감소시

$+\Delta\alpha \quad -\Delta\alpha \quad +\Delta\alpha \quad +\Delta\alpha \quad -\Delta\alpha$   
 pointC → pointH → pointI → pointH → pointG → pointH  
 $P_C > P_H < P_I < P_H > P_G < P_H$   
 따라서 G, H, I 사이에서 자러 진동한다.

### (2) 일사량 증가시

$+\Delta\alpha \quad -\Delta\alpha \quad +\Delta\alpha \quad +\Delta\alpha \quad -\Delta\alpha$   
 pointH → pointC → pointD → pointC → pointB → pointC  
 $P_H > P_C < P_D < P_C > P_B < P_C$   
 따라서 B, C, D 사이에서 자러 진동한다.

## 2.3 새로운 태양전지 최대출력 추적제어의 원리

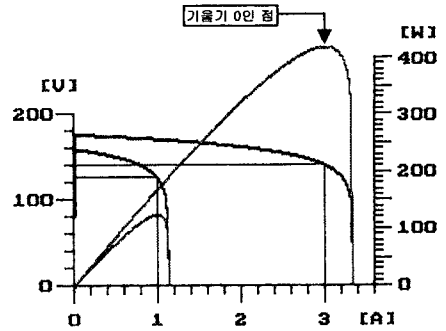


그림 3. PV어레이의 V-I 특성곡선

그림3은 최대 출력점의 값을 미분하여 제어하는 방식으로, 전력 미분치의 순간 기울기가 0이 되는 점을 추적함으로써, 최대출력이 되도록 제어 하였다. 기존의 MPPT제어 알고리즘은 고정 시비율에 의한 제어방식이므로 시비율 변화량을 크게 하면 최대출력점 근방까지 빠르게 추종하지만 최대출력점 근방에서는 큰 자러진동이 발생한다. 반면에 시비율 변화량을 작게 하면 자러진동은 작지만, 추종시간이 늦어진다. 반면에 제한된 알고리즘은 전력 미분치의 기울기에 의한 가변 시비율이므로 속응성이 우수하며 전류 진동이 없다.

## 3. 시뮬레이션

그림4는 제안된 시스템의 제어특성을 확인하기 위하여 구성한 제어블록도 이다. 시뮬레이션은 Matlab Simulink를 이용하였으며, 시뮬레이션에 이용된 태양전지 모델은 Solar M65를 직렬로 10개 사용한 경우이다.

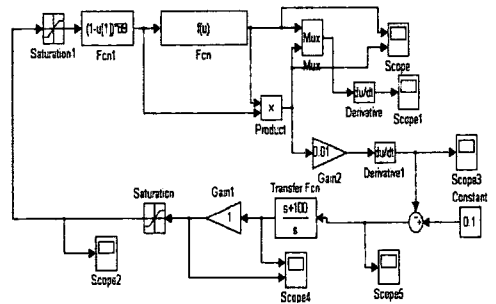


그림 4. 시뮬레이션 제어 블록도

표 1은 시뮬레이션에 적용한 회로의 시스템 파라미터 이다. 부하저항은 태양전지로부터 출력된 전력을 충분히 수용할수 있는 크기의 부하를 사용하였다.

표 1. 시스템 파라미터

DC 전압	89 [ V ]
단락 전류	3.32 [ A ]
입력 커패시턴스	2000 [ $\mu$ F ]
인덕턴스	5.5 [ mH ]
정적 부하저항	10 [ $\Omega$ ]

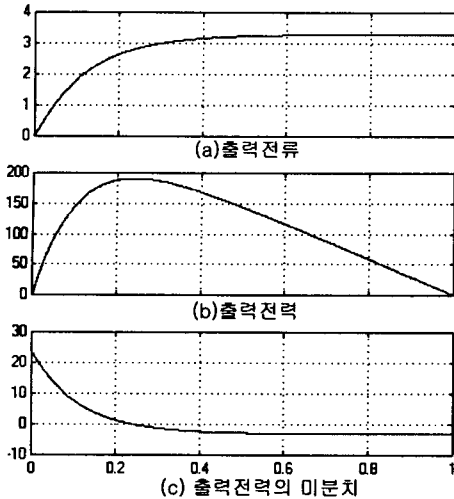


그림 5. 시비율 가변시 각부 출력파형

그림5는 태양전지의 특성을 알아보기 위해서 쇼퍼의 시비율을 0→1로 가변하였을 경우에 출력전류, 출력 전력 그리고 출력 전력을 미분한 파형을 차례로 나타내고 있다. 그림으로부터 알 수 있듯이 태양전지로 부터의 최대 출력점은 태양전지의 출력전력을 미분한 크기에 있어서 Zero crossing 되는 점이라는 것을 알 수 있다. 따라서, 제어방법은 태양 전지의 미분된 출력전력의 Zero crossing 점을 찾아 그 점을 유지하도록 하는 방식이다.

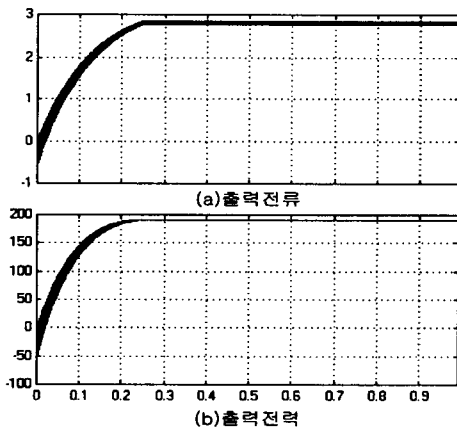


그림 6. 기존의 제어방식에 의한 각부 출력 파형 ( $\Delta\alpha=0.02$ )

그림6은 기존의 제어방식 중 미소 출력 전압에 의해 최대 출력점을 찾는 방식으로써, 최대 출력점을 추적 시간은 0.25초 정도가 된다. 여기에서  $\Delta\alpha$ 의 변화주기는 시스템 출력의 시정수등을 고려하여 고려하여 10[ms]마다 시비율을 보정하도록 한 경우이다. 그림6에서와 같이 출력 전류 및 출력 전력은 과도상태에서 진동을 보여 주고 있으며, 출력 전류의 경우에도 정상상태에서도 리플이 보여지고 있다. 이러한 전류 리플은 출력단에 축전지등이 부하로 사용될 경우 축전지의 사용기간을 단축시킬 수 있는 단점이 있다.

그림7은 제안된 방식에 의한 각부의 제어출력으로 출력파형으로 출력전류, 출력 전력, 그리고 미분된 출력을 나타낸다. 그림7의 (C)파형으로 부터 알 수 있듯이 태

양전지의 최대출력은 미분된 출력 전력이 Zero가 되는 점에서 고정되게 한다. 따라서, 기존의 제어방식에서 나타나는 출력 전류의 리플을 현저히 감소시킬 수 있었다. 최대 출점점까지의 도달하는 시간은 0.21[s]정도로 기존의 방식과 큰 차이는 나타나지 않았다. 이러한 이유는 시스템의 출력 시정수등을 고려하여 PI제어를 수행하여야 하기 때문이다. 그러나 이러한 과도현상시간은 실제로 태양전지의 일사량이 제어시간에 비하여 늦게 변하기 때문에, 시스템 성능에 있어 큰 영향을 주지는 않는다. 이상과 같이 살펴본 결과로써, 제시한 제어방식이 최대출력을 얻는데 있어 우수함을 확인할 수 있었다.

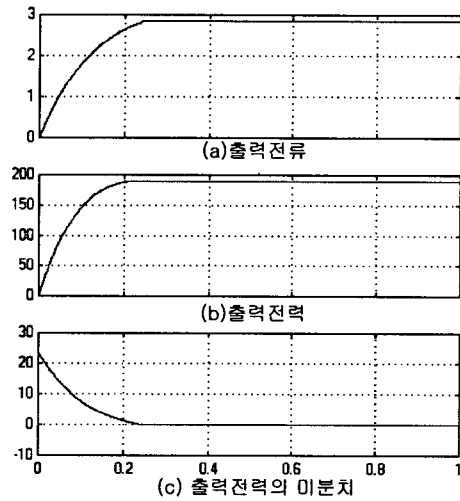


그림 7. 새로운 제어방식에 의한 각부 출력 파형

#### 4. 결 론

기존의 제어방법인 전력비교법은 시비율 변화량을 크게 하면 최대출력점까지 추적은 빠르지만, 최대출력점에서의 자려진동 폭이 커지고, 시비율 변화량을 작게 하면 최대출력점에서의 자려진동은 감소하지만, 최대출력점까지의 추종시간은 늦어지는 단점이 있다.

그러므로 본 논문에서는 이와 같은 단점을 보완하기 위하여 최대 출력점의 전력 미분치의 순간기울기가 0이 되는 점을 추적함으로써, 최대출력점 제어가 가능하도록 하였다. 이와 같은 제어 방법은 최대출력점에 빠르게 도달할 수 있을 뿐만 아니라, 정상상태에서도 전류의 자려진동 없이 안정되게 제어됨을 확인할 수 있었다.

#### (참 고 문 헌)

- (1) F Lasnier and TG Ang : "Photovoltaic Engineering Handbook", Adam Hilger
- (2) Katsumi Ohniwa, Tadao Fujimaki, Yoshihiko Yoda : "A New Maximum Power Control Method of Photovoltaic Power System", JIEE, Vol-B111,NO.10, 1991
- (3) 박창엽, "에너지 변환공학", 김영사 pp2~50
- (4) Gilberto C.D. Sousa, "A Fuzzy Set Theory Based Control of a Phase-Controlled Converter DC Machine Drive", IEEE Transactions On Industry Application, Vol.30, NO.1, JANUARY, 1994
- (5) Katsumi Ohwnia and Tsuyoshi Sata : "A simplified maximum power tracking method for photovoltaic solar system", T.IEE Japan, Vol.106-B, No.7, 1986.
- (6) 林田達尚, 中岡睦雄, 丸橋 徹 : "電力變換装置による太陽電池出力制御方式と省エネルギー化應用システム", SPC-82-49.