

강압초퍼에 의한 태양전지의 최대출력점 추적제어

성낙규^{**}, 이승환^{**}, 김성남^{***}, 김용주^{****}, 한경희^{*}, 정연택^{*}
 *명지대학교, **충남전문대학, ***대호건설주식회사,****동양공업전문대학

Maximum Power Tracking Control of Solar Cell by using the Step-down Chopper

Nark-Kuy Sung^{*}, Seung-Hwan Lee^{**}, Sung-Nam Kim^{***}, Yong-Joo Kim^{****}
 Kyung-Hee Han^{*}, Yon-Tack Chung^{*}
 *Myong Ji University, **Chung Nam Junior College
 Dae Ho Construction Co.,*Dong Yang Technical Junior College

ABSTRACT

The solar cell should be operated at the maximum power point every instant. Because this maximum power point is fluctuating due to the change in the insolation and temperature.

In this paper, we propose a new maximum power point tracker by using the microprocessor.

The proposed step-down chopper system tracks always the maximum power point, regardless of the change in the insolation, temperature and load.

1. 서론

신에너지원의 하나로 각광받고 있는 태양에너지는 청정에너지원으로서 자원이 무한정이고 지역적으로 편재되어 있지 않다는 장점이 있다. 태양광으로 부터 직접 전기에너지를 얻고 있는 태양전지는 고효율화, 저가격화와 더불어 그 응용분야의 개척과 시스템 이용기술의 연구개발이 활발하게 진행되고 있다.

태양전지의 출력특성은 일사량, 온도등에 크게 영향을 받기 때문에 가능한 한 많은 에너지를 태양전지에서 얻어내기 위해서는 어떤 자연조건하에서도 항상 최대출력점을 추적하도록 제어 할 필요가 있다[1].

본 연구에서는 마이크로프로세서를 강압초퍼에 이용하여 전력비교에 따른 시비율을 변화시켜 일사량, 온도 및 부하변화에 관계없이 최대출력점을 추적할수있는 제어방법과, 축전지에 안정하게 충전할수있는 방법을 제시하여 이론 및 실험적으로 고찰한다[2]-[4].

2. 태양전지

태양전지는 광기전력 효과를 이용하여 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 반도체 소자로서 그림 1은 태양전지의 등가회로를 나타낸다.

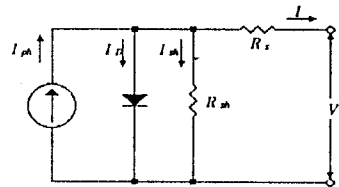


그림 1 태양전지의 등가회로

그림 1의 등가회로에서 태양전지의 출력전류 I 는 다음과 같다.

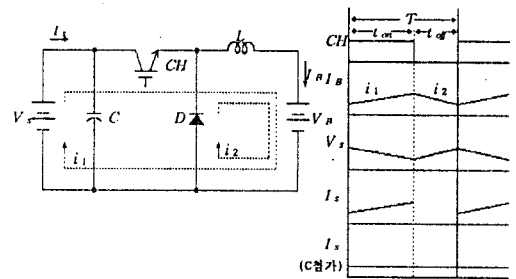
$$I = I_{ph} - I_D - I_{sh} \quad (1)$$

$$= I_{ph} - I_0 \left[\exp \frac{q(V + I R_s)}{A K T} - 1 \right] - \frac{V + I R_s}{R_{sh}}$$

여기에서, I_{ph} : 광전류, I_D : 다이오드전류, I_0 : 다이오드포화전류, I_{sh} : 누설전류, A : 이상계수, K : 볼츠만상수, T : 절대온도, q : 전하량, R_s : 직렬저항, R_{sh} : 병렬저항을 나타낸다.

3. 충전회로

강압초퍼회로를 이용하여 축전지에 충전하는 회로 및 동작파형을 그림 2에 표시한다.



(a) 초퍼회로 (b) 각부파형
 그림 2 강압초퍼회로 및 각부동작파형

여기에서 V_s : 태양전지전압, L : 평활용 리액터, CH : 초프부, D : 환류용 다이오드, V_B : 축전지전압을 나타낸다.

그림 2의 초퍼회로에서 CH에 온신호를 가하면 i_1 의 경로로 부하에 에너지를 공급하고, CH가 오프하면 L에 축적되었던 에너지가 i_2 의 경로로 환류전류가 흐른다.

IGBT, 다이오드를 이상적인 소자라 할때 초프부의 온, 오프 모드에 따른 태양전지전압 V_s 와 축전지전압 V_D 와의 관계를 구하면 다음과 같다.

$$V_D = (t_{on}/T)V_s = \alpha V_s \quad (2)$$

여기에서, T는 CH의 동작주기, t_{on} 은 도통시간이고, $t_{on}/T = \alpha$ 는 시비율이며, 시비율 α 를 0~1까지 제어하므로써 축전지전압 V_D 를 0~ V_s 까지 연속적으로 제어 가능하다.

4. 태양전지의 최대출력 추적특성

4.1 최대출력 제어

그림 3은 태양전지의 출력특성 및 최대출력 추적 제어방식을 보인것으로 임의의 시점에서 홀딩된 전압, 전류를 저장한후 $\Delta\alpha$ 만큼을 보정하여, 시비율에서 출력된 전력값이 최대가 되도록 추적제어한다.

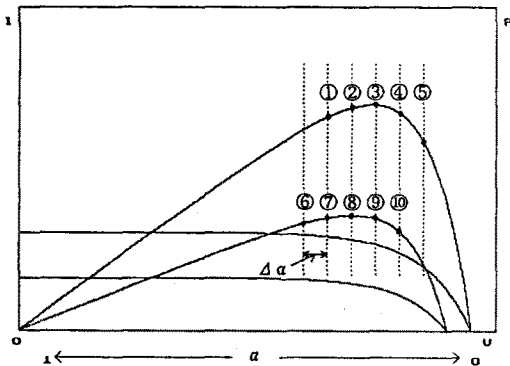


그림 3 태양전지의 출력특성 및 최대출력 추적제어방식

그림 4는 태양전지의 출력특성에 따라 항상 최대출력 추적제어가 가능하도록 구성된 프로그램 흐름도이다.

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

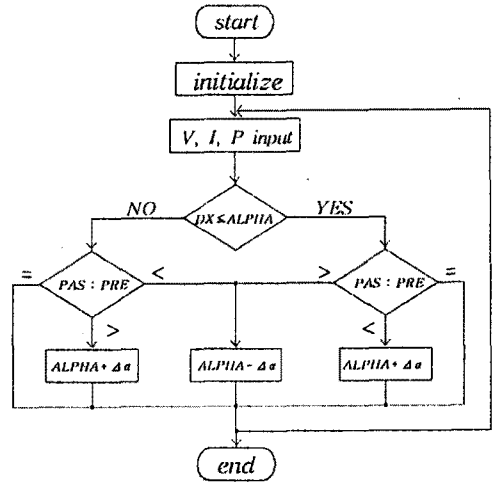
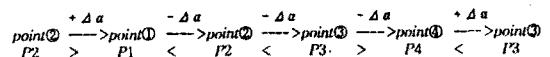


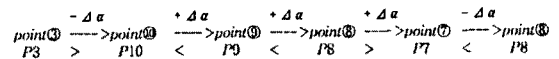
그림 4 프로그램 흐름도

(1) 일사량 일정시



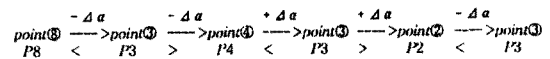
결국 ②, ③, ④ 사이에서 자려 진동한다.

(2) 일사량 감소시



결국 ⑦, ⑧, ⑨ 사이에서 자려 진동한다.

(3) 일사량 증가시



결국 ②, ③, ④ 사이에서 자려 진동한다.

이상과같이 세가지 영역에서의 동작은 그림 4의 프로그램 흐름도에 의해 전력비교를 행하여, 최대출력점을 중심으로 $\pm\Delta\alpha$ 의 구간에서 자려진동하도록 시비율을 보정함으로써, 항상 최대출력점을 추적하도록 제어한다.

4.2 주회로 및 제어부

그림 5는 태양전지에서 축전지 및 부하로 전력을 공급하기 위하여 강압초퍼를 사용하였으며 마이크로프로세서를 이용하여 일사량, 온도변화 및 부하변동에 대해서도 항상 최대출력점을 추적할수 있도록 구성하였다.

태양전지로부터 전압, 전류를 검출하여 임의의 시점에서 샘플펄스를 인가하여 전압, 전류를 홀딩하고 마이크로프로세서의 A/D변환기와 곱셈기능을 이용하여, 전력값을 연산 저장한 다음 과거전력값과 비교 판단하여 $+\Delta\alpha$ 또는 $-\Delta\alpha$ 를 보정한다. 이상과 같이 제어하므로써 본 방식은 일사량, 온도 및 부하변동에 대응하여 최대출력점을 추적제어하게 된다.

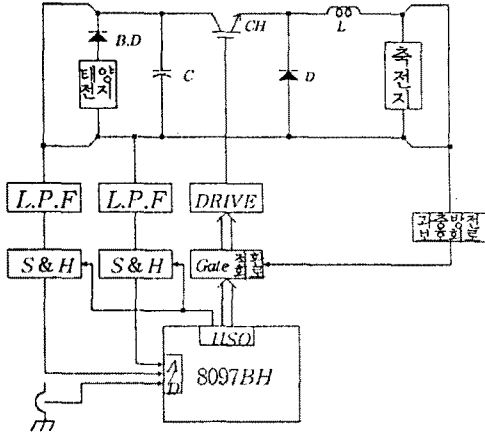


그림 5 주회로 및 제어부

또한 축전지에 과충전 및 과방전을 방지하기 위하여 히스테리시스특성을 이용한 보호회로도 구성하였다.

5. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 이상과 같은 이론을 확인하기 위하여 강압초퍼를 이용하여 실험하였으며, 평활용 리액터 $L = 17.6 \text{ mH}$, 평활용 콘덴서 $C = 2000 \mu\text{F}$, 홀센서는 $20\text{A}/4\text{V}$, 동작주파수 $f = 1 \text{ KHz}$ 로 동작시켰으며 태양전지는 M65(SIEMENS) 4개를 병렬로 접속하였고 강압초퍼로 동작시켰다.

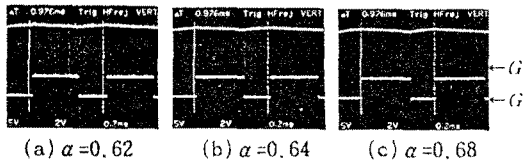


그림 6 태양전지전압과 시비율

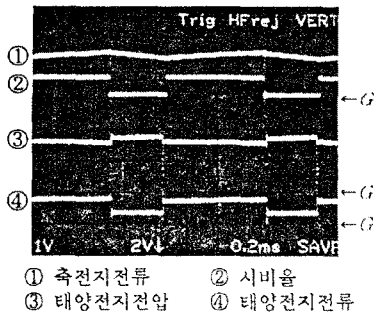


그림 7 강압초퍼회로의 동작파형

그림 6은 일정 일사량 조건에서 초기에 시비율 α 가 변화하여 추적해가는 과정을 나타낸것이다. 그림 7은 강압초퍼회로의 각부동작파형이며, 그림 8은 일사량이 변화하는 경우에 출력전압은 거의 일

정하지만 출력전류는 큰폭으로 변화하여 전력이 변화함을 알수있다.

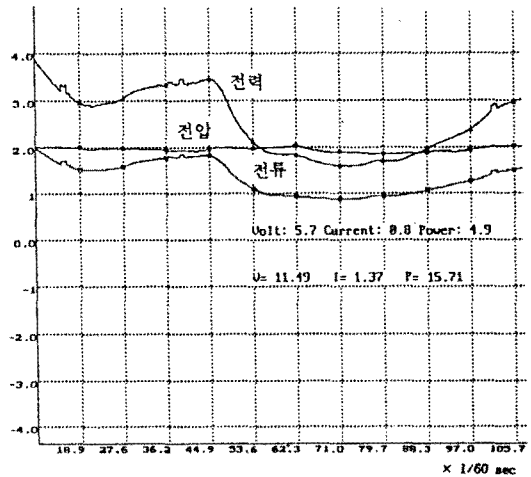


그림 8 일사량변화에 따른 동작파형

6. 결론

본 연구에서는 태양전지에서 축전지에 전력을 공급하는 경우, 태양전지가 최대출력점에서 동작할수 있는 새로운 제어방법을 제시하였다. 본 방식은 태양전지의 출력점을 검출하여 샘플링된 과거전력과 현재전력을 마이크로프로세서에 의해서 비교하여 시비율 α 를 보정하므로써 일사량, 온도변화 및 부하변동에 대해서도 항상 최대출력점이 추적됨을 확인하였다.

참고문헌

[1] Katsumi Ohwnia and Tsuyoshi Sata, "A simplified maximum power tracking method for photovoltaic solar system," JIEE pp.72~78, 1986.
 [2] Tokuo ohnishi and Shigeo Takata, "Comparisons of maximum power point tracking strategy of solar cell output and control characteristics using step up/down chopper circuit," T. IEE Japan, Vol.112-D, No.3, 1992.
 [3] Bucciarelli, L. L., Grossman, B. L., Lyon, E.F., Rasmussen, N. E., "The Energy Balance Associated with the Use of a Maximum Power Point Tracker in a 100 kw Peak Power System," 14th IEEE Photovoltaic Specilists' Conference, San Diego, CA, 7-10 January 1980, C00-4094-75.
 [4] Katsumi Ohniwa, Tadao Fujimaki, Yoshihiko Yoda, "A New Maximum Power Control Method of Photovoltaic Power System," JIEE, Vol-B111, NO.10, 1991