

채승 Chopper를 이용한 최대 출력점 추적 제어

정 언 택 한 경 의 장 경 현 권 혁
 명 지 대 학 교 전 기 공 학 과
 강 승 욱 이 승 환 김 용 준
 주) 현대중전기연구소 충남전문대학 동양공업전문대학

Tracking Control of Maximum Power Point using Step-up Chopper

Y.T.Chung K.H.Han K.H.Jang H.Kwon
 Dept. of Electrical Engineering, Myong Ji University
 S.W.Kang S.H.Lee Y.J.Kim
 Hyundai E.E.C. R & D Center ChungNam Junior College DongYang Junior College

ABSTRACT

In this paper, a new method to track the maximum power point is presented. The proposed scheme achieves the maximum power the step-up chopper, which tracks the maximum power point by sensing only the actual current from the photovoltaic array.

Also it adopts the protection circuit to protect the battery system against the overvoltage and overdischarge by utilizing hysteresis characteristic.

1. 서 론

最近 天然資源의 한계성에 대비하여 대체 energy 開發에 대한 研究가 활발하게 되었으며, 그 대책으로 公喜가 없고, 무진장인 太陽 energy의 實用化에 중점을 두고 있는 실정이다. 따라서 太陽電池는 小規模의 家庭用으로부터 大規模의 發電 plant에 이르기까지 폭넓은 應用이 기대되고, 太陽電池 module의 高效率化, 低價格化가 進行되고 있으며, system의 研究도 계속적으로 進行되고 있다. 그러나 太陽電池의 발생 電力은 日射量, 太陽電池 素子の 溫度 및 動作 電壓등에 의 존하기 때문에 가능한 한 많은 energy를 太陽電池에서 얻어 내기 위해서는 恒常 最大 出力점에서 동작 하도록 制御하여야 할 必要가 있다.(1)~(3)

太陽光 發電 system의 實用化를 위해서는 그 system 構成을 간단히 하는것이 필수 조건이 되고, 이러한 觀點에서 보면, Boehringer교수가 제안했던 最大 出力 動作點 制御法은 주목 할 만한 方法이다. 이 方法은 太陽電池의 電力 特性 曲線에서 最大 電力點을 사이에 두고, 같은 電力을 갖는 두 點이 반드시 存在 한다는 것에 着眼하여, 그 두點간에 關係式을 基礎로 system을 制御하는 것이다. 이 方式은 從來와 같이 電力을 계속할 필요는 없이 단순히 電壓, 電流의 계속만으로 制御 가능하며, 制御 回路가 간단하게 된다.(1)

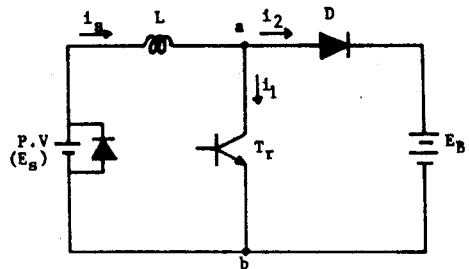
그러나 本 論文은 遞昇 쇼퍼를 이용하여 太陽電池로부터 蓄電池에 電力을 供給하는 경우, 日射量의 變化에 대해서 電流 檢出안으로 恒常 最大 電力을 供給할 수 있는 方式을 提示 하고, 蓄電池에 과충전 및 과방전을 防止하기 위한 保護 回路도 提示하여 動作 原理, 制御 system 및 基本 特性을 考察한다.

2. 송 전 회 로

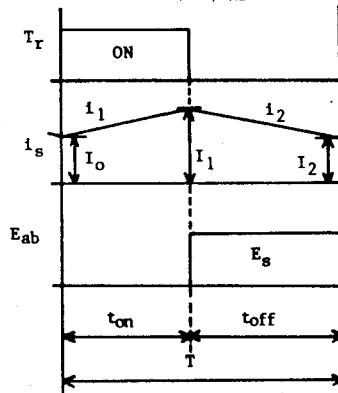
2-1. 주 회 로 및 기본 동작

그림1은 채승 쇼퍼 system을 이용한 태양전지에서 축전지의 송전방식의 주회로 및 각부 파형을 보인것이다. 여기에서 E_s 는 태양전지 전압, L 은 평활용 리액터, T_r 은 쇼프부, D 는 환류용 다이오드, E_b 는 축전지 전압이다.

그림1의 주회로에서 T_r 이 ON 신호를 주면 $E_s - L - T_r - E_s$ 의 경로를 통해서 전류 i_1 으로서 평활용 리액터 L 에 에너지가 축적된다. 이어서 T_r 이 OFF 하면 $E_s - L - D - E_b - E_s$ 의 경로로 L 에 축적된 에너지와 태양전지의 출력 전압 E_s 가 직렬로 연결되어 전류 i_2 로서 축전지 E_b 에 전력이 공급된다.



(a) 주 회 로



(b) 각부 파형

그림1. 주 회 로 및 각부 파형

트랜지스터, 다이오드를 이상적인 소자라고 할때, T_r 이 ON 한 시점을 $t=0$ 라고 하면, T_r 이 ON 하고 있는 기간의 전압 방정식은

$$L \frac{di_1}{dt} = E_s \quad (1)$$

T_r 이 OFF하고 있는 기간의 전압 방정식은

$$L \frac{di_2}{dt} = E_s - E_b \quad (2)$$

식 (1),(2)로 부터 태양 전지의 출력 전압 E_s 와 Battery 전압 E_b 와의 관계를 구하면 $E_s = (1-\alpha)E_b$ 가 된다. 따라서,

$$E_s = \frac{E_b}{1-\alpha} \quad (3)$$

여기서 α 는 서비율(t_{on}/T)이다.

따라서, 최대 전력이 얻어지는 조건을 구하면 다음과 같다.

$$\alpha = 1 - \frac{E_{MPP}}{E_b} \quad (4)$$

여기서 E_{MPP} 는 태양전지의 최대 동작 전압이다.

2-2. 송전 특성

태양 전지에서 항상 최대 전력을 얻어내는 것을 목적으로 채송 쇼퍼 시스템을 이용할 때, 태양 전지에서 축전지로 송전하는 특성을 고찰하였다. 이 방법에 대해서 채송 쇼퍼를 대상으로 하여 태양 전지에서 최대 출력을 얻기 위한 쇼퍼부의 시비율 α 의 조건을 검토하였다. 그림2는 채송 쇼퍼를 이용하여 태양 전지의 전압을 송입하여, 축전지로 송전하는 방식을 보였다.

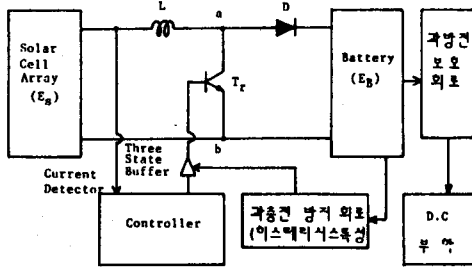


그림2. 채송 쇼퍼를 이용한 태양 전지에서 축전지로의 송전 방식

채송 쇼퍼에서는 원리적으로 i_a 는 연속하므로 태양 전지에서 연속적으로 전류를 얻어낼 수 있어, 강압 쇼퍼와는 달리 태양 전지와 병렬로 콘덴서를 연결하지 않아도 최대 동작점에서 동작하는 것이 가능하다. 그러나 L값이 작을 경우와 주파수가 낮은 경우에는 i_a 가 단속하므로, 단속하지 않도록 L값과 주파수를 선택할 필요가 있으나, 장치를 소형화 하기 위해서는 L값을 작게 하고, 동작 주파수 f를 크게 선정할 필요가 있다.

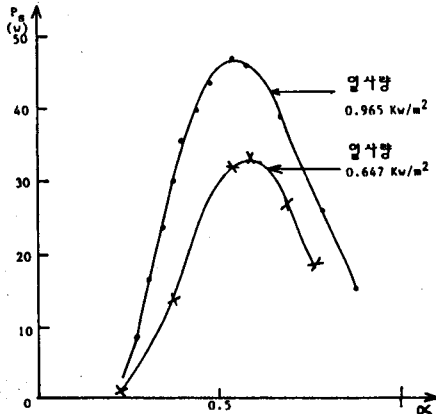


그림3. 일사량에 따른 시비율 α 에 대한 출력 특성

그림3은 송입 쇼퍼를 이용한 경우, 일사량에 따른 시비율 α 에 대한 출력 특성을 보인 것이다. 이 그림에서 아는 바와 같이 일사량의 변화에 따른 최대 출력점에 대해서 시비율 α 가 변화됨을 알수가 있다. 따라서 최대 출력점을 찾기 위해서는, 일사량 변화에 따라 자동적으로 시비율 α 가 조정되어 항상 최대 출력점에서 운전 되도록 system을 제어 할 필요가 있다.

3. 태양 전지의 최대 출력 추적 특성

그림4는 일정 일사량, 일정 소자 온도에서 태양 전지의 전류-전압 특성 및 전력 특성을 보인 것이다. 그림에서 알수 있듯이 전력 특성 곡선에는 최대 출력점(MPP)가 존재한다. 또한, 그 점을 사이에 두고, 같은 전력을 갖는 두점(a,b)이 반드시 존재하고 점 a,b의 관계는 $0 < k < 1$ 로서 식 (5), (6)이 된다.

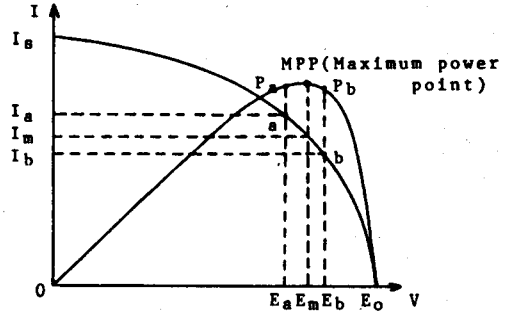


그림 4. 태양 전지의 출력 특성

$$E_a = k * E_b \quad (5)$$

$$I_b = k * I_a \quad (6)$$

식 (5), (6)은 태양 전지가 최대 출력점 근방에서 동작되기 위한 제어 조건이 된다. 이와같이 식 (5), (6)을 사용해서 최대 출력점 근방에서 자러진동 하게 하고, 더우기 일사량의 변화에 의해 태양 전지의 출력 특성이 변화하여도 항상 최대 출력점을 추적하는 방법이다. 그러나 이러한 방법은 전압, 전류를 검출하므로써 최대 출력점을 찾게 되지만, 본 방식에서는 쇼퍼 회로의 입력과 출력의 관계식을 이용하여 기지의 태양 전지 특성에 따라 전류만을 검출하여 최대 출력점을 추종하도록 하였다.

식 (4)로부터 일정 일사량 하에서 전력이 최대가 되는 α 값을 선정하여 제어 회로에 V_{ref} 을 결정한다. 따라서 검출된 전류는 자동적으로 시비율 α 를 변화시키므로 항상 식 (4)의 조건이 되도록 추종을 하여 일사량의 변화에 대하여 최대 출력점에서 운전 되도록 하였다.

그림 5는 일사량이 각각 0.965 Kw/m^2 , 0.695 Kw/m^2 , 0.608 Kw/m^2 일때 V-I 특성 및 최대 출력점 추종 특성이다.

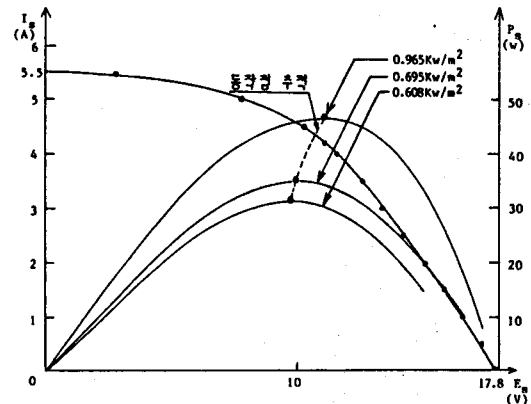


그림 5. V-I 특성 및 최대 출력점 추종 특성

4. 실험 결과 및 고찰

그림 6은 태양 전지에서 축전지로 송전하는 방법에 있어서 채송 쇼퍼 방식을 이용한 것이고, 전류만 검출함으로써 일사량의 변화에 대해서도 최대 출력점을 추종하도록 한 system을 표시한다. 실험에 사용한 Hall sensor는 20A/4V, L = 10mH, 태양 전지는 $40 \text{ W} * 2 \text{ P}$, E_b 는 12*2S를 사용하였고, 동작 주파수 $f = 500 \text{ [Hz]}$ 이다.

그림 6의 출력(I)은 PI controller를 사용한 제어부가 되며, 출력(II)는 히스테리시스 특성을 이용한 Battery의 과충전 및 과방전 보호 회로 이다.

이상과 같은 실험 결과를 통하여 시간(일사량 변화)에 대한 출력 변화의 관계를 그림 7에 표시하며, 그에 따른 동작 파형을 사진 1에 나타낸다.

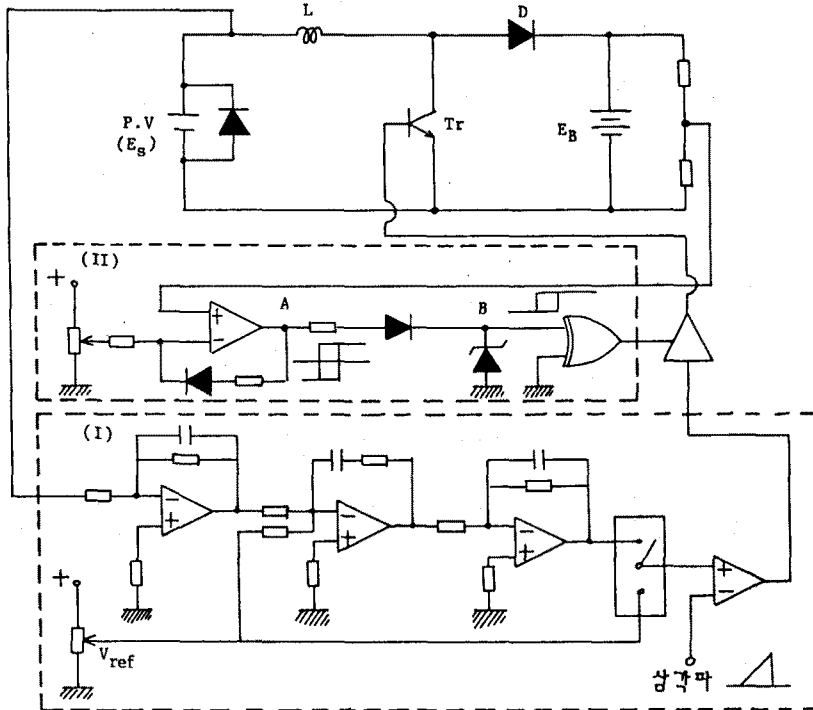
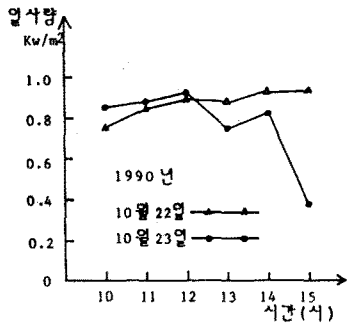
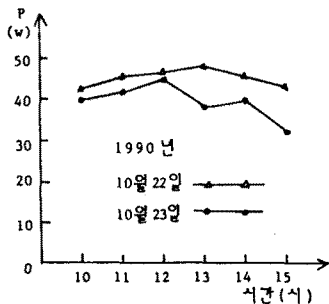


그림 6. 주 회로 및 Controller



(a) 시간에 대한 일사량



(b) 시간에 대한 최대 출력값

그림 7. 시간에 대한 일사량 특성

5. 결론

태양 전지로부터 축전기에 전력을 충전 시키는 경우 최대 출력점에서 동작 하도록 하는 従來의 方法은 電壓, 電流를 측정 하므로써 가능하였으나, 本 方式에서는 既知의 태양 전지 V-I 특성을 이용하여 단지 電流만의 檢出로 日射量의

변화에도 恒常 最大 出力点에서 動作 되도록 制御 回路를 構成 하였으며, 별도로 과충전 및 과방전 回路를 附加 하므로서 蓄電池를 保護할 수 있게 하였다. 今後 本 方式을 이용하여 強壓 쇼퍼 및 昇.強壓 쇼퍼를 사용한 경우, 最大 出力 追跡 制御 特性을 검토할 예정이다.

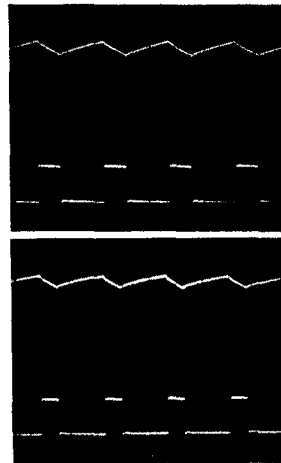


사진 1. i_a, E_{ab} 파형

전류 2A/div 2ms/div
전압 10V/div 2ms/div

G ←

G ←

(a) 일사량: 0.946 Kw/m²

G ←

G ←

(b) 일사량: 0.898 Kw/m²

6. 참고 문헌

- 1) 大庭勝實, 佐藤剛, "태양광 발전 System의 최대 출력 추적 제어법" 日本 電氣 學會 論文誌 (昭61-B75)
- 2) 木村軍司, 鳩谷巴律雄, "Chopper를 이용한 태양전지에서 충전지모의 충전특성에 대해서" 電氣 學會 全大(昭61年)
- 3) 星野正人, 工藤公生, 木村軍司, 鳩谷巴律雄, "태양광발전 System에 의한 DC-DC Converter 및 Inverter에 관한 연구" JIEE SPC-88-36
- 4) A.F.Boehringer " Self-Adapting dc Converter for Solar Spacecraft Power Supply" IEEE Trans. Aerosp. & Electron. Syst., AES-4, 102 (1968)