

## 새로운 승강압 초퍼회로에 의한 태양광발전제어

°김영철 변홍구 서기영 이현우

경남대학교 전기공학과

### Photovoltaic Power Generation Control by A New Buck-Boost chopper circuit

°Y.C.Kim, H.G.Byun, K.Y.Suh, H.W.Lee

\*KyungNam University Dep. of Electrical Engineering

#### Abstract

The solar cell has an optimum operating point to be able to get maximum power. To obtain maximum power from Photovoltaic array, photovoltaic power system usually requires maximum power point tracking controller.

The output characteristics of solar cell are nonlinear, and these characteristics vary with load solar insolation, solar cell temperature. Therefore the tracking control of maximum power point is the complicated problem. This paper presents power characteristics of residential Photovoltaic system applying a buck-boost conversion system.

#### 1. 서론

태양전지의 출력특성은 주변의 온도와 일사량의 변화에 의해 최대전력점이 변화된다. 따라서 최대의 전력을 얻기 위해서는 태양전지의 출력 전압, 전류를 항상 감시할 필요가 있다. 태양전지의 출력특성은 부하상태, 일사량, 판넬면의 온도등에 따라 크게 변화하므로 최대전력을 발전하는 최대동작점이 존재한다. 태양전지의 단락전류는 일사량의 변화에 거의 비례하여 증감하지만, 개방전압은 온도가 1°C 상승하면 약 0.5% 내려간다.

계절의 변화에 따른 일사량 및 주위온도에 따라 태양전지 출력은 시시각각 변화며 부하상태

또한 변화하므로 태양전지 특성이 변화지 않더라도 동작점이 변화는 특성이 있다.

이처럼 태양전지의 출력특성은 비선형이기 때문에 최대전력점 추적에 어려움이 있으며 제어회로 또한 복잡해진다. 기존의 방식과

같이 태양전지의 최대전력점만을 추적하여 제어회로를 구성할 경우 부하측에서 볼 때 효율과 실용성면에서는 그리 바람직하다고 볼 수 없다.

따라서 본 논문에서는 태양전지의 최대출력 및 전력변환기의 출력량을 동시에 검출하여 광범위한 부하변화에 대응할 수 있는 승강압 초퍼를 이용하여 최대전력을 부하측에 전달할 수 있는 시스템을 구성한다. 먼저 태양전지의 최대출력점을 추적하기 위해 최대점 근방의 2점을 도출하여 최대전력점 및 2점에 대한 포물선법에 의한 최대전력을 구하는 방식을 채택했다. 또한 전력변환장치는 기존의 하드스위칭에 비해 스위칭손실이 적은 소프트스위칭 방식의 승강압 초퍼회로를 구성하여 스위칭 손실을 저감하였다.

#### 2. 태양광발전 시스템

태양전지의 출력특성은 일사량 및 주변환경에 따라 출력전압 및 출력전류가 변화므로 이러한 변화에 따른 최대전력을 도출하기 위해서는 최대전력점을 중심으로 2개의 전력점 좌우 각각 하나씩 선정하여 이 점들 사이에 최대전력점이 존재하도록 한다.

그림 1과 같이 최대전력점을 중심으로 전력점

$P_a, P_b$ 사이의 비례상수  $k$ 를 사용해서 나타내면 다음과 같이 정의된다.

$$P_a = kP_M \quad (1)$$

$$P_b = \frac{1}{k}P_M \quad (2)$$

점 A, B에서의 전류, 전압은 다음과 같다.

$$I_a = kI_b \quad (3)$$

$$E_b = kE_a \quad (4)$$

여기서,

$$k = \pm \sqrt{\frac{P_a}{P_b}} \quad (-1 < k < 1)$$

비례상수  $k$ 를 제어함으로 출력전력점을 최대가 되도록 할 수 있다.

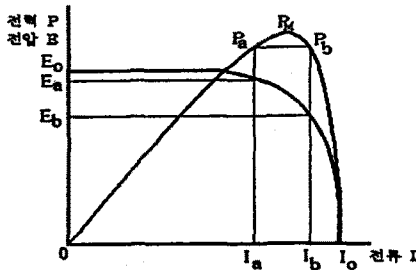


그림. 1 태양전지 출력특성

태양전지 출력특성은 일사량에 따라 발전전력이 변화하므로 비례상수  $k$ 를 이용하여 최대전력점을 추적한다. 그림 1에서와 같이 일사량이 일정할 때에 태양전지의 발전전력은 최대치  $P_{max}$ 가 된다. 따라서 태양에너지를 최대로 이용하기 위해서는 태양전지 출력은 이  $P_{max}$ 가 가장 이상적이지만 태양전지 온도 및 일사량의 변화에 따른 출력특성 변화를 최소화 할 수 있도록 제어할 필요가 있다.

그림 2의 태양전지측에서 본 부하회로는 초퍼회로의 인덕턴스  $L$ 이 충분히 크고 다이오드와 스위칭소자의 순방향 전압강하가 최소라고 가정하면 그림 2를 그림 3과 같이 간략화한 등가회로로 표현할 수 있다. 등가회로저항  $R_L'$ 과  $R_L$ 의 관계는 초퍼의 도통률  $k$ 로 표현된다.

$$R_L = k^2 R_L' \quad (5)$$

식(5)에서  $k$ 의 제어에 의해 등가적으로 부하저항을 연속적인 변화가 가능하다. 강압 초퍼는 도통률  $k$ 을 0~1의 범위에서 변화가 시킬수 있다. 그림 1의  $P_a, P_b$ 사이에 최적동작점이 존재하려면 초퍼의 도통률을 제어함에 따라 최적동작점의 제어가 가능하다.  $P_a$ 점 가까이 최적동작점이 존재할 경우 승압 초퍼를 이용하고,  $P_b$ 점 가까이 최적동작점이 존재할 경우 강압초퍼를 이용할 수 있다.

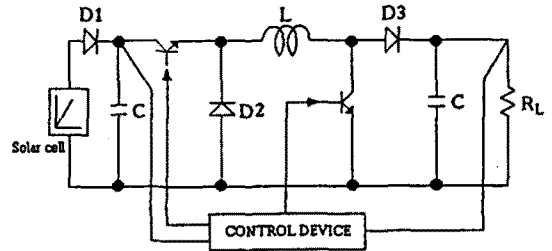


그림. 2 승강압 초퍼회로

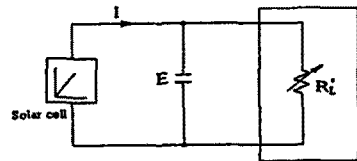


그림. 3 등가회로

### 3. 승강압초퍼회로에 의한 전압제어

그림. 4는 태양전지 전압과 부하전압의 크기에 관계없이 축전지에 충전할 수 있도록 승압초퍼회로와 강압초퍼회로를 조합한 승강압 초퍼회로를 나타낸다. 태양전지 전압이 축전지 전압보다 높은 경우에는 강압초퍼로 동작하고, 낮은 경우에는 승압초퍼로 동작하게 된다.

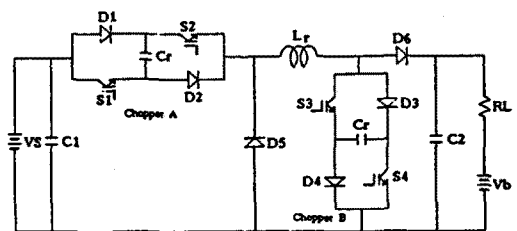


그림4. 소프트 스위칭에 의한 승강압 초퍼회로

### 3.1 회로구성

그림. 4에 나타낸 소프트 스위칭 승강압 DC-DC컨버터는 부분공진회로부의 스위칭 소자 S1, S2와 승강압용 인덕턴스 Lr 및 스너버 콘덴서 Cr로 구성된다. 스위치 턴 온시 인덕턴스 Lr의 전류는 영으로 되어 ZCS 동작을 하게되고, 턴 오프시는 콘덴서 Cr의 전압이 영에서 동작하므로 스위치는 ZVS동작을 한다. 그리고 스위치 S1과 S2는 듀티율이 일정하므로 같은 주파수에서 스위칭하게 되므로 제어회로가 상당히 간단하고, 인덕턴스 전류가 2개의 회로로 분류되어 같은 용량시의 하드 스위칭보다 전류 용량을 배로 늘릴 수 있다. 또 스너버 콘덴서는 스위치 턴 온에 의해서 부분 공진회로로 되어 축적한 에너지를 입력전원측으로 회생하여 스너버 손실을 줄인다. 충분한 크기의 스너버 콘덴서를 사용하여도 변환기의 효율은 저하하지 않는다.

### 3.2 강압초퍼회로

그림. 5에 나타낸 회로는 강압초퍼회로로 초퍼부 B는 항상 off 상태가 되고, 초퍼부 A가 on, off 스위칭을 하여 강압초퍼로 동작하며 태양전지로부터 축전지에 충전되는 방식의 회로이다. 초퍼부 A가 on 일때는 초퍼부 A-Lr-Vb-Vs의 경로로 전류  $i_1$ 이 흐르고, 부하에 전압이 인가된다. 다음초퍼부 A가 off되면 L에 축적되었던 에너지가 Lr-Vb-D5-Lr의 경로를 통하여 환류전류  $i_2$ 가 흐른다. 이 때 전압 방정식은 다음과 같다.

초퍼부 A가 on일 경우 :

$$L \frac{di_1}{dt} = V_s - V_b \quad (6)$$

초퍼부 A가 off일 경우 :

$$L \frac{di_2}{dt} = -V_b \quad (7)$$

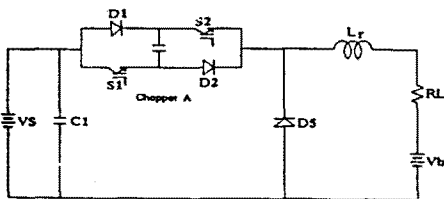


그림. 5 강압초퍼회로

그림. 6은 강압초퍼회로의 동작파형을 나타낸다.

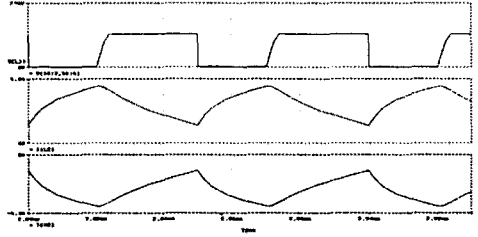


그림. 6 강압초퍼회로의 동작파형

### 3.2 승압 초퍼회로

그림. 7에 나타낸 회로는 승압초퍼회로로 초퍼부 A는 항상 on상태가 되고, 초퍼부 B가 on, off 스위칭을 하여 승압초퍼로 동작하며 태양전지로부터 축전지에 충전하는 방식의 회로로서 Vs와 Vb의 관계와 Is와 Ib의 관계를 구하면 다음과 같다.

$$V_s = (1 - k) V_b \quad (8)$$

$$I_s = 1/(1 - k) I_b \quad (9)$$

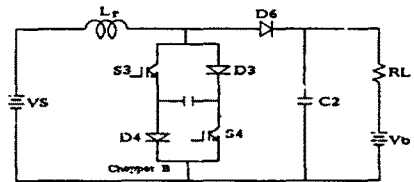


그림. 7 승압초퍼회로

그림. 8은 승압초퍼회로의 동작파형을 나타낸 것이다.

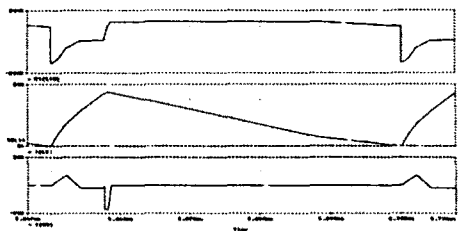


그림. 8 승강압 초퍼회로의 각부파형

#### 4. 결 론

본 논문에서는 태양전지의 최대출력 및 전력 변환기의 출력량을 동시에 검출하여 광범위한 부하변화에 대응할 수 있는 승강압 초퍼를 제안하였다. 태양전지의 최대출력점을 추적하기 위하여 최대전력점 대한 포물선법에 의해 최대전력을 구하는 방식을 채택하였다.

전력점 제어변수  $k$ 를 이용하여 태양전지출력 및 부하의 변화에 따른 전력변환장치의 제어를 단순화 하였다. 또한 비선형성을 갖는 태양전지의 출력특성을 정특성으로 생각하여 제어를 행하므로 외부조건의 변화에 빠른 응답성을 갖게 하므로 전력변환장치의 제어 또한 용이하게 한다. 전력변환장치는 태양전지의 발생전력을 최대한 이용할 수 있는 소프트스위칭 방식 승강압 초퍼회로를 채택하여 손실을 최소화 하였다.

따라서, 본 논문에서 제시한 태양전지 출력 및 전력변환장치의 출력을 동시에 제어함으로써 부하의 변화에 따른 폭 넓은 분야에 응용되리라 사료된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 大西徳生, 高田茂生 “太陽電池の最大出力制御方式の比較と昇強壓チョッパ回路を用いた制御特性”, 日本電氣學會, Vol.112-D, No.3, pp.250-257, '92
- [2] 平形定樹 등 “ZVSコンバータを用いた太陽電池最大電力検出法”, 日本電子情報通信會, Vol. SPC-95-111, pp.121-127, '95
- [3] 大庭勝實 등 “自己適応機能を有する太陽光發電 システムの最大出力追跡制御法”, 日本電氣會, Vol.115-D, No.7, pp.891-896, '92
- [4] 千住智信 등 “ファジ-制御による太陽電池の最大電力点の探索” 日本電氣學會, Vol.114-D, No.9, pp.843-848, '94
- [5] 김 영철, 이 현우 등, “태양광 발전을 위한 고효율전력변환장치”, 전기학회하계학술논문집, pp.450- 452, 1996.7.21.
- [6] 김 영철, 이 현우 등 “태양광발전 시스템의 최대전력 추적제어법”, 전기학회서부경남지부 추계논문지, pp.25 -27, '96