

# 감압 및 승압DC/DC변환기결합에 의한 태양빛전지판의 최대출력점추적효를제고

리경일, 김남일

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학연구사업을 더욱 강화하여 세포공학과 유전자공학, 초고압물리학, 극저온물리학을 발전시키며 레이자와 플라즈마기술, 원자에너지와 태양에너지를 개발하여 인민경제에 받아들이는데서 나서는 과학기술적문제를 적극 풀어나가야 하겠습니다.》(《김정일선집》증보판 제11권 139페이지)

태양빛전지판의 동작점은 부하와 전지판의 전압-전류특성곡선의 교차점에 의해서 결정되며 일반적으로 이 점은 태양빛전지판의 최대출력점과 일치하지 않는다. 이러한 불일치는 태양빛전지판의 출력손실을 가져오며 DC/DC변환기로 태양빛전지판의 최대출력점을 추적하여 이 손실을 줄이고있다. 최대출력점추적(MPPT)알고리즘들이 많이 제기되고있지만[1] 정확한 DC/DC변환기선택에 대한 연구는 널리 진행되지 못하고있다.

본문에서는 감압 및 승압DC/DC변환기결합으로 태양빛전지판의 최대출력점을 추적하고 그 효율을 높이기 위한 해석적연구를 진행하였다.

## 1. 태양빛전지판의 최대출력점추적의 일반적원리

태양빛전지판의 전압-전류특성은 일반적으로 다음과 같은 지수함수적인 특성과 최대출력점을 가진다.

$$I = n_p [I_L - I_s [e^{q(V/n_s + I R_s/n_p)/(AKT)} - 1] - (V/n_s + I R_s/n_p)/R_p] \quad (1)$$

$$P = IV = n_p V [I_L - I_s [e^{q(V/n_s + I R_s/n_p)/(AKT)} - 1] - (V/n_s + I R_s/n_p)/R_p] \quad (2)$$

$$\left( \frac{dP}{dV} \right)_{MPP} = 0 \quad (3)$$

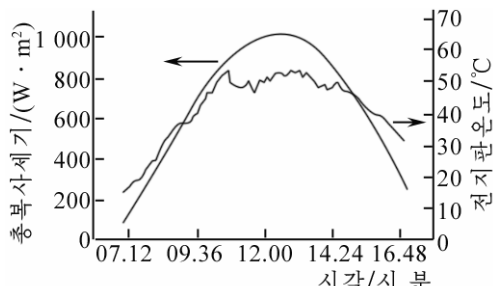


그림 1. 총복사세기와 전지판온도의 시각에 따르는 변화곡선

여기서  $n_s, n_p$ 는 직렬, 병렬요소전지의 수,  $R_s, R_p$ 는 직렬 및 병렬저항,  $A$ 는 pn이음의 리상인자,  $I_L$ 은 빛발생전류,  $I_s$ 는 역방향포화전류이다.

총복사세기와 전지판온도의 시각에 따르는 변화곡선은 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 전지판의 온도와 총복사세기는 시각에 따라 끊임없이 변한다.

따라서 최대출력점  $MPP(V_{MPP}, I_{MPP})$ 도 시각에

따라 끊임없이 변한다.(그림 2)

이때 계산에 리용된 태양빛전지판의 파라미터는 표 1과 같다.

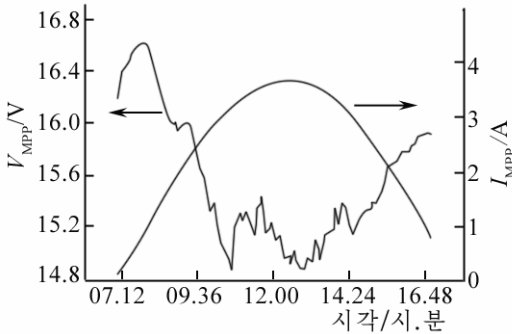


그림 2. 최대출력점의 시각변화

표 1. 태양빛전지판의 파라미터(표준조건)

파라미터	값	파라미터	값
A	1.2	$I_{MPP}/A$	3.56
$E_g/eV$	1.12	온도/ $^{\circ}C$	47
$n_p$	1	$I_{sc}/A$	3.87
$n_s$	36	$V_{oc}/eV$	21.06
$P_{MPP}/W$	60	$K_V/(mV \cdot ^{\circ}C)$	-80
$V_{MPP}/V$	16.8	$K_I/( \% \cdot ^{\circ}C)$	0.065

부하  $R_L$ 이 태양빛전지판에 걸리면 태양빛전지판의 동작점( $V_{op}$ ,  $I_{op}$ )이 결정된다. 이 동작점은 최대출력점과 일치되지 않으며 DC/DC변환기는 태양빛전지판의 출구저항 다시말하여 변환기의 입구저항을 변화시켜 동작점을 시각에 따라 변하는 MPP으로 접근시키거나 일치시킨다.

## 2. 각이한 DC/DC변환기구조에서 MPPT특성해석

DC/DC변환기는 태양빛전지판과 부하사이에 놓이면서 최대출력점을 추적하는 기능을 수행하게 된다.(그림 3)

DC/DC변환기의 입구저항변환기능은 기본스위치를 일정한 주파수로 절환하는 시간(수명주기  $\delta$ )을 조종하는 PWM기술로 실현된다.

변환기의 동작방식에는 선류를 지나는 전류의 세기가 절환주기  $T_c$  동안에 완전히 상쇄되지 않는 CCM방식과 다 상쇄되는 DCM방식이 존재하며 이때 동작방식은

$$K = \frac{2L_{\text{등가}}}{R_L T_c} \text{ 값에 의해 결정된다.}$$

각이한 DC/DC변환기구조에서의  $K$ 값에 따르는 입구저항은 표 2와 같다.

표 2. 각이한 DC/DC변환기구조에서의  $K$ 값에 따르는 입구저항

구조	$K$	$R_{i-CCM}$	$R_{i-DCM}$
감압변환기	$1-\delta$	$R_L/\delta^2$	$R_L(1+\sqrt{1+4K/\delta^2})^2/4$
승압변환기	$\delta(1-\delta)^2$	$R_L(1-\delta)^2$	$4R_L/(1+\sqrt{1+4\delta^2/K})^2$
감압-승압변환기	$(1-\delta)^2$	$R_L(1-\delta)^2/\delta^2$	$KR_L/\delta^2$

표 2로부터 감압변환기구조에서는 다음의 결과들이 얻어진다.

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} R_{i-CCM} = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{R_L}{\delta^2} = \infty, \quad \lim_{\delta \rightarrow 1} R_{i-CCM} = \lim_{\delta \rightarrow 1} \frac{R_L}{\delta^2} = R_L$$

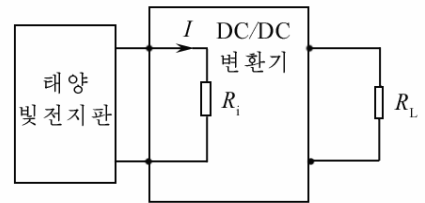


그림 3. 태양빛전지판과 변환기, 부하의 결합구조

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} R_{i-DCM} = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{R_L}{4} (1 + \sqrt{1 + 4K/\delta^2})^2 = \infty$$

$$\lim_{\delta \rightarrow 1} R_{i-DCM} = \lim_{\delta \rightarrow 1} \frac{R_L}{4} (1 + \sqrt{1 + 4K/\delta^2})^2 = R_L$$

수명주기  $\delta$  가  $[0, 1]$ 에서 변할 때 감압변환기의 입구저항은  $[R_L, \infty]$ 에서 변하므로 부하저항이  $R_L \leq R_{MPP}$  인 경우에만 최대출력점추적이 가능하고  $R_L > R_{MPP}$  이면 추적이 불가능해진다.

승압변환기구조에서는 다음의 결과들이 얻어진다.

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} R_{i-CCM} = \lim_{\delta \rightarrow 0} R_L (1 - \delta)^2 = R_L$$

$$\lim_{\delta \rightarrow 1} R_{i-CCM} = \lim_{\delta \rightarrow 1} R_L (1 - \delta)^2 = 0$$

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} R_{i-DCM} = \lim_{\delta \rightarrow 0} 4R_L / (1 + \sqrt{1 + 4\delta^2/K})^2 = R_L$$

$$\lim_{\delta \rightarrow 1} R_{i-DCM} \leq \lim_{\delta \rightarrow 1} 4R_L / (1 + \sqrt{1 + 4\delta^2/K})^2 = 0$$

수명주기  $\delta$  가  $[0, 1]$ 에서 변할 때 승압변환기의 입구저항은  $[0, R_L]$ 에서 변하므로 부하저항이  $R_L \geq R_{MPP}$  인 경우에만 최대출력점추적이 가능하고  $R_L < R_{MPP}$  이면 추적이 불가능해진다.

감압-승압변환기구조에서는 다음의 결과들이 얻어진다.

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} R_{i-CCM} = \lim_{\delta \rightarrow 0} R_L (1 - \delta)^2 / \delta^2 = \infty, \quad \lim_{\delta \rightarrow 1} R_{i-CCM} = \lim_{\delta \rightarrow 1} R_L (1 - \delta)^2 / \delta^2 = 0$$

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} R_{i-DCM} = \lim_{\delta \rightarrow 0} KR_L / \delta^2 = R_L, \quad \lim_{\delta \rightarrow 1} R_{i-DCM} \leq \lim_{\delta \rightarrow 1} KR_L / \delta^2 = 0$$

수명주기  $\delta$  가  $[0, 1]$ 에서 변할 때 감압-승압변환기의 입구저항은  $[0, \infty]$ 에서 변하므로 부하저항  $R_L$ 의 크기에 관계없이 최대출력점추적이 가능하다.

이로부터 각이한 변환기구조에서 최대출력점추적특성은 그림 4와 같다.

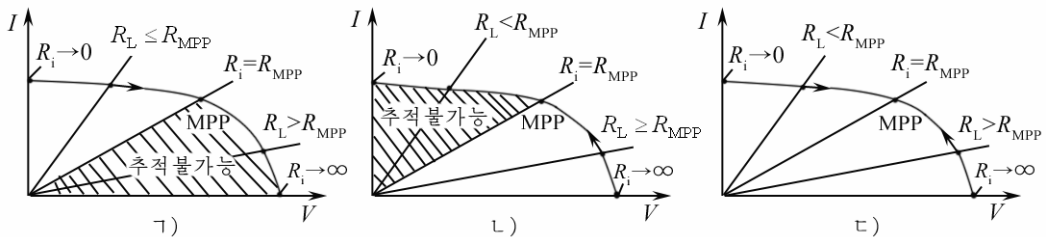


그림 4. 각이한 변환기구조에서 최대출력점추적특성  
 ㉠) 승압변환기, ㉡) 감압변환기, ㉢) 감압-승압변환기

### 3. 출력효율평가

MPP추적효율은 다음의 식으로 평가된다.

$$\eta = \int_0^t P_{\text{순시}}(t) dt / \int_0^t P_{\text{MPP}}(t) dt$$

우리는 변환기가 있을 때와 없을 때의 추적효율을 계산하였다.

그림 2로부터 계산된 최대출력점저항의 하루평균값은  $9\Omega$  정도이다. 그러므로 이 평균값보다 작거나 큰 값인  $5, 20\Omega$ 을 부하저항으로 선택하고 최대출력을 계산하였다.

각이한 변환기를 리용한 경우 최대출력의 시각변화곡선들은 그림 5와 같다.

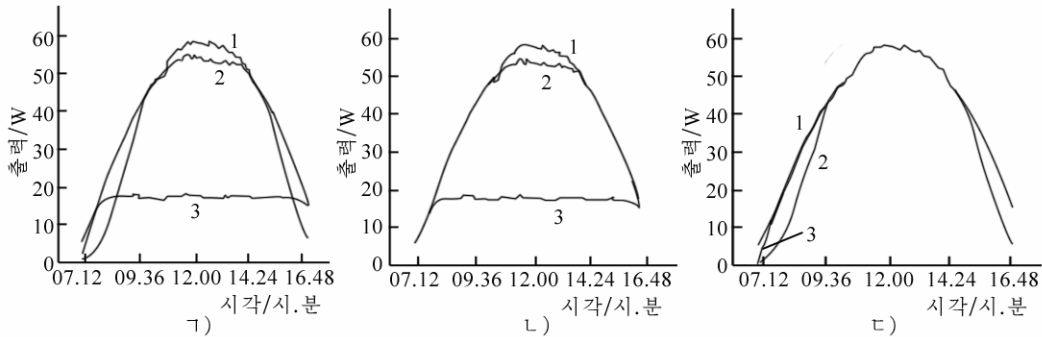


그림 5. 각이한 변환기를 리용한 경우 최대출력의 시각변화곡선  
 ㄱ) 변환기가 없는 경우, ㄴ) 감압변환기가 있는 경우, ㄷ) 승압변환기가 있는 경우: 1-  $R_{MPP} = 9\Omega$ , 2-  $R_L = 5\Omega$ , 3-  $R_L = 20\Omega$

그림 5에서 보는바와 같이 변환기가 없는 경우에는  $R_{MPP}$ 와  $R_L$ 이 정합되는 9시 36분, 14시 24분경( $R_L = 5\Omega$ ), 7시 20분경( $R_L = 20\Omega$ )에만 최대출력점에서 동작한다. 감압변환기를 리용한 경우에는  $R_L = 5\Omega$ 일 때 복사세기가 그리 높지 않은 시각 다시말하여  $R_{MPP}$ 가 큰 시각에만 최대출력점추적이 가능하며  $R_L = 20\Omega$ 일 때에는 최대출력점추적이 거의 불가능하다. 승압변환기에서는  $R_L = 5, 20\Omega$ 인 두 경우에 다 복사세기가 높은 시간 다시말하여  $R_{MPP}$ 가 낮은 낮 시간동안에만 최대출력점추적이 가능하며 하루 시작과 끝시각에 출력손실이 많이 된다.

각이한 DC/DC변환기를 리용하였을 때 최대출력점추적효율은 표 3과 같다.

표 3. 각이한 DC/DC변환기를 리용하였을 때 최대출력점추적효율(%)

부하	변환기 없을 때	감압변환기	승압변환기	감압-승압변환기
$5\Omega$	88.5	97.2	91.2	99.9
$20\Omega$	40.2	40.3	99.7	99.9

표 3에서 보는바와 같이 감압-승압변환기를 리용하였을 때 최대출력점추적효율은 99.9%로서 가장 높다.

## 맺 는 말

태양빛전지판의 최대출력점추적에 감압-승압변환기구조를 리용하면 감압 또는 승압 변환기에서와는 달리 복사세기와 전지판온도 그리고 부하의 변화에 무관계하게 추적효율을 99.9%로 올릴수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] T. Taftict et al.; Renewable Energy, 33, 7, 1508, 2008.
- [2] H. Zheng; Solar Photovoltaic Energy Generation and Conversion, Tuscaloosa, 56~97, 2013.

**On the Enhancement of Maximum Power Point Tracking  
Efficiency of Solar Panel by Combination of Buck and  
Boost DC/DC Converter**

*Ri Kyong Il, Kim Nam Il*

We analytically studied on the enhancement of maximum power point tracking efficiency of solar panel by combination of buck and boost DC/DC converter.

We demonstrated that the buck-boost DC/DC converter topology is the only one which allows the follow-up of the solar panel's maximum power point regardless of temperature, radiation intensity and connected load.

Key words: MPPT, solar cell