

부스트 컨버터를 이용한 3KW 태양전지 어레이 가상구현 설계

오방원, 이상용, 이병인, 정병환, 최규하
 건국대학교 전기공학과

The Design of 3KW virtual Solar Cell with using boost converter

B.W. Oh, S.Y. Lee, B.I. Lee, B.H. Jung, and G.H. Choe
 Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University

ABSTRACT

Recently, energy problem has become more important thing than that of past years. Therefore, researchers in many countries are trying to find the solution for removing energy problem. One of all is the power generation with using the photovoltaic system. Because this system has some advantage, like purity and infinity. However, there are some problems to generate electrical power with using photovoltaic system. That problems, taking up a very big space and taking financial worries, come into existence. So it is inevitable to make the virtual implement equipment for doing repetition experiment and solving this problems. In this paper, Boost converter are analyzed and simulated to make high power PV virtual implement system as input source instead of using transformer.

1. 서 론

태양광 발전은 청결하고, 무한한 에너지 자원으로 최근 많은 각광을 받고있는 연구분야이다. 이는 태양빛을 받아 전기를 발생시키는 반도체소자인 태양전지를 이용한 방식으로 위에 열거했던 장점과 더불어 제어부가 전자부품이기 때문에 진동과 소음에 관해서도 많은 장점을 가지고 있기도 하다. 따라서, 이런 태양광 발전은 인공위성의 전원에서부터 통신용 전원, 등의 산업용으로, 혹은 주택에서도 사용하는 가정용으로, 혹은 도서 산간 벽지에서 사용되는 독립형 전원으로 사용되고 있다. 하지만, 이런 태양광 발전시스템의 성능을 배가시키기 위해서는 태양전지의 효율을 증가시키거나, 태양광 발전시스템에서 생산된 에너지를 좀더 효율적으로 이

용하기위한 전력변환 연구에 전념해야하는데, 특히 전력변환 연구분야에 관해서는 직접실험장치를 구현하기 위한 넓은 공간의 확보와 이에따른 가격부담의 경제조건을 고려했을때는 여간 문제점들이 아닐 수 없다. 그래서, 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 태양전지 특성을 구현할 수 있는 태양전지 시뮬레이터를 연구하게 되었다. 본 논문에서는 위의 시뮬레이터에서 사용되고 있는 전력부 PWM 컨버터에서 승압을 위해 사용되고 있는 변압기를 대신 부스트 컨버터를 사용하여 전체적인 시뮬레이터의 부피 및 무게를 줄이려고 하는 목적에 주안점을 두고 부스트 컨버터 설계와 이에 관한 시뮬레이션을 하였다.

2. 태양전지 모델링

2.1 태양전지 등가모델

태양전지는 광기전력효과(Photovoltaic Effect)를 이용하여 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 반도체 소자로서, 등가회로는 그림 2.1과 같다.

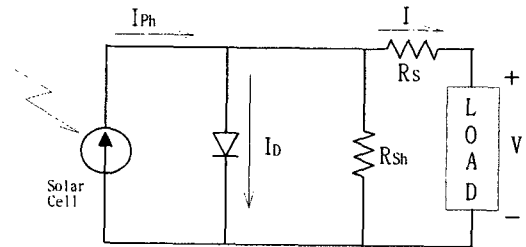


그림 2.1 태양전지 등가회로.

2.2 매개변수 모델

태양전지의 발전원리를 토대로 P-N접합 태양전지를 등가 모델링을 하면 그림 2.1에서와 같이 발전을 하는 전류원과 다이오드로 등가화 할 수 있다.

$$I_{ph} = [I_{sc} S_N + I_i (T_c - T_r)] N_p \quad (2.1)$$

$$I_D = I_0 \left[e^{\frac{qV_L}{AKT N_s}} \right] N_p \quad (2.2)$$

$$I_0 = I_{or} \left(\frac{T_c}{T_r} \right)^3 \cdot e^{\frac{qE_g}{BK} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T_c} \right)} \quad (2.3)$$

$$S = 100 \cdot \sin[15 \times SH - 90^\circ] \quad (2.4)$$

이상적인 경우, 광 조사시 전압 전류 특성은

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp\left(\frac{qV}{nKT}\right) - 1 \right] \quad (2.5)$$

이 되지만, 실제로는 직렬 저항 R_s 와 병렬 저항 R_{sh} 가 가해져 그림 2.1과 같이 되고, 식 (2.5)은 식 (2.6)과 같이 표현된다.

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp\left(\frac{q(V+IR_s)}{nKT}\right) - 1 \right] - \frac{V+IR_s}{R} \quad (2.6)$$

그림 2.2는 일사량 $100[mW/cm^2]$, 온도 $25[^\circ C]$ 의 조건으로 MATLAB을 이용하여 시뮬레이션한 그림이다.

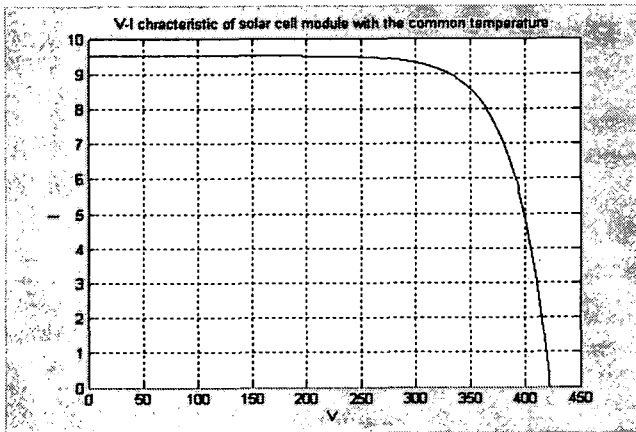


그림 22 태양전지 매개변수 모델의 V-I곡선

2.3 보간형 모델

보간형 모델은 태양전지의 V-I 특성곡선에서 착안하여 타원의 방정식에서 유도를 해낸 모델이다. 매개변수 모델에서 필요한 파라미터인 I_{ph} 나 I_D , I_0 등의 식들은 내부에 많은 변수를 갖고 있어서, 모델링을 하기 위해서는 각각의 변수에 대한 특성을 면밀히 알아야 한다. 하지만, 소자특성에 대한 변수들의 정확한 값을 알 수 없기 때문에 매개변수 모델을 통해 태양전지의 특성을 나타내는 것은 쉽지가 않다. 그러나 보간식을 통한 보간형 모델에서는 태양전지특성을 쉽게 모델링할 수가 있다. 보간식은 태양전지의 V-I 특성곡선으로부터 비선형 연립방정식을 통해 다음과 같

이 정리 된다.

$$\left(\frac{V_{cell}}{V_{oc}}\right)^m + \left(\frac{I_{cell}}{I_{sc}}\right)^n = 1 \quad (2.7)$$

$$V_{mp} = V_{oc} \sqrt[m]{\frac{n}{n+m}} \quad (2.8)$$

$$I_{mp} = I_{sc} \sqrt[n]{\frac{m}{n+m}} \quad (2.9)$$

그림 2.3은 위의 보간형 모델에서 m,n값을 구하여 MATLAB을 이용하여 시뮬레이션한 V-I곡선이다.

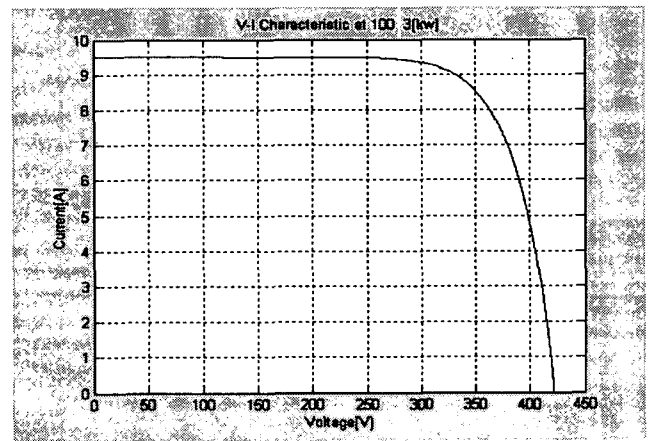


그림 23 태양전지 보간형 모델의 V-I곡선

3 부스트 컨버터 설계

3.1 기본동작원리

그림 3.1은 부스트 컨버터의 회로도를 나타낸 그림이다.

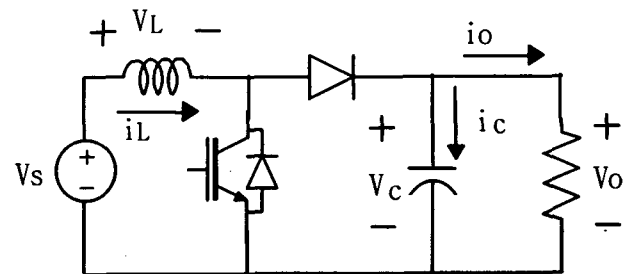


그림 3.1 부스트 컨버터 회로도

그림 3.2는 main 스위치가 turn-on 되었을때 나타낸 그림이고, 그림 3.3은 main 스위치가 turn-off 되었을때 나타낸 그림이다.

$$V_s = V_L, I_s = I_L, V_c = V_o, I_c = -\frac{V_o}{R} \quad (3.1)$$

$$V_s = V_L + V_o, I_s = I_L = I_c + I_o \quad (3.2)$$

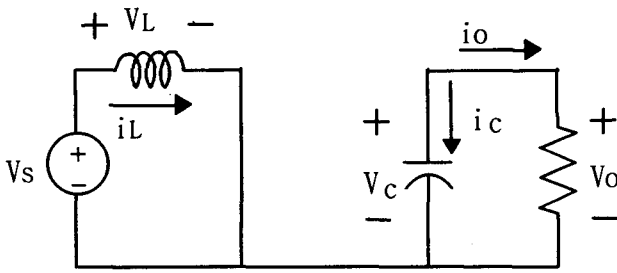


그림 3.2 스위치 on시 동작회로

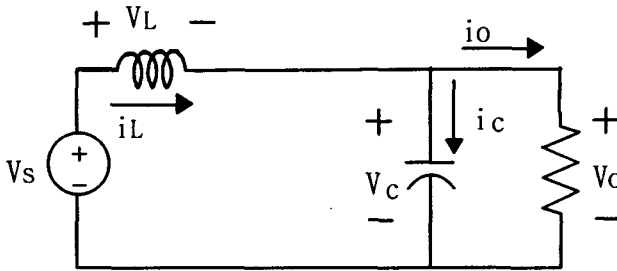


그림 3.3 스위치 off시 동작회로

그림 3.2와 3.3에서 얻은 관계식 3.1, 3.2을 종합하여 평균치 정리를 이용하면 아래와 같은 일반식을 얻을 수 있다.

$$V_s \cdot T_{on} + (V_s - V_o) \cdot T_{off} = 0 \quad (3.3)$$

$$-I_o \cdot T_{on} + (I_L - I_o) \cdot T_{off} = 0 \quad (3.4)$$

$$M(D) = \frac{V_o}{V_s} = \frac{T_s}{T_s - T_{on}} = \frac{1}{1 - D} \quad (3.5)$$

$$\frac{I_o}{I_L} = \frac{V_s}{V_o} = 1 - D \quad (3.6)$$

3.2 파라미터 선정

부스트 컨버터 파라미터 선정시 중요한 사항은 최대출력점에서 동작할 수 있도록 설계하는 것이고, 또한 부하측에서 요구되는 전압을 모두 가능하게 하고, 입력측에서 들어오는 전압의 파형을 평활하게 해주기 위해서 커패시터를 달아주는 것이다.

$$\frac{I_o}{I_L} = \frac{V_s}{V_o} = 1 - D \quad (3.7)$$

$$\frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{I_o}{1 - D} \quad (3.8)$$

$$I_2 - I_1 = \frac{V_s}{L} \cdot T_{on} \quad (3.9)$$

$$I_o = \frac{V_s - V_o}{2L} \cdot T_{on} \quad (3.10)$$

$$V_{RR} = I_2 \cdot R_{ESR}, V_{RC} = \frac{I_o \cdot T_{on}}{C} \quad (3.11)$$

위의 식을 이용하여 파라미터를 아래의 표1과 같이 선정하였다.

표 1 파라미터 선정값

전원전압 (1차측)	312 [V]
출력전압 (2차측)	466 [V]
입력단 커패시터	1000 [μF]
인덕터	2.5 [mH]
출력단 커패시터	8500 [μF]
전압 리플률	5[%]
효율	90[%]
듀티비(D)	0.33
주파수	40000[Hz]

4. 시뮬레이션

시뮬레이션은 전력전자 전용틀인 PSIM을 사용하였고, 파라미터 산정치는 표1과 같고, 앞쪽에는 부스트 컨버터를 연결하고, 뒤쪽에는 PI제어기와 보간형 태양전지 모델링을 연결하여 회로도를 작성하였다. 제어기에는 전압제어기, 전류제어기가 있는데, 빠른 응답특성을 얻기위해서 전압제어 루프안에 전류제어기를 첨가하여 시뮬레이션을 하였다. 그림 4.1은 전압 전류 제어기에 대해서 간단한 블록다이어그램을 나타낸것이다.

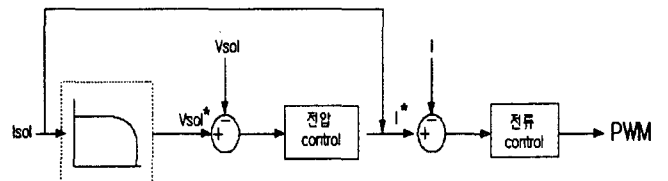


그림 4.1 제어기 블록다이어그램

그림 4.2는 위 논문에서 시뮬레이션을 위해 사용된 전체 회로도이고, 그림 4.3은 일사량 100[mW/cm²], 온도 25[°C]인 조건에서 부하가 39.7[Ω]인 최대전력전달점에서의 부스트 출력전압과 부하측에 인가된 전압과 전류

