

## 태양전지 가상구현 시스템(50W)의 병렬연결 출력특성에 대한 분석

이병인, 정병환, 전윤석, 최규하  
건국대학교 전기공학과

### Analysis of Parallel Characteristics for Virtual Implementation of 50[W] Solar Cell modules

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

**Abstract** - Generally, photovoltaic system is composed a number of solar cells array. so, virtual implementation module for solar cell array is needed parallel connection each module for extract the power. A desirable characteristic of a parallel supply system is that individual converters share the load current equally and stably. The current sharing(CS) can be implemented using two approaches. The first one, known as a droop method, relies on the high output impedance of each converter. and The second approach, known as active current-sharing techniques. In this paper, analyze for better control logic of parallel connecting virtual implements of solar cell at using droop method.

### 1. 서 론

태양광발전 시스템은 용량에 따라 모듈을 직·병렬로 연결하여 원하는 출력을 발전할 수 있다. 하지만 태양광발전에 관련된 연구를 수행하는데 있어 태양전지의 설치를 위한 넓은 공간이 요구되며 이율리 태양광발전의 특성이 일사량과 온도 변화에 따라서 크게 변화되므로 동일조건으로의 재현 또는 재실험이 불가능하다. 그러므로 태양광발전 시스템을 가상 구현 할 수 있는 장치가 있다면 이러한 문제점은 해결 할 수 있을 것이다. 또한 태양전지 어레이는 용량 확대를 위하여 50[W]급 태양전지를 직렬 또는 병렬로 연결하여 사용한다. 따라서 태양전지 가상구현장치도 기본 컨버터를 50[W]에 맞게 설계하고 가상구현장치의 병렬 운전이 필요하게 되었다. 이때 병렬연결시 가장 중요한 점은 복수개의 컨버터가 똑같은 전류분담을 안정적으로 해야한다는 것이다. 전류분담에는 크게 두 가지 방법이 있는데 하나는 Droop method이며 다른 하나는 active current-sharing method로 나눌 수 있다. 이 중 droop method는 컨버터제어 회로간 선로연결이 필요 없으며 구현과 확장이 용이하다는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 Droop method를 사용하여 태양전지 가상구현장치를 병렬연결 하였을시 컨버터의 출력제어를 위한 가장 적합한 제어방법에 대하여 고찰하였다.

### 2. 태양전지의 특성 및 모델링

태양전지의 발전 특성은 여러 가지 환경적 요소중에서 특히 셀의 온도와 일사량에 가장 의존적이다. 태양전지의 온도 및 일사량에 따른 특성을 그림 1과 그림 2에

나타내었다. 그림 1은 일사량에 따른 태양전지의 출력의 변화를 보여주고 있으며 그림 2는 온도에 따른 개방전압의 변화추이를 보여준다. 일사량의 변화시 태양전지의 개방전압은 큰 변동이 없는 반면 출력전류가 크게 변화하고 있고, 셀의 온도 변화시는 개방전압이 크게 변화되고 있음을 알 수 있다.

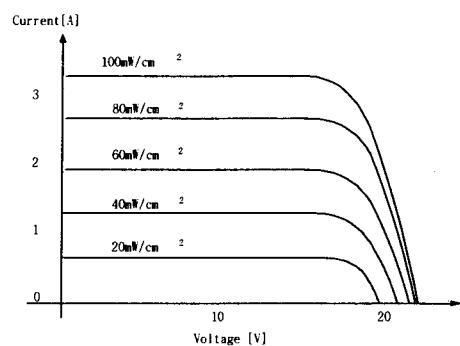


그림 1 태양전지의 일사량에 따른 출력특성  
Fig. 1 Output characteristics with varying insolation level.

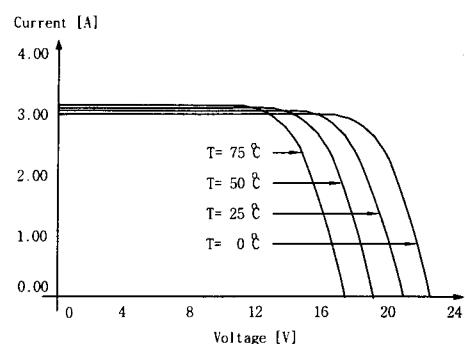


그림 2 태양전지의 온도에 따른 출력특성  
Fig. 2 Output characteristics with varying cell temperature.

태양전지를 가장 손쉽게 수학적으로 모델링하는 방법으로서 태양전지의 개방전압과 단락전류, 최대 전력점을 실측하여 모델링하는 방법이다. 몇 개의 샘플된 데이터를 보간법에 의해 가장 근사한 출력특성을 갖도록 설정하여 태양전지의 모델로 쓰게 되는데 여기에는 온도 및 일사량 변화에 따라 출력특성을 변화시킬 수 없다는 문제점이 있지만, 간단하게 근사한 모델을 구할 수 있다는 장점도 있다. 식 (1),(2),(3)은 보간형 모델링 방정식이다.

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

$$V_{mp} = V_{oc} \sqrt[m]{\frac{n}{n+m}} \quad (2)$$

$$I_{mp} = I_{sc} \sqrt[n]{\frac{m}{n+m}} \quad (3)$$

여기서,  $V_{cell}, I_{cell}$  : 태양전지의 출력전압 및 전류  
 $V_{mp}, I_{mp}$  : 최대 전력점의 전압 및 전류  
 $V_{oc}, I_{sc}$  : 태양전지의 개방전압 및 단락전류  
 $m, n$  : 전압상수 및 전류상수

### 3. 태양전지 가상구현장치의 구성

태양전지 단위 셀의 구현을 위한 컨버터는 태양전지 단위 셀의 출력 범위(전압 0~25[V], 전류 0~3.5[A])에서 제어가 가능한 Buck 컨버터를 선택하였다. 그림 3은 Buck 컨버터의 회로도이다. 삼성 전자의 SM-50을 기본 모델로 하였고, SM-50의 사양은 표 1과 같다. 가상 구현을 위한 컨버터의 정격은 표 2와 같이 설계하였다.

표 1 SM-50 사양

Table 1 SM-50 specification.

최대 출력	: 50 W
최대 출력 전압	: 17.1 V
최대 출력 전류	: 2.92 A
단락 전류	: 3.17 A
개방 전압	: 21.1 V

표 2 Buck 컨버터 정격

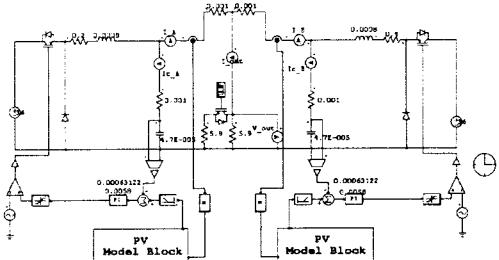
Table 2 Buck converter parameter.

항 목	설계값	단위
입력 전압	36	[V]
정격 용량	50	[W]
스위칭 주파수	40	[kHz]
인덕턴스	0.8	[mH]
커패시턴스	47	[μF]
전압 리플	5	%
전류 리플	5	%

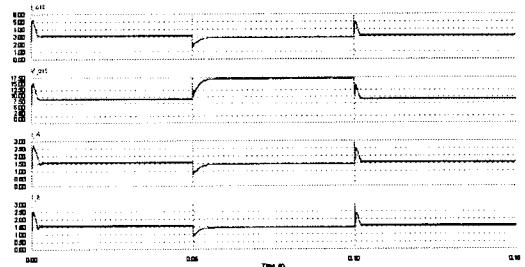
### 4. 시뮬레이션

시뮬레이션은 전력전자 전용툴인 PSIM을 사용하였으며 태양전지 가상구현장치의 병렬연결시 특성을 구하기 위해서 컨버터간 회로연결이 필요없고 구현과 확장이 간단한 Droop method를 사용하였다. 또한 부하에 같은 전류분담을 하기 위하여 buck컨버터출력을 전압제어기, 전류제어기, 전압-전류제어기를 사용했을시 각각의 출력특성을 알아보았다. 이때 전류 및 전압의 응답특성 및 전류분담 특성을 알아보기 위해 부하에 변동을 주었으며, 태양전지 모델링으로는 구현이 쉬운 보간형을 사용하였으며, 이를 PV Model화 하여 컨버터의 출력을 제어하였다. 병렬연결시 두개의 태양전지 가상구현장치가 동일하지 않을 수 있으므로 내부저항등의 값에 차이를 주었다. 그림 3.4.5은 각각 다른 제어기를 사용하여 병렬연결을 했을시의 회로도와 부하의 변동시의 과정(출력

전류, 출력전압, 컨버터A와B의 출력전류)을 보여준다. 그림 6.7.8은 부하증가시 각각의 제어기의 응답속도를 나타낸다.

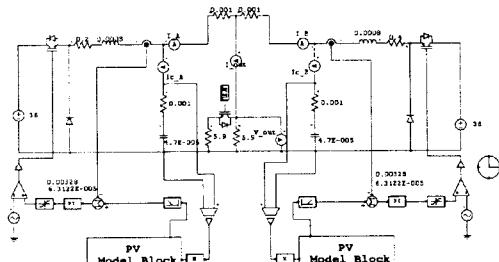


(a) 전류제어기를 사용한 병렬연결 회로도  
(a) Parallel connection with current controller.

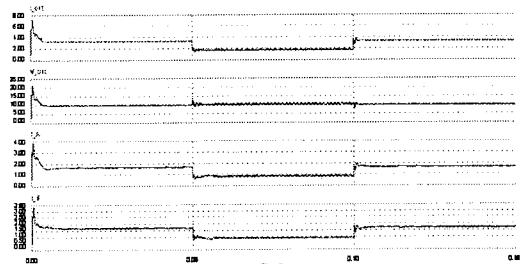


(b) 전류제어를 사용한 병렬연결 각부파형  
(b) When current controlled parallel connection.

그림 3 전류제어기를 사용한 병렬연결 회로도와 파형  
Fig. 3 Circuit and Wave forms at current controller.

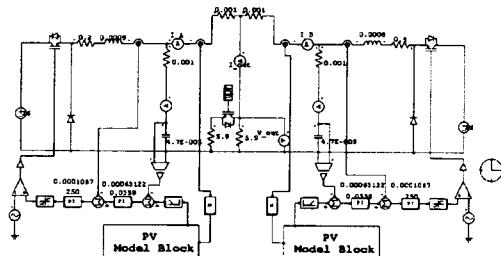


(a) 전압제어기를 사용한 병렬연결 회로도  
(a) Parallel connection with voltage controller.

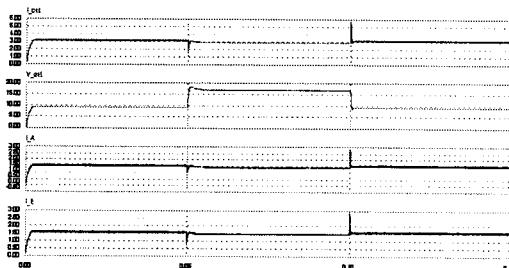


(b) 전압제어기를 사용한 병렬연결 각부파형  
(b) When voltage-controlled parallel connection.

그림 4 전압제어기를 사용한 병렬연결 회로도와 파형  
Fig. 4 Circuit and Wave forms at voltage controller.



(a) 전압-전류제어기를 사용한 병렬연결 회로도  
(a) Parallel connection with voltage-current controller.



(b) 전압-전류제어기를 사용한 병렬연결시 각부파형  
(b) When voltage-current controlled parallel connection.

그림 6 전압-전류제어기를 사용한 병렬연결 회로도와 파형  
Fig 6 Circuit and Wave forms at voltage-current controller.

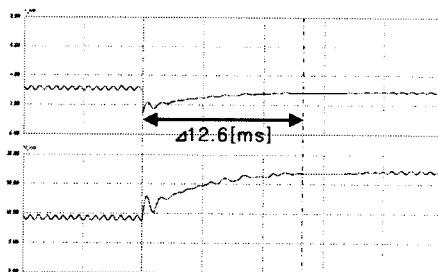


그림 7 부하변동시 전류제어기의 응답속도  
Fig 7 Response time of current controller.

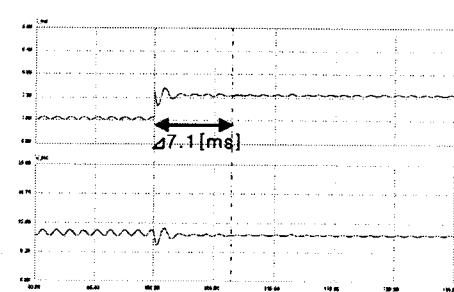


그림 8 부하변동시 전압제어기의 응답속도  
Fig 8 Response time of voltage controller.

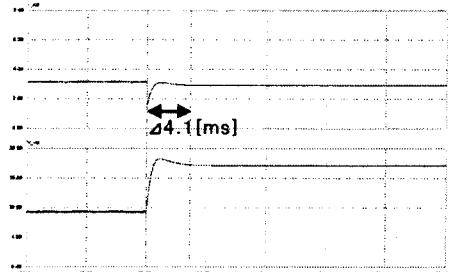


그림 9 부하변동시 전압전류제어기의 응답속도  
Fig 9 Response time of voltage-current controller.

## 5. 결 론

Droop method를 사용한 태양전지 출력특성 가상구현장치의 병렬연결시 전압, 전류, 전압-전류제어방법을 사용하여 시뮬레이션하였다. 3가지의 제어방식 모두 전류분담을 잘 제어하고 있으며 결과적으로는 전압-전류제어기의 응답속도가 젤 뛰어나며 오버슈트특성 또한 전압, 전류제어기에 비해 뛰어난 것을 알 수 있었다. 향후에는 Droop method와 전압-전류제어기를 사용한 50[w]태양전지 모듈의 병렬연결 실험 및 두개이상의 병렬연결 특성에 대한 실험이 필요하다 하겠다.

이 논문은 산학 협동 재단 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## (참 고 문 헌)

- [1] Y. Iida, Y. Fuchikami, and Y. Neba, "Analysis of step-up chopper circuit with photovoltaic arrays", IEEE Japan Annual Meeting, Vo: 4, No 841, pp. 4/180, 1998.
- [2] 고재석, "PWM 컨버터-인버터 시스템의 제어기 최적설계" 전국대학교 공학박사 학위논문, 2001.
- [3] 김홍성, "3상 계통연계형 태양광 발전시스템의 제어기설계" 전국대학교 공학박사 학위논문, 1988.
- [4] 이상용, "계통연계형 태양광 발전시스템을 위한 새로운 최대전력점 추적 알고리즘", 전국대학교 공학석사 학위논문, 2000.
- [5] Shiguo Luo "A Classification and Evaluation of Paralleling Methods for Power Supply Modules", I EEE, PP 901-908, 1999.