

Droop Method를 이용한 50[W]급 태양전지 가상구현장치의 다중병렬연결 출력특성에 관한 연구

이병인, 이상용, 정병환, 최규하
건국대학교 전기공학과

A study of Multiple parallel Characteristics of 50[W] Virtual Implement of 50[W]Solar Cell modules Using Droop-Method

Byung-In Lee, Sang-Yong Lee, Byung-Hwan Jung, Gyu-Ha Choe
Dept. of Electrical Engineering Konkuk University

ABSTRACT

For increasing power of photovoltaic systems, serial and parallel connection needed. In parallel connection, a desirable characteristic of parallel-connected 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, and the other is Active current-sharing. In Droop method, current distribution characteristics relies on the high output impedance of each converter. This scheme is more simple and no need interconnections. but also has a disadvantages of degrading current sharing characteristics. In this paper, using droop method at multiful-parallel connection with it's convenience and simplicity.

1. 서 론

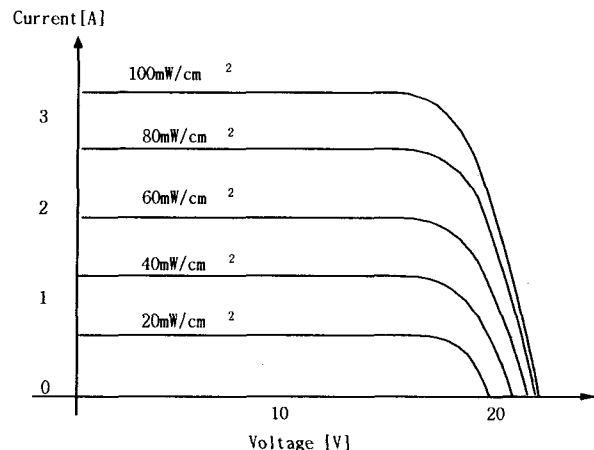
태양광발전시스템은 용량증대를 위하여 복수개의 태양전지의 조합으로 이루어진다. 실제의 태양광시스템을 연구함에 있어 태양전지 출력특성 가상구현장치를 연구자가 원하는 출력 및 용량을 선정하여 연구할 수 있다면 태양전지에 대한 연구에 큰 도움이 될 것이다. 이에 태양전지 출력특성 가상구현장치 또한 태양광발전시스템처럼 직·병렬 연결을 통한 용량증대 및 이때의 출력특성에 대한 연구가 필요하게 되었다. 이때 병렬연결시 가장 중요한 점은 복수개의 컨버터가 똑같은 전류분담을 안정적으로 해야한다는 것이다. 전류분담에는 크게 두 가지 방법이 있는데 하나는 Droop method이며 다른 하나는 Active current-sharing method로 나눌 수 있다. Active current-sharing 방법은 전류분담이 용

이하며 안정성이 있으나 모듈간의 연결선의 복잡함과 그에 따른 노이즈등의 문제들이 있다. Droop method는 컨버터제어 회로간 선로연결이 필요 없으며 구현과 확장이 용이하다는 장점이 있다. 이에 본 논문에서는 Droop method를 사용하여 복수개의 가상구현장치를 병렬연결하였을때의 출력특성에 대하여 분석하였다.

2. 태양전지의 특성 및 가상구현장치의 구성

2.1 태양전지의 특성

태양전지의 출력은 환경의 영향을 많이 받으며 특히 그중 온도 및 일사량의 변화에 매우 의존적이다. 태양전지의 온도 및 일사량에 따른 특성을 그림 1에 나타내었다. 그림 1.(a)는 일사량에 따른 태양전지의 출력의 변화를 보여주고 있으며 그림 1.(b)는 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.



(a) 일사량에 따른 출력특성

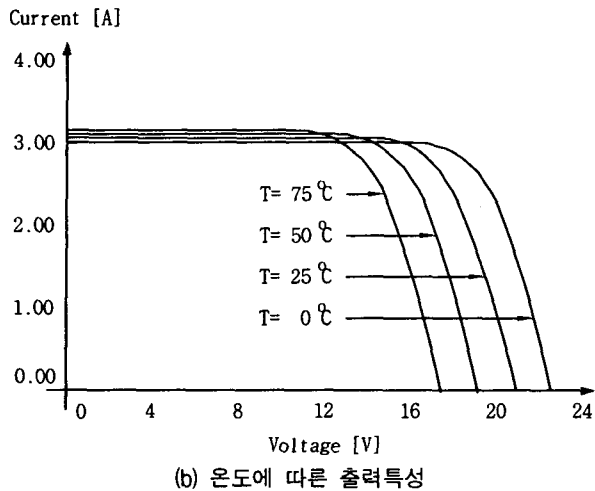


그림 1 일사량 및 온도에 따른 태양전지 출력특성
Fig. 1 Output characteristics with varying insolation and temperature.

2.2 태양전지 가상구현장치의 구성

태양전지 단위 셀의 출력을 구현하기 위한 장치로서 태양전지의 출력을 구현할 수 있는 출력범위(전압 0~30[V], 전류 0~3.5[A])를 갖는 Buck 컨버터를 설계하였으며 제어기는 전압제어기를, 프로세서로는 DSP를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 태양전지 단위 셀은 삼성전자에서 생산하는 SM-50 태양전지 셀을 기준으로 모델링 하였으며, 태양전지 출력특성 가상구현을 위한 Buck 컨버터의 사양은 표 1와 같다.

표 1 Buck 컨버터 정격
Table 1 Buck converter parameter.

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

3. Droop Method를 이용한 병렬연결

Droop Method는 병렬연결기법 중에서도 가장 일반적으로 사용되는 방법으로서 구현이 쉬우며 병렬연결된 모듈간의 제어선 연결이 필요없다. 하지만 이 기법의 단점으로는 병렬연결 회로상 Open-loop라는 점 때문에 Active current sharing에 비하여 정확한 전류분담 제어가 힘들다는 점이다. 따라서 Droop method를 사용한 병렬연결시 출력전압의 설정치가 정확해야 정확한 전류분담이 가능하며

이것은 각 컨버터의 출력전압을 정확하게 제어해야 한다는 것이다. 이에 몇가지 방법들이 있는데, 부하 저항의 Droop 특성을 이용하는 방법, 직렬저항삽입 등을 통한 출력전압 제어, 전류 피드백 제어를 통한 방식 등이 있다. 하지만 저항삽입등을 사용한 출력전압 제어를 할 시, 손실에 대한 문제가 있기 때문에 큰 부하전류를 사용하는 시스템에서는 구현에 어려움이 있다. 그림 2는 3대의 컨버터를 병렬 연결할때의 간략한 블록선도이며 그림 3은 이때의 부하변동에 따른 특성, 그림 4는 병렬연결 회로도를 보여주고 있다. 각 컨버터의 출력전압 설정치의 차이가 클수록 컨버터간의 출력전류의 차는 커진다. 이와 반대로 차이가 작아질시 출력전류의 차는 작아지며 일치할 경우 컨버터들의 출력전류는 같아진다.

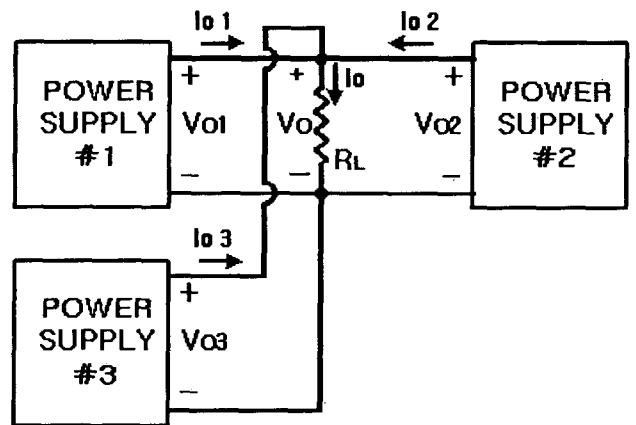


그림 2 Droop method를 이용한 병렬연결 블록선도
Fig. 2 block diagram of parallel connection using Droop method.

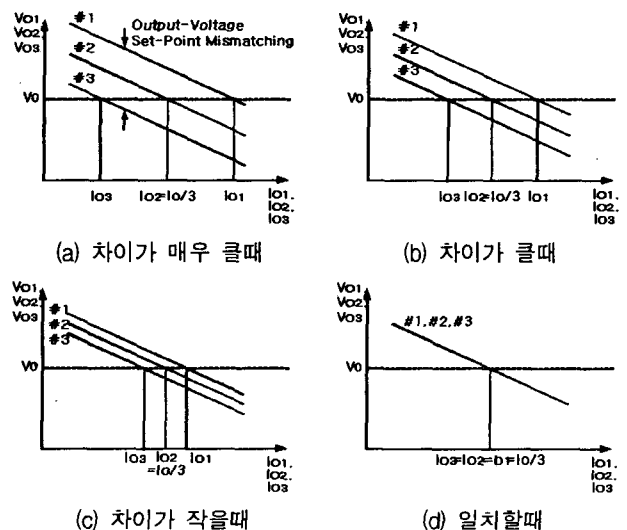


그림 3. 출력전압 설정치의 차이에 따른 부하변동특성
Fig. 3 Load regulation characteristics according to output-voltage set-point mismatching.

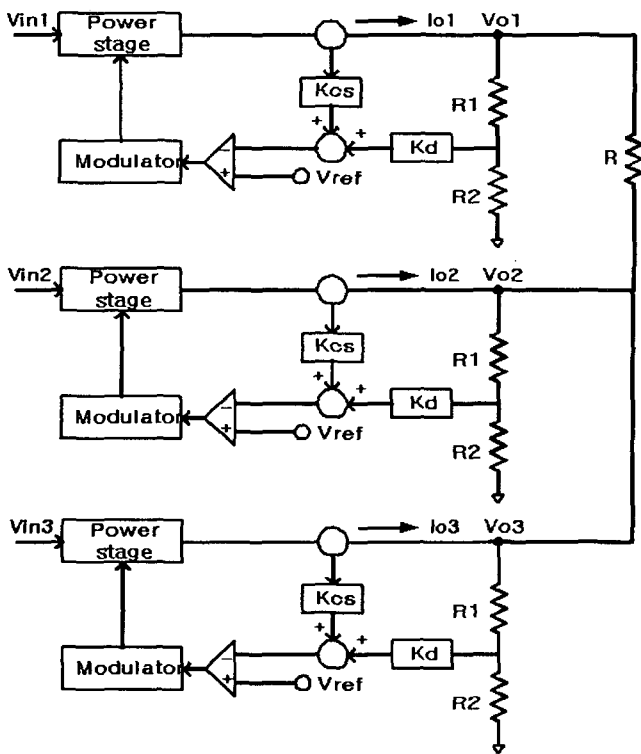


그림 4. Droop method를 이용한 가상구현장치 병렬연결 회로도
Fig. 4 Circuit of parallel connection using Droop method.

4. 시뮬레이션 및 실험

시뮬레이션은 전력전자 전용틀인 PSIM을 사용하였으며, 병렬연결 기법으로는 Droop method를 사용하였다. 태양전지 모델링 방법으로는 보간형을 사용하였고, 제어기는 전압제어기를 사용하였으며, 3대의 태양전지 가상구현장치를 병렬연결 했을시의 특성을 시뮬레이션 하였다. 표 2는 그때의 최대전력점에서의 전압 및 전류, 개방전압, 단락전류, 최대전력점에서의 부하를 보여주며 실제로 같은 설계의 컨버터 사이에도 다소의 출력차가 생긴다는 가정하에 이를 시뮬레이션 하기위해 내부저항 등에 차이를 주었으며, 출력전압 및 출력전류등의 파형을 그림 5에 나타내었다. 그림 6은 3개의 병렬연결 운전 실험시의 출력전압, 출력전류 및 각 컨버터의 출력전류의 파형을 보여주고 있다.

표 2. 병렬운전시의 정격

Fig. 2 Specification of parallel connection.

개방전압(V_{oc})	21.1[V]
단락전류(I_{sc})	9.51[A]
최대전력점에서의 출력전압(V_{mp})	17.1[V]
최대전력점에서의 출력전류(I_{mp})	8.76[A]
최대전력점에서의 부하(Ω)	1.95[Ω]

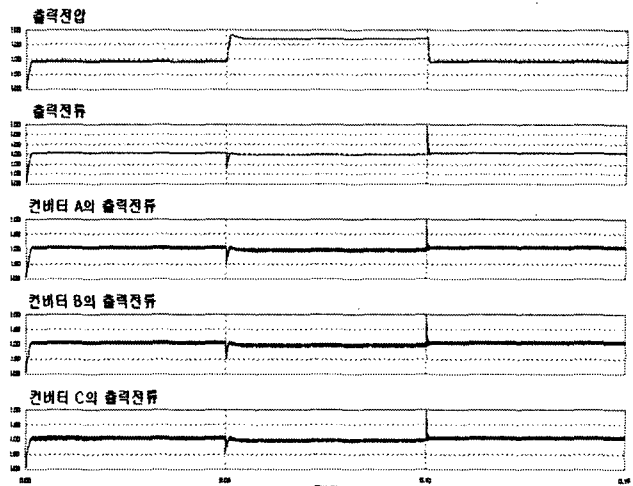
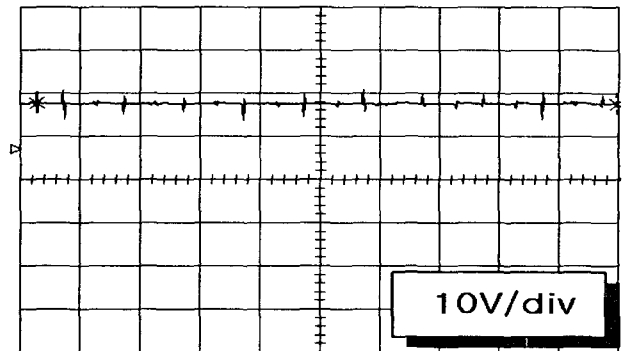
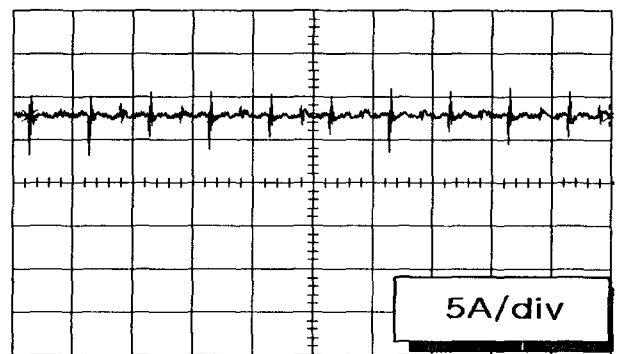


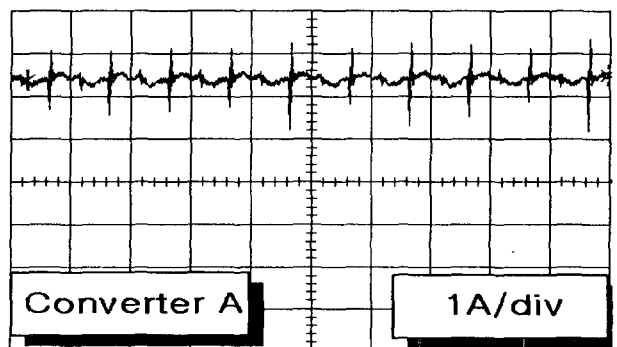
그림 5 출력전압,전류 및 각 컨버터의 출력전류파형
Fig. 5 Waveform of output voltage and each currents



(a) 출력전압



(b) 출력전류



(c) 컨버터A의 출력전류

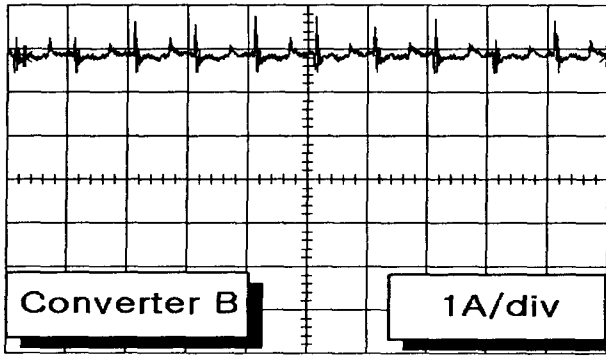
5. 결 론

본 논문에서는 Droop method를 이용한 태양전지 가상구현장치의 복수개의 병렬운전시 전류분담 특성을 시뮬레이션 및 실험을 통하여 확인하였다. 그 결과 같은 사양과 정격을 갖는 컨버터 간에서도 순환전류가 발생하였으나 그 값은 0.2[A] 이내로써 오차범위(5%)이내 임을 확인할 수 있었으며, 선로저항 등의 영향과 발열로 인한 저항값의 상승등이 최대전력점에서의 부하(2[Ω])에 영향을 주어 다소의 오차가 발생하였다. 이에 추후로는 순환전류를 최대한으로 줄이는 한편, 노이즈 저감 및 태양전지 가상구현장치의 직렬연결운전등의 연구가 이루어져야 하겠다.

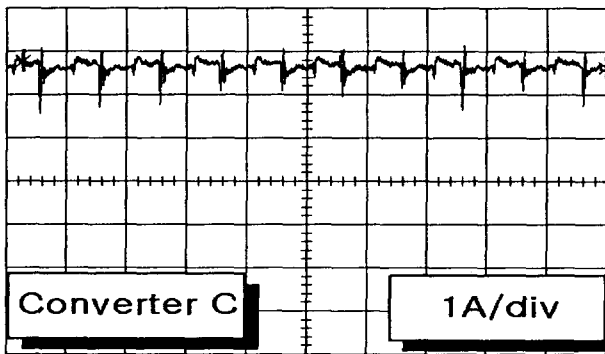
이 논문은 산학 협동 재단 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] Shiguo Luo "A Classification and Evaluation of Paralleling Methods for Power Supply Modules", IEEE, pp. 901-908, 1999.
- [2] Y.Panov "Analysis and Design of N Paralleled DC-DC Converters with Master-Slave Current-Sharing Control", IEEE, pp. 436-442, 1997
- [3] B.H.Cho "A Novel Droop Method for the Converter Parallel Operation", IEEE, pp. 959-964, 2001.
- [4] Joe Banda "Current Distribution for Parallel-Connected DC Power Sources Without Remote Sensing", IEEE, pp. 196-203, 1994.
- [5] 고재석, "PWM 컨버터-인버터 시스템의 제어기 최적설계" 건국대학교 공학박사 학위논문, 2001.
- [6] Brian T.Irving "Analysis, Design, and Performance Evaluation of Droop Current-Sharing Method" IEEE, pp. 235-241, 2000.



(d) 컨버터B의 출력전류



(e) 컨버터C의 출력전류

그림 6. 출력전압 및 전류, 각 컨버터의 출력전류 파형
Fig. 6 Wave form of output voltage and current and output current of each converters.

표 3. 각 출력들의 평균값
Fig. 3 Average value of each outputs.

출력전압	17.64 [V]
출력전류	7.88 [A]
출력전류(컨버터 A)	2.42 [A]
출력전류(컨버터 B)	2.8 [A]
출력전류(컨버터 C)	2.67 [A]

위의 실험결과를 정리하면 표 3과 같으며, 이 결과로부터 각 컨버터의 출력전류들의 합이 전체의 출력전류와 같음을 확인할 수 있다. 3대의 컨버터에서의 출력전류의 합이 출력전류와 같다는 것을 확인할 수 있었지만 같은 설계임에도 불구하고 각각의 컨버터간에 출력차가 생겼으며, 0.2[A] 이내에서 순환전류가 발생함을 확인할 수 있었다. 또한 시뮬레이션 결과와의 차이가 나는 이유로는 부하(2[Ω])의 발열과 선로저항등의 영향으로 인한 저항값 상승으로 인해 최대전력점에서부터 벗어나 약간 과부하되면서 다소 출력전압이 상승하였고 출력전류가 감소하였음을 확인할 수 있었다.