모듈형 전력변환장치의 전력균등화 기법에 따른 특성 변화의 고찰

김민아[1], 박화평[2]
국립한밭대학교[1], 금오공과대학교[2]

Characteristic Analysis of Modular Power Conversion Systems according to Power Balancing Methods

Mina Kim[1], Hwa-Pyeong Park[2]
Hanbat National University[1], Kumoh National Institute of Technology[2]

ABSTRACT

모듈형 전력변환장치는 장치 간 부담하는 전력을 균등화하기 위해 전력 균등화 알고리즘을 사용한다. 하지만 전력 균등화 알고리즘에 따라 모듈형 전력변환장치 및 시스템의 특성과 복잡도, 비용 효율성이 달라지므로 이에 대한 고찰이 필요하다. 본 논문에서는 입력-직렬-출력-병렬형 모듈러 전력변환장치를 예시로 전력 균등화 기법에 따른 시스템의 특성과 동작 변화를 확인한다.

1. 서 론

모듈형 전력변환장치는 단일 장치에 인가되는 전압 또는 전류 스트레스를 낮출 수 있어 고전압, 고전류, 고전력 응용분야에 널리 사용된다. 하지만 전력변환기 간 전력 부담을 균등화하여 전압 또는 전류 스트레스를 조절하고 노후화 정도를 분배하기 위해 전력 균등화 알고리즘이 추가적으로 필요하다. 기존 연구에 따르면 다양한 모듈형 전력변환장치를 위한 전력 균등화 알고리즘이 제안되었다. 전력 균등화 기법에 따라 모듈형 전력변환장치 및 시스템의 동적 성능, 전압 및 전류 스트레스, 시스템 복잡도, 비용효율성 등이 달라지므로 이에 대한 고찰이 필요하다. 본 논문에서는 입력-직렬-출력-병렬형 모듈형 전력변환장치를 이용하여 전력 균등화 기법에 따른 시스템의 동작 변화를 고찰하고자 한다.

2. 본 론

2.1 모듈형 전력변환장치를 위한 전력 균등화 기법

그림 1은 입력-직렬-출력-병렬형 모듈형 전력변환장치의 구성도를 나타낸다. 이상적으로는 전력변환장치 간 모두 같은 변수를 공유하므로 임피던스가 동일하여 입력 전압이 균등화되며 출력 전력 또한 균등하게 배분된다. 하지만 실제 전력변환장치 간 발생하는 편차로 인해 입력 전압과 출력 전력에 편차가 발생하게 되므로 이를 고르게 분산하기 위한 전력 균등화 알고리즘을 사용한다.

그림 2는 모듈형 전력변환장치의 전력 균등화 알고리즘을 나타낸다. 입력-직렬-출력-병렬 모듈형 전력변환장치의 경우 출력 전압을 일정하게 제어하는 동시에, 전력 균등화 알고리즘을 이용하여 입력 임피던스를 제어함으로서 입력 전압과 출력 전력을 균등화한다. 그림 2 (a)에 나타낸 Master-slave 기법은

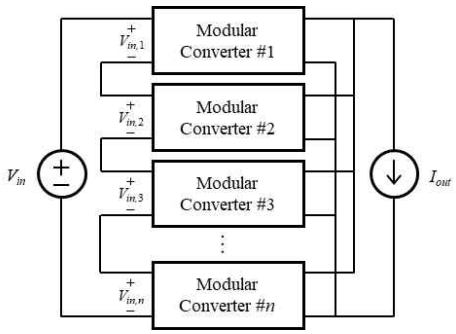


그림 1 입력-직렬-출력-병렬 모듈형 전력변환장치
Fig. 1 Input-Series-Output-Parallel Modular Converter

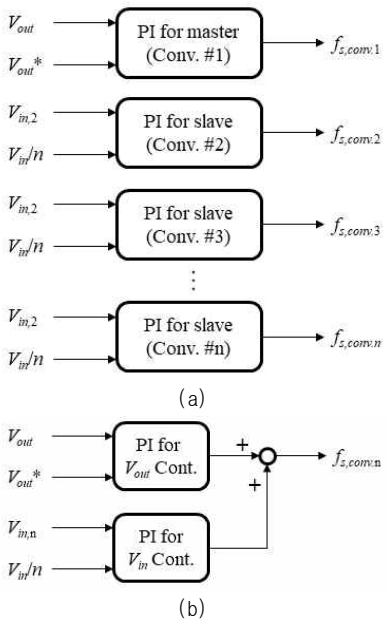


그림 2 전력균등화 알고리즘: (a) Master-Slave 알고리즘, (b) Decouple 알고리즘
Fig. 2 Power Balancing Algorithm: (a) Master-Slave Algorithm: (b) Decouple Algorithm:

Master 컨버터가 출력 전압을 주요하게 제어하고 Master 컨버터를 제외한 Slave 컨버터는 입력 전압을 제어하여 균등화한다. 그림 2 (b)에 나타낸 Decouple 알고리즘은 모든 전력변환장치가 동일한 제어 루프를 가지며 모든 컨버터가 출력 전압 제어와 입력전압 균등화 제어에 참여한다.[1]

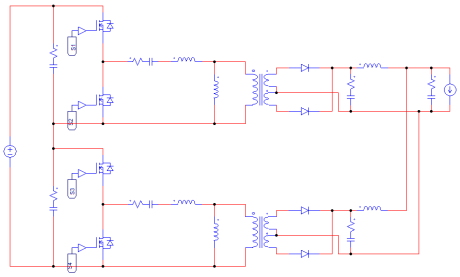
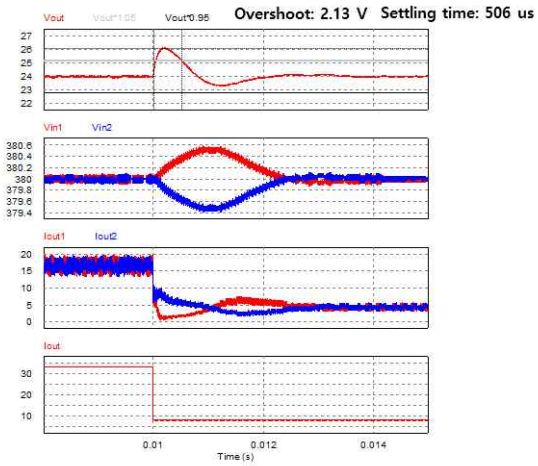
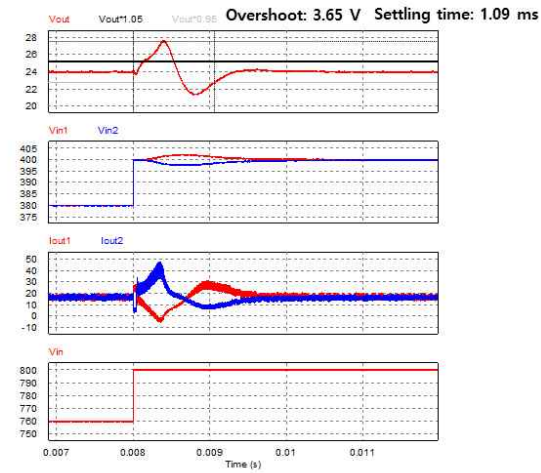


그림 3 LLC 공진형 컨버터를 이용한 모듈형 전력변환장치 시뮬레이션 구성도

Fig. 3 Modular Converter Simulation Scheme using LLC Resonant Converters



(a)



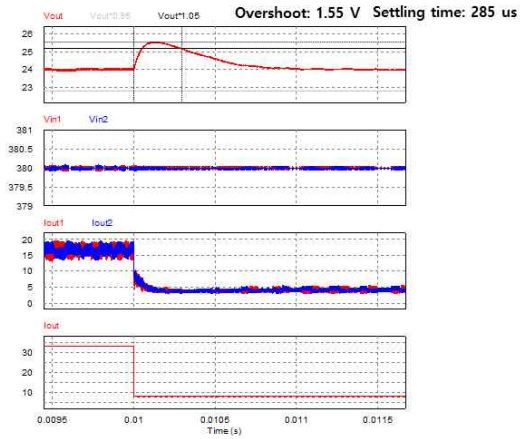
(b)

그림 4 Master-Slave 알고리즘: (a) 부하 급변, (b) 입력 전압 변동

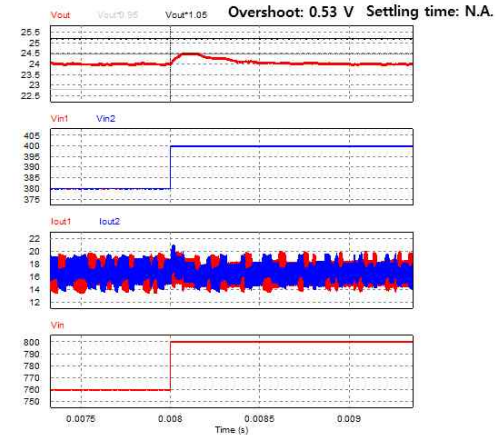
Fig. 4 Master-Slave Algorithm: (a) Step load, (b) Input Variation

2.2 모듈형 전력변환장치의 동적 성능 시뮬레이션

그림 3은 전력 균등화 알고리즘에 따른 모듈형 전력변환장치의 동적 성능을 비교하기 위한 시뮬레이션 구성도를 나타낸다. 본 논문에서는 개별 전력변환장치를 LLC 공진형 컨버터로 가정하였다. 그림 4는 Master-slave 제어 기법을 이용한 전력 균등화 알고리즘의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 부하 변동과 입력 전압 변동 시 높은 overshoot 전압과 긴 settling time을 가진다.



(a)



(b)

그림 5 Decouple 알고리즘: (a) 부하 급변, (b) 입력 전압 변동

Fig. 5 Decouple Algorithm: (a) Step load, (b) Input Variation

그림 5는 decouple 제어 기법을 이용한 입력전압 균등화 알고리즘의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 모든 전력변환장치가 출력 전압 제어 및 입력전압 균등화에 참여하여 부하 변동과 입력전압 변동 시 낮은 overshoot 전압과 짧은 settling time을 가진다.

3. 결 론

본 논문에서는 모듈형 전력변환장치의 전력 균등화 기법에 따른 특성 변화를 검토하였다. 모듈형 전력변환장치 시뮬레이션 결과에 따르면 Master-Slave 기법에 비해 decouple 제어 사용 시 빠른 동특성 확보가 가능하다. 하지만 전력 균등화 기법에 필요한 센서의 개수, 비용 효율성, 구현 복잡성을 고려하여 전력 균등화 기법을 선택해야 한다.

참 고 문 헌

[1] W. Chen, X. Ruan, H. Yan and C. K. Tse, "DC/DC Conversion Systems Consisting of Multiple Converter Modules: Stability, Control, and Experimental Verifications," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 24, no. 6, pp. 1463-1474, June 2009.