

# 병렬 연결형 전력 컨버터의 부하 균등제어 방법

김찬인, 이찬교, 유효열, 조정구  
(주) 그린파워

## A Load Balancing Control Method For Parallel Connected Power Converter

Chan-in Kim, Chan-Kyo LEE, Hyo-Yol Yoo, Jung-Goo Cho  
Green Power Co.Ltd

### ABSTRACT

대용량 전력 컨버터 시스템의 경우 전력 컨버터의 출력을 공통으로 연결하여 병렬로 전력을 공급한다. 그런데 이러한 병렬 연결형 전력 컨버터 시스템에서 별도의 부하 균등 제어 방법을 사용하지 않을 경우 부하가 컨버터에 균등하게 분배되지 않기 때문에 많은 부하를 감당하는 컨버터의 경우 수명이 저하와 고장 또한 전체 시스템의 효율을 감소 시킨다. 때문에 보통의 병렬 연결 시스템의 경우 패시브한 방법으로 출력에 저항을 연결하여 저항 값을 조정하는 방법과 액티브한 방법으로 마스터와 슬레이브를 구별하여 마스터가 출력 전류를 균등하게 보장하는 방법이 있다. 그러나 패시브한 방법의 경우 전력손실이 발생하고 액티브한 방법의 경우 마스터와 슬레이브를 구별하여 생산하고 또한 마스터 고장의 경우 운영할 수 없게 된다. 본 논문에서는 전압센서의 게인을 기준 전압센서 값에 실시간으로 보정함으로써 적은 손실과 별도의 마스터 슬레이브의 구별없는 방법을 제안한다.

### 1. 서론

경전철 무선 급전 시스템의 경우 철도차량이 갖는 정시성과 안정성을 유지하면서 가선의 노출이 없어 유지보수에도 유리해 기존 시스템의 대안으로 주목 받고 있다. 이러한 철도용 무선 전력전송 시스템의 경우 각 차량에 집전 코일이 부착되게 되고 이를 제어하기 위한 대용량 컨버터가 병렬로 연결되게 된다. 이때 각각의 차량에 부착된 컨버터가 병렬로 연결되게 된다. 이때 별도의 부하 균등 제어 방법을 사용하지 않을 경우 부하가 균등하게 분배되지 않기 때문에 많은 부하를 감당하는 컨버터에서 회로 수명 감소와 시스템의 효율을 감소 시킨다. 때문에 컨버터 간의 부하 균등제어 방법은 반드시 필요하다. 한가지 방법은 패시브한 방법인데 이 경우 출력에 저항을 연결하는 방법인데 철도 차량의 경우 전력이 크기 때문에 큰 전력손실이 발생하게 된다. 또한 액티브한 방법의 경우 마스터와 슬레이브로 구분하여 마스터에서 전압제어를 하여 출력전류를 균등하게 만드는 경우 마스터와 슬레이브의 구별이 필요하여 제품 생산에 어려움을 갖게 된다. 또한 마스터가 고장날 경우 전체 시스템이 구동을 하지 않기 때문에 철도 차량에 필요한 제품의 안정성과 신뢰성이 보장되지 않는다. 때문에 철도차량에 전력 공급에 안정성과 신뢰성을 갖기 위해서는 마스터와 슬레이브에 구분이 없는 전력 손실이 없는 부하 균등 제어방법이 필요하다.

### 2. 부하 균등 제어

#### 2.1 기존의 부하 균등 제어 방법

기존의 부하 균등제어 방법의 경우 아래 그림 1과 같다.

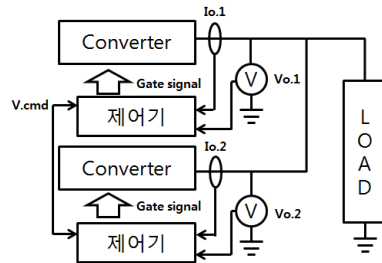


그림 1 기존의 부하 균등 제어방법

기존의 액티브 부하 균등 제어 방법의 경우 패시브 방법의 원리를 기초로한 드롭(drop)제어기법을 채용한 방법이다. 즉, 출력전류에 따라 일정비율로 출력전압을 낮춤으로써 출력전류를 균등하게 하는 방법이다. 그런데 드롭 제어기를 채용하는 경우 그림 2와 같이 드롭 보상 게인이 크면 클수록 부하의 편차는 줄어들지만 정상상태에서의 전압 오차가 커지는 문제가 있다.

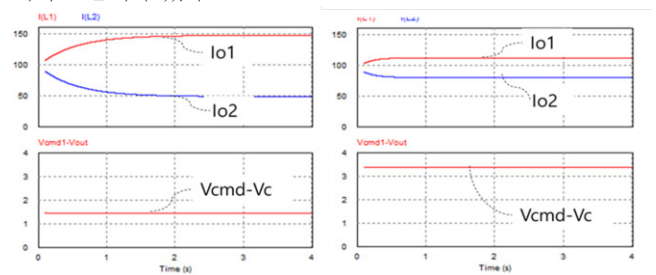


그림 2 드롭 게인에 따른 정상상태 오차

#### 2.2 제안된 부하 균등 제어 방법

그림 3은 제안된 균등 제어 방법이다. 제안된 균등 제어 방식의 경우 기준 전압센서값에서 전압센서의 오프셋 또는 게인을 실시간으로 보정함으로써 정상상태에서 복수의 전력 컨버터의 출력 전류를 균등하게 만드는 방식이다. 또한 출력 전류가 이미 균등해짐에 따라 드롭제어의 게인을 매우 작게 만들어 전압제어 오차도 줄일 수 있다. 제안된 부하 균등 제어방법의 제어 방법은 그림 4에 있다. 그림에서 보면 제어기는 기존의 부하 균등 제어방식에서 사용되는 드롭 보상제어기와 더불어 전압제어 오차를 보상하는 전압

보상부가 포함되어 있다.

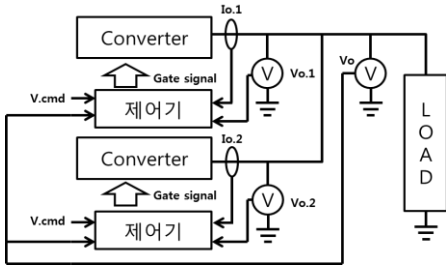


그림 3 제안된 부하 균등제어 구조

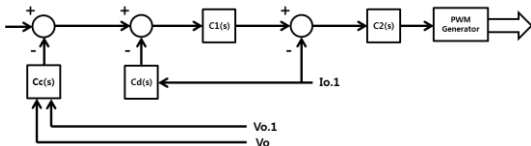


그림 4 제안된 제어 구조

제안된 제어 방법은 기존에 드롭 제어에서 발생한 문제점인 전압제어 오차를 개선하기 위하여 부하단의 전압과 출력전류를 기초로 컨버터의 출력전압을 보상하여 전압 제어를 최소화한다. 그림 5에서 보면 제안된 제어기로 병렬로 연결된 제어기가 부하를 균등하게 제어하는 모습을 확인할 수 있고 또한 전압 제어의 오차도 최소화된 것을 확인할 수 있었다.

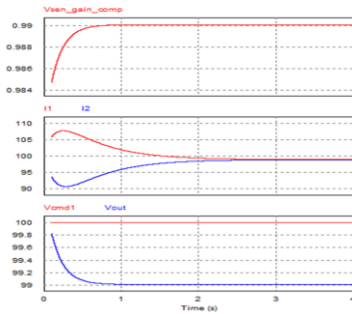


그림 5 제안된 제어 구조 시뮬레이션

### 3. 실험

시험은 그림 6과 같이 실제 경전철 실증 단지에서 1MW 인버터를 통하여 4개 병렬로 250kW 무선 집전 컨버터를 연결하여 실험을 진행하였다. 실험은 부하를 단계적으로 0~1MW로 변경하여 드롭제어를 전압제어 오차를 확인했다.

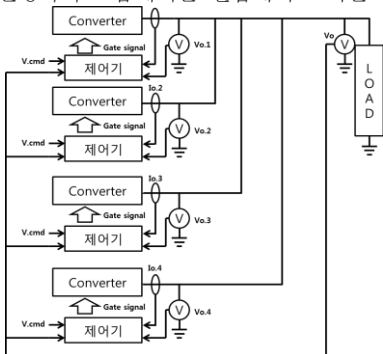


그림 5 실험 구성도

또한 각 컨버터의 부하가 균등하게 공급되는지를 확인하였다. 그림 7은 출력 전압 파형으로 부하가 변동함에 따라 전압의

강하를 확인하였다. 그림 8은 각 컨버터의 부하 전류를 확인함을 통하여 제안된 제어방식이 부하 균등과 작은 전압 오차를 발생시키는 것을 확인하였다.

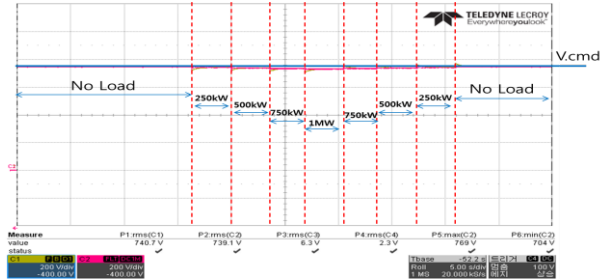


그림 7 시험 파형

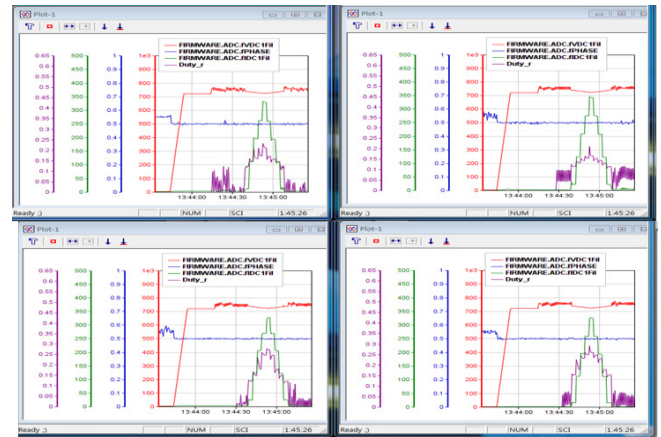


그림 8 출력 전류 파형

### 4. 결론

본 논문에서는 대용량 병렬 연결 시스템에서 부하 균등제어 방식을 제안하고 제안한 방법으로 실제 철도 시스템에서 시험하여 검증하였다. 대용량 무선급전을 효율적으로 운전하기 위해서는 컨버터 제어 방법에 관한 연구가 지속적으로 필요하다.

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원 (16RTRP-B097048-02)에 의해 수행되었습니다.

### 참고 문헌

[1] Jung-Won Kim, " Improved Droop Method for Converter Parallel Operation in Large-Screen LCD TV Applications", Journal of Power Electronic, Vol. 14, No. 1, pp. 22-29, 2014, January.  
 [2] 조정구, "Wireless EV Charger", 전력전자학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 2011. 11, 124-136(13 pages)  
 [3] 박찬배, "철도차량용 대용량 무선전력전송 기술 개발 동향 분석" 전기의 세계 제 63권 제9호, 2014,09, 35-42