

# 부하분담 및 리던던시 기능을 갖는 모듈전원 개발

허민호\*, 이태원\*, 이세호\*, 박성준\*\*  
삼성전기 CDS사업부 Power사업팀\*, 전남대학교 전기공학과\*\*

## A Power Supply Module with Load Sharing and Redundancy

Min Ho Heo\*, Tae Won Lee\*, Se Ho Lee\* and Sung Jun Park\*\*  
Power Business Team, CDS Division, Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.\*,  
Dept. of Electrical Engineering, Chonnam National University\*\*

### ABSTRACT

정보화 사회로 진입함에 따라 전자화 된 정보의 저장 및 관리는 매우 중요한 사안으로 부각되고 있으며 모든 통신기 및 전산시스템은 365일 가동이 보장되어야 하므로 여러 대의 전원을 병렬 운전하여 신뢰성을 높이고 용량을 증대시키는 방안이 연구되고 있다. 특히, 신뢰성이 요구되는 분야에서는 리던던시(Redundancy) 개념이 중요하게 되어 병렬 운전의 도입이 확산되고 있다. 현재 새로운 전력 구조는 절연된 컨버터의 평균 전력량을 다운시켜 다수의 전력변환기를 병렬운전 시키는 방향으로 변하고 있으며, 이는 전력변환기의 신뢰성을 증가시키고 예비기기에 대한 부담을 감소시키는 큰 장점을 갖고 있다. 최근에는 이더넷 라이터를 이용하여 부하분담(Load Sharing) 및 핫스왑(Hot swap)기능을 DC/DC 컨버터에 내장하고 있는 추세이다. 본 연구에서는 7[kW]급 지능형 DC 모듈전원 제어기술 개발에 초점을 두고 최적의 부하분담을 갖는 고성능 전류 제어 알고리즘을 소개하고자 한다.

### 1. 서 론

새로운 전력 구조를 움직이는 중요한 요소들 중 하나는 전기 장비에서 전통적인 부분의 전력 레일의 수가 증가되고 있다는 것이다. 최근에는 초기 디자인 2개에서 10개 또는 그 이상의 전력 레일의 수가 증가되고 있으며, 이더넷 라이터를 이용하여 부하분담(Load Sharing) 및 핫스왑(Hot swap)기능에 대한 회로 카드를 자체 DC/DC 컨버터에 내장하고 있다. 에너지 효율 측면에서 전력 관리는 전력기술의 매우 중요한 사항이 되고 있으며, 오늘날 전력관리의 경우 필요 불가결한 요소가 되어가고 있다. ATCA(The Advanced Telecommunication Architecture)와 PoE(Power over Ethernet)와 같은 시스템 구조 표준화는 시장의 특성에 대한 요구에 변화하고 있으며, 전력 공급 회사들의 경우 이러한 시장 구조적인 측면을 고려할 때 비즈니스 모델을 어떻게 꾸려 나갈지 문제가 대두되고 있다. 시스템 메이커들에 따르면 일부 어플리케이션은 컴퓨터와 커뮤니케이션 시스템 안에서 요구되는 전압 레일의 많은 수만큼 실제 사용하지 않는다. 하지만 데이터센터나 산업 의뢰기기 시스템은 SMPS 모듈의 좋은 시장으로 꼽히고 있다.

컴퓨터, TV, 가전 등 소비용품은 물론 사무용기기, 군사·우주산업 등 전력을 쓰는 분야라면 어디든 전압을 전환하는

SMPS가 필요하며, 지능형 파워 서플라이 관련 산업은 현재 및 미래형 DC전원의 안전성, 편의성, 정보활용 용이성을 가능케 할 수 있는 분야로서 텔레메틱스, 능동제어기술, 스마트 센서 및 작동기와 관련한 기능성 부품을 모두 포함한 산업으로 관련 부품업체가 많고 과급효과가 크며 그 추정치만 해도 약 30조원이 넘을 것으로 예측하고 있다. SMPS는 전자, 통신 기기에 있어서 안정된 전력을 공급해 주어야 한다는 의미에서 시스템의 심장부라고 할 수 있으며, 많은 경우에 있어서 시스템의 고장이 안정된 전력을 공급해 주지 못하는데 기인한다는 사실을 고려할 때 SMPS의 연구 개발은 현대의 전자, 정보, 통신 산업의 발달에 기본적인 필수적인 위치에 있다고 할 수 있다.



그림 1 DC배전의 파급효과 Fig. 1 A ripple effect of DC distribution

### 2. 시스템 설명

병렬운전 및 핫스왑(Hot Swap) 기능을 갖는 산업용 SMPS 전력변환기의 전체 시스템 구조는 그림 2와 같이 구성된다. 본 시스템은 크게 AC/DC 컨버터부와 DC/DC 컨버터부로 나눌 수 있다. AC/DC 컨버터부에서는 고역률 입력전류 제어알고리즘, 상간 불평형 제어 알고리즘이 주된 요소가 되며, DC/DC 컨버터부는 절연 및 최적의 전류분담을 갖는 제어 알고리즘, 부하분담용 고성능 전류제어 알고리즘이 주된 요소가 될 것이다. 모듈형 부하분담을 위한 핵심요소는 통신과 부하분담 알고리즘으로 새로운 방식의 Topology로 완벽한 부하분담을 구현하는 방식을 소개하고자 한다.

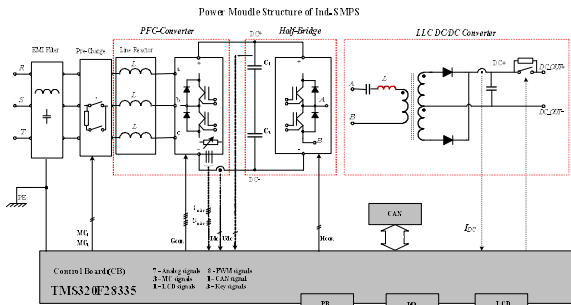


그림 2 제안된 산업용 SMPS 시스템 구성도 Fig. 2 The proposed system block diagram

### 3. 병렬 운전

본 연구에서 제작되는 DC 인프라 모듈은 기본적으로 Rack Mount 환경에서 설치되므로 확장성과 유지보수 그리고 독립적 제어 구조의 고신뢰성을 요구하는 전원설비이다. 기존의 제어부의 종속 병렬 운전형의 최대 단점인 제어 모듈의 고장에 대한 문제를 완전히 해결하기 위해서, 전력 모듈 내에 타 모듈과 연계운전이 가능한 독립된 제어모듈을 삽입하여 전체 시스템에 N+1 리던던시를 확보할 수 있다. 기존에는 제어부가 담당하고 있는 시스템 운용부를 독립된 모듈로 제작하여 시스템의 운용효율을 높이고, 별도의 Rack을 추가시 Rack간의 연계성을 확보하여 확장성을 보장한다.

리던던시 시스템은 단위모듈의 소형경량화와 분리 가능한 독립된 모듈이 필수적이며, 각 모듈은 운전의 고 효율성을 위해 시스템이 부하에 전력을 공급하는 상태에서 자유롭게 용량을 증대하고 고장난 모듈을 쉽게 교체할 수 있는 핫 스왑 기능이 지원되는 구조를 가지고 있어야 한다.

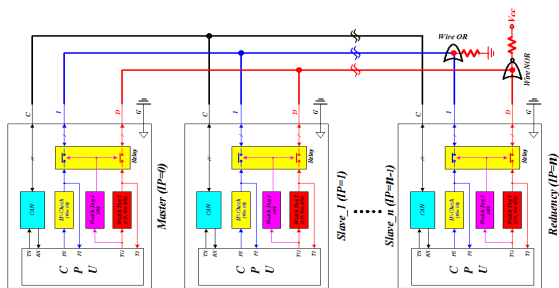


그림 3 리던던시 및 부하분담을 위한 통신라인 구조 Fig. 3 A communication system for the redundancy and load sharing

### 4. 시뮬레이션

본 연구에서 개발한 고신뢰성 병렬 운전 알고리즘을 검증하기 위해 그림 4와 같이 시뮬레이션을 수행하였다. 총 5개의 DC/DC 컨버터 중에 4개는 부하분담과 리던던시를 구현하기 위한 모듈이며 나머지 하나는 Hot Swap을 구현하기 위한 모듈로, 각 모듈의 스위칭 및 병렬 운전 알고리즘은 DLL을 이용하여 프로그래밍하였다. 시뮬레이션에서 DC/DC 컨버터는 고유의 ID를 갖고 있으며, ID에 따라 Master, Slave 또는 Redundancy로 구분되며 시뮬레이션 시나리오에 따라 부하분담, Redundancy 그리고 핫 스왑 동작이 수행된다. 초기상태는

Starting Mode로 각 모듈의 ID를 출력하여 모듈의 개수를 체크하고 가상 ID를 부여하여 ID가 가장 낮은 모듈을 Redundancy로 설정하여 Stand by 상태로 설정한다.

Normal Mode에서는 리던던시 모듈로 설정된 나머지 모듈이 Master/Slave 모듈로 구분되며, Master 모듈이 지령하는 출력값을 전송받아 Slave 모듈도 동일한 전류를 출력한다. 따라서 Master/ Slave 모듈이 동일한 전류 값을 출력함으로써 부하분담 기능을 수행하게 된다. 만약 모듈 하나가 고장났을 경우 (Fault1)에는 리던던시로 설정된 모듈이 투입되어 Fault1이 발생하기 전과 동일한 전류값을 출력하게 된다.

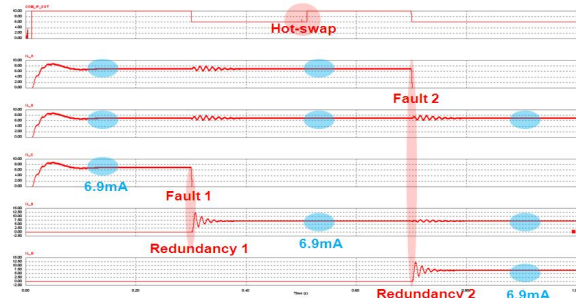


그림 4 시뮬레이션 출력 파형 Fig. 4 Simulation results

핫 스왑은 시스템에 파워를 다운시키지 않고 쉽고 빠르게 오동작 하거나 불필요한 모듈을 제거하거나 새로운 모듈을 삽입시키는 기능으로, 삽입된 모듈의 가상 ID를 출력하고 리던던시 모듈을 결정하고 ID에 따라 Master / Slave 모듈로 구분되는 부하분담 / 리던던시 제어와 동일하다. Fault1 이후에 핫 스왑 동작으로 모듈 ID=1이 추가되어 리던던시 모듈이 되었고, Fault2 발생 후 핫 스왑으로 투입된 모듈 ID=1이 리던던시로 투입되어 부하분담을 수행하게 된다.

### 6. 결론

본 연구에서는 지능형 DC 인프라 모듈전원 제어기술 개발에 초점을 두고 최적의 부하분담을 갖는 제어 알고리즘과 부하분담용 고성능 전류 제어 알고리즘 그리고 고역률 입력 전류제어 알고리즘을 개발하였다. 이 연구의 주요 특징으로는 기존의 아날로그 방식의 병렬 운전 대신 통신을 이용한 MCU 기반의 디지털 병렬 운전을 함으로써 기존 시스템의 단점을 해결하였고, 우수한 성능을 얻을 수 있었다. 이와 같이 모듈 전원 제어 기술 개발을 통하여 향후 최적화와 핫 스왑 기능을 추가함으로써, 고성능의 단일 용량 DC 모듈과 가격 경쟁력 확보로 산업용 DC 전원시장에 적용 가능할 것으로 판단된다.

### 참고 문헌

[1] 조준석, 한재원, 최규하, "CAN 통신을 이용한 UPS의 병렬 제어", 전력전자학회 2004년도 전력전자학술대회 논문집 (I) 2004.7, 380-383  
 [2] David Ki Wai Cheng, "A current sharing interface circuit with new current sharing technique", IEEE, Vol.20, No. 1, January, 2005.