

## 디지털 병렬 통신을 이용한 부하분담 알고리즘

朴成美\*, 金春成\*\*, 李相赫\*\*\*, 李相勳\*\*\*\*, 朴晟濬\*\*\*\*, 李培鎬†

### Load-Sharing Algorithm using Digital Parallel Communication

Seong-Mi Park, Chun-Sung Kim, Sang-Hyeok Lee, Sang-Hun Lee, Sung-Jun Park, and Bae-Ho Lee

#### 요 약

본 논문에서는 마이컴(ATmega-2560) 기반의 디지털 통신 방식을 이용한 새로운 부하분담(Load-sharing) 알고리즘(Algorithm)을 제안한다. 기존의 아날로그 방식과 달리 고속 통신과 디지털 제어를 수행하고 실시간 제어를 위한 시분할 토큰버스 방식을 적용함으로써 효율적인 부하분담 및 리던던시(Redundancy)를 구현하였다. 또한 자동 ID 설정 알고리즘을 적용함으로써 시스템 비용을 낮추었으며, 제어기의 전압 및 전류 적분값을 공유하는 새로운 알고리즘으로 시스템의 속응성을 향상시켰다. 제작된 병렬 시스템은 각 모듈마다 독립된 제어기가 구성되어 있으며, 마스터(Master) 모듈의 지령치에 따라 슬레이브(Slave) 모듈이 부하분담을 수행한다. 본 논문에서는 PSIM을 통한 시뮬레이션과 시제품 제작을 통해 제안된 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

#### ABSTRACT

In this paper, we proposes a new load-sharing algorithm with a ATmega2560 based digital communication. Proposed algorithm is different from conventional analog method. The high speed communication digital control is performed. To apply the digital communication and real-time control for time-sharing token bus method, we implemented high efficient load-sharing and redundancy. Also this system make down the price by auto ID algorithm and system response is improved by controller's voltage and current integral value sharing. In parallel system prototype, each module have controller and performed load-sharing according to master module integral value. In this paper, we verify the validity of proposed algorithm using PSIM program and prototype.

**Key Words** : Load-sharing, Redundancy, Parallel Communication, Auto ID Algorithm

### 1. 서 론

최근 정보화 사회로 진입함에 따라 전자화 된 정보의 저장 및 관리는 매우 중요한 사안으로 부각되고 있

다. 정보화의 특성상 모든 통신기기 및 전산시스템은 365일 가동이 보장되어야 하므로 하나의 전원에서 모든 전력을 부담하는 것보다 여러 대의 전원을 병렬 운전하여 신뢰성을 높이는 방안이 연구되고 있다. 이는 용량의 대형화는 물론이고 출력의 다양화, 전원의 분산화, 설계 표준화 및 방열의 용이성 등의 장점을 갖는다. 또한 유지, 보수의 편리함과 확장 가능성에 대한 여유도 및 신뢰도가 증가하고 여분의 전원에 대한 유연성으로 각 모듈 설계 시 최적의 용량으로 설계가 가능하게 된다. 하지만 실질적으로 시스템을 구성하는 소자들의 특성이 이상적이지 못하고 이에 포함된 기생 성분들이 같지 않기 때문에 모듈간의 임피던스가 서로

†교신저자 : 정회원, 전남대 전자컴퓨터공학부 교수  
E-mail : bhlee@chonnam.ac.kr

\*정회원, 전남대 컴퓨터공학과 박사수로

\*\*학생회원, 전남대 전기공학과 석사과정

\*\*\*학생회원, 전남대 전기공학과 박사과정

\*\*\*\*정회원, 한국승강기대학 전기설계과 전임강사

\*\*\*\*\*정회원, 전남대 전기공학과 부교수

접수일자 : 2010. 9. 8

1차 심사 : 2010. 10. 18

심사완료 : 2010. 11. 4

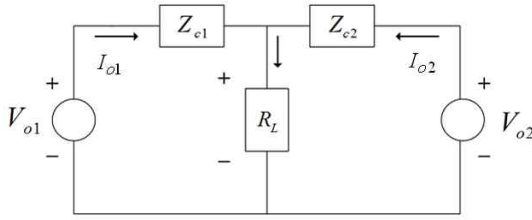


그림 1 전력분담 등가회로  
Fig. 1 Equivalent circuit of power sharing

다르게 된다. 이로 인해 동기가 일치해도 라인 임피던스 및 특성차이로 순환전류가 발생하며 부하가 증가하면 할수록 병렬 시스템 상호간 심각한 불평형 전류가 흐르게 되어 각 단일 모듈의 고장 원인이 된다. 뿐만 아니라 이로 인한 시스템의 신뢰성이 현저히 저하되는 심각한 문제점을 가지게 된다. 따라서 이를 제거하기 위한 부하분담과 리턴던시 알고리즘이 필수적이라 할 수 있다.<sup>[1][2][3][4]</sup>

이에 본 논문에서는 기존의 아날로그 제어가 아닌 마이컴을 사용하여 자동 ID 알고리즘에 의한 부하분담 및 리턴던시를 수행하였으며 통신을 이용하여 제어기의 전압비례 및 전류비례 적분값을 공유함으로써 빠른 속응성을 갖는 제어기를 구현하였다. 이로 인해 시스템 비용을 낮출 수 있고 리턴던시 알고리즘을 통해 부하 변동이나 전원모듈의 사고 시 안정된 부하분담을 이룰 수 있었다.

제안된 제어 알고리즘에 의한 타당성을 검증하기 위해 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 수행하였고, 실제 500[W]급 모듈형 전원장치 3개를 제작하여 효율적인 부하분담과 리턴던시가 이루어지는 것을 검증하였다.

## 2. 기존의 병렬운전 시스템

그림 1은 병렬 연결된 전원장치의 전력분담 특성을 분석하기 위한 등가회로이다.

그림 1에서  $V_{o1}, V_{o2}$ 는 각 전원장치의 초기설정 출력전압이며, 출력전압은 각 모듈이 동등한 값을 가진다.  $Z_{c1}, Z_{c2}$ 는 각 전원장치 출력단과 부하저항 사이의 선로저항이며,  $R_L$ 은 부하저항을 나타낸다. 각 전원장치가 분담하는 출력전류  $I_{o1}, I_{o2}$ 는 다음과 같다.

$$I_{o1} = \frac{(V_{o2} - V_{o1}) \cdot R_L + V_{o2} \cdot Z_{c1}}{R_X} \quad (1)$$

$$I_{o2} = \frac{(V_{o1} - V_{o2}) \cdot R_L + V_{o1} \cdot Z_{c2}}{R_X} \quad (2)$$

이때  $R_X$ 는 식 (3)과 같다.

$$R_X = (Z_{c1} + Z_{c2}) \cdot R_L + Z_{c1} \cdot Z_{c2} \quad (3)$$

병렬 연결된 모듈이 동등한 전류를 분담하고 있다면  $I_{o1} = I_{o2}$ 이므로 식 (1)과 식 (2)로부터 다음의 식 (4)를 얻을 수 있다.

$$V_{o2} \cdot Z_{c1} - V_{o1} \cdot Z_{c2} = 2 \cdot R_L \cdot (V_{o2} - V_{o1}) \quad (4)$$

식 (4)에서 각 모듈의 초기설정 출력전압이 같다고 가정하면  $Z_{c1} = Z_{c2}$ 가 되어야 한다. 그러나  $Z_{c1}$ 과  $Z_{c2}$ 는 일치하지 않으므로, 균등한 출력전류를 분담하기 위해서는 초기설정 출력전압  $V_{o1}, V_{o2}$ 를 제어하여야함을 알 수 있다.

### 2.1 전압강하 방식

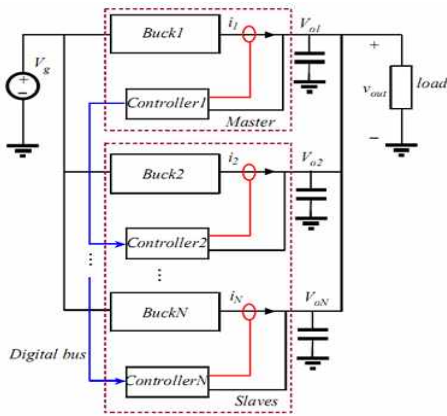
전압강하 방식은 출력전압의 강하특성에 의존하여 부하분담을 제어하며 분담하는 부하 전류에 비례하여 출력 전압을 강하시키는 방식으로 병렬 연결된 전원장치 사이에 전류 정보 교환선을 사용하지 않고 각 모듈이 독립적으로 부하 분담을 제어하게 된다. 이 방식은 낮은 전류 분배에서 좋지 않은 전류 분배를 보이며 부하 레귤레이션의 저하, 다른 전력 등급을 가진 병렬 모듈 사이에서의 전류 분해를 하는데 있어 어려움이 있다.<sup>[5][6]</sup>

### 2.2 평균 전류 방식

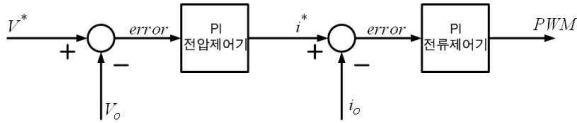
평균 전류 방식은 각 파워 모듈의 전류 모니터가 저항을 통하여 공동 분배 버스를 구동토록 하는 방식으로 조절 증폭기는 저항 양단에 전류차의 유무를 감지하고 부하 전류 불균형을 조율하며 그에 따라 지령치를 조절한다. 이러한 구성은 정확한 전류 분배를 실행하는 반면, 분배 버스가 단락되거나 전원장치가 동작하지 않는 경우도 존재한다는 단점이 있다.<sup>[5][6]</sup>

## 3. 제안된 병렬운전 알고리즘

그림 2 (a)는 제안된 전체 시스템의 블록다이어그램으로서 N개의 벡 컨버터(Buck-Converter)의 병렬연결로 구성되어 있으며 각각의 컨버터는 독립된 제어장치를 포함한다. 제어기의 블록도는 그림 2 (b)와 같고 제



(a) 전체 회로 구성도



(b) 모듈의 제어 블록도

그림 2 제안된 병렬운전 시스템  
Fig. 2 Proposed parallel operating system

안하는 방식에서 병렬 연결된 모듈형 전원장치의 마스터는 슬레이브에게 제어기의 적분값 정보를 공유함으로써 각 전원장치가 분담해야 하는 기준전류를 설정하게 된다. 이로 인해 출력 전압의 강하 특성에 의존하지 않고 출력 전압의 변동 특성을 기존 방식에 비해 효율적으로 개선 할 수 있다. 또한 각 전원장치는 독립적으로 제어되므로 병렬 연결된 전원장치의 고장에도 출력전류의 신뢰성이 크게 저하되지 않는다.

그림 3은 병렬운전 및 리던던시 기능을 갖는 모듈형 전원장치의 전체 시스템 흐름도이다. 부하분담은 여러 개의 전원모듈을 병렬로 접속함으로써 전력을 분담하는 기능으로 시스템의 확장이 용이하며 유지 보수가 편리하다는 장점이 있다. 모듈형 부하분담을 위한 핵심요소는 통신과 부하분담 알고리즘으로 자동 ID 설정 방식을 이용하여 마스터와 슬레이브를 지정하고 통신을 통한 제어기로 시스템의 속응성을 크게 향상시킬 수 있었다. 병렬운전으로 전원모듈을 동작시킬 때 주요한 관점은 병렬 연결된 모듈 사이에서의 부하분담과 리던던시 기능이다. 리던던시 기능은 N+1 여분 전원시스템으로 N개의 전원 모듈이 요구되는 곳에 1개의 전원 모듈을 여유분으로 추가 설치하는 것을 말한다. 어떤 전원 모듈이 고장 나더라도 여유 전원 모듈을 사용함으로써 무 정전으로 전력을 공급해주는 방식으로,

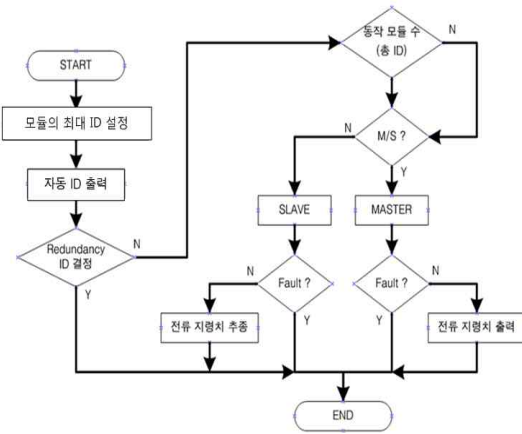


그림 3 부하분담 및 리던던시 제어 흐름도  
Fig. 3 Control diagram for load-sharing and redundancy

시스템의 유효성을 상당히 증가시킨다. 하지만 기존 시스템은 제어부의 종속 병렬 운전형으로, 이 방식의 최대 단점은 제어를 담당하는 마스터 사고 시 전체 시스템이 정지되는데 있다.

본 논문에서는 이러한 마스터 고장에 대한 문제를 완전히 해결하기 위해 전력 모듈 내에 타 모듈과 연계 운전이 가능한 독립된 제어모듈을 삽입하였다. 이로 인해 병렬 통신을 이용한 자동 ID 알고리즘을 사용하여 마스터 사고 시 예비 마스터가 마스터가 되어 시스템이 정지되는 문제를 해결 하셨으며, N+1 리던던시 기능을 확보하여 시스템의 운용효율을 높이고 별도의 전원모듈 추가 시 전원모듈간의 확장성을 보장하였다. 또한 마스터 제어기의 전압비례 적분값과 전류비례 적분값을 공유함으로써 기존 시스템에 비해 속응성을 높이는 결과를 얻었다.

### 3.1 자동 ID 설정

제안된 모듈형 전원장치는 통신을 하기 전에 모듈의 고유 ID를 자동 설정하는 알고리즘에 따라 고유 ID를 갖게 된다. 자동 ID 설정 알고리즘 및 흐름도는 그림 4와 같으며, 이 고유 ID는 토큰 버스 방식을 구현하기 위한 중요한 파라미터이다. 자동 ID 설정 알고리즘에 의해 정해진 모듈의 고유 ID는 모듈의 마스터와 슬레이브 그리고 리던던시 모듈에 각각 부여되며 모듈의 순위를 결정하게 된다. 각 모듈이 독립적으로 제어되기 때문에 시스템의 동기화에 있어서 문제가 발생할 수 있는데 이러한 문제를 해결하고 안정적인 부하분담을 이루기 위한 시퀀스(sequence)이다. 시스템에서는 몇 개의 모듈이 전원에 연결되어 있는지에 대한 정보

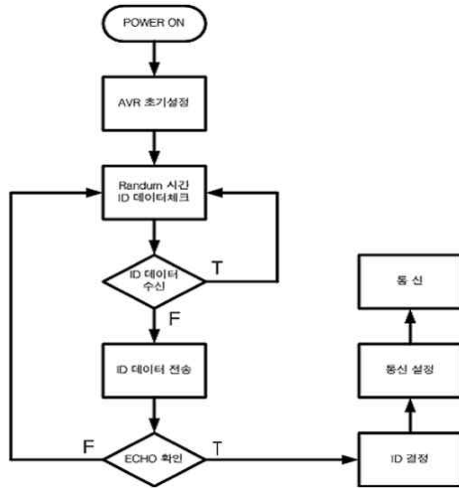


그림 4 자동 ID 설정 알고리즘  
Fig. 4 Auto ID configuration algorithm

가 필수적이며, 이를 위해 각 모듈에 비례한 ID 신호를 발생함으로써 ID 할당 및 총 모듈 개수를 인지하게 된다. 여기서 ID=1로 할당된 모듈이 마스터가 되며 ID=2 모듈은 예비 마스터가 된다.

마스터 제어기는 슬레이브 모듈에 제어기의 적분값을 전달하며, 예비 마스터는 마스터 고장 시에 즉시 마스터 제어기로 변환된다. 이전의 전압 비례 및 전류 비례 적분값을 모든 모듈이 공유하고 있으므로 어떤 모듈이 마스터가 되더라도 기존의 정보를 알 수 있다. 이로 인해 마스터 모듈의 고장 시 예비 마스터로 교체되는 과정에서 빠른 속응성을 가지고 부하분담 및 고 응답의 리턴던시를 이룰 수 있다.

### 3.2 디지털 병렬통신 알고리즘

통신을 기초로 한 부하분담 시스템 구축 시 매우 강력한 부하분담 특성을 유지할 수 있다. 이때 신뢰성 보장을 위해서는 각 전원장치간의 통신 신뢰성이 매우 중요한 요소가 된다. 모듈형 전원장치의 통신방식은 토큰링과 토큰버스 방식 중 분석한 결과 토큰버스 방식이 우수한 것으로 판단하여 본 논문에서는 모듈형 전원장치의 통신 방식을 토큰버스 방식 기반인 새로운 방식의 통신시스템을 적용하여 실시간 및 고 신뢰성의 통신망을 구축하였다. 그림 5는 토큰링 방식을 나타내며 이 방식은 토큰이 링을 따라 순환하며 데이터를 전송하고자 하는 전원모듈에 데이터를 전송하게 된다.

이러한 통신방식은 통신시스템 구축이 쉬우며, 액세스(Access) 시간 보장, 데이터를 안정되게 전송하는 특성으로 인하여 과부하시 성능 저하가 심하지 않다.

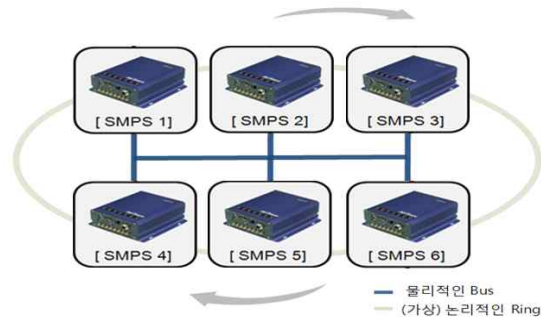


그림 5 토큰링 방식 통신시스템  
Fig. 5 Network system of token ring method

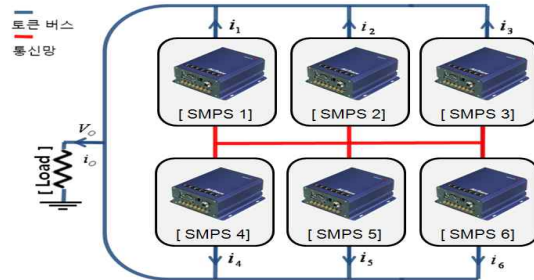


그림 6 토큰버스 방식의 통신 시스템  
Fig. 6 Network system of token bus method

또한 폐쇄된 작은 규모의 네트워크를 구성할 때 매우 유리하며, CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)방식보다 실시간 처리가 요구되는 분야에 적합하다. 하지만 연결된 스테이션 중 하나가 오동작하면 전체 시스템이 작동하지 않게 되거나 새로운 전원모듈을 추가해야 할 경우에는 네트워크 서비스를 중단해야 하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 통신 구조가 토큰버스 방식이다.

그림 6은 토큰버스 방식의 구성도를 보여준다. 이 방식은 버스형식의 통신망에서 제어신호인 토큰이 논리적으로 형성된 링의 각 노드를 옮겨가면서 데이터 전송을 수행하는 방식이다. 토큰이 통과되는 순서가 물리적인 버스상의 노드 위치와 관계없이 논리적인 링(Logical ring)에 대응하며, 토큰에는 송신측과 수신측의 노드 주소가 부여된다. 원리적으로 토큰 링 방식과 동일하지만 버스가 갖는 특징에서 약간 그 방식이 다르다.

즉, 토큰은 논리적 링의 위치와 관계없이 모든 노드가 가질 수 있고 전송 도중에 토큰표시의 변경이 되지 않기 때문에 중계기의 기능이나 송신 데이터의 삭제

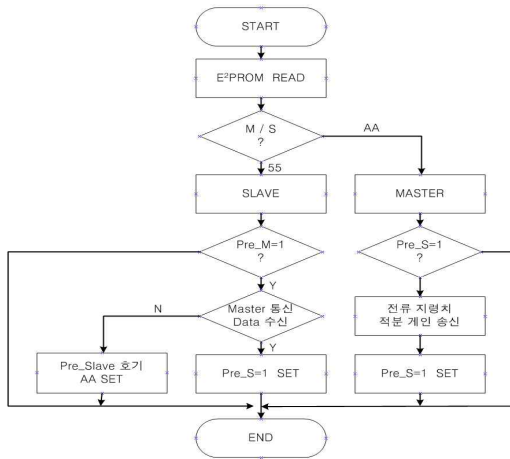


그림 7 병렬통신 방식의 구성도  
Fig. 7 Block diagram for parallel communication

기능이 불필요하며, 노드의 신규 삽입과 삭제의 경우에는 논리적인 링의 수정이 필요한 것이 주된 차이점이다. 기존 제어부의 중속 병렬 운전형의 최대 단점인 제어 모듈의 고장에 대한 문제를 완전히 해결하기 위해서는 전원장치 내에 타 전원장치와 연계운전이 가능한 독립된 제어모듈을 삽입하여 전체 시스템에 N+1 리던던시를 확보할 수 있어야 한다. 그림 7은 이러한 모듈형 전원장치의 부하분담 및 리던던시를 확보하기 위한 통신방식의 구성도이다.

### 3.3 제어기

그림 8은 제안된 병렬통신을 이용한 제어방식을 나타내며 각 제어기는 마스터 제어기의 전압 적분값을 공유한 상태에서 독립적으로 동작한다. 기존의 제어 방식은 마스터 사고 시 시스템이 정지되고 슬레이브에서 마스터를 정하게 되며 출력전류를 다시 검출하게 되는데, 이 과정에서 전체 시스템의 속응성이 떨어지게 된다. 하지만 제안하는 알고리즘은 이전의 전압비례 적분값을 마스터가 모든 슬레이브에게 전달하고 이 값을 공유하는 형식을 취하므로 이러한 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 리던던시 시 큰 이점을 가지고 있다.

## 4. 시뮬레이션

본 논문에서는 자동 ID 알고리즘에 의한 병렬통신과 제안하는 제어기에 의한 부하분담이 이루어지는 것을 검증하기 위해 그림 9와 같이 회로도를 구성하여 PSIM을 통한 시뮬레이션을 수행하였다.

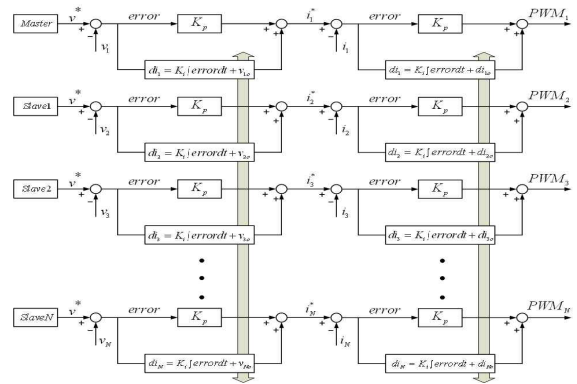


그림 8 제어기 적분 값 수수방식  
Fig. 8 Controller integral received value method

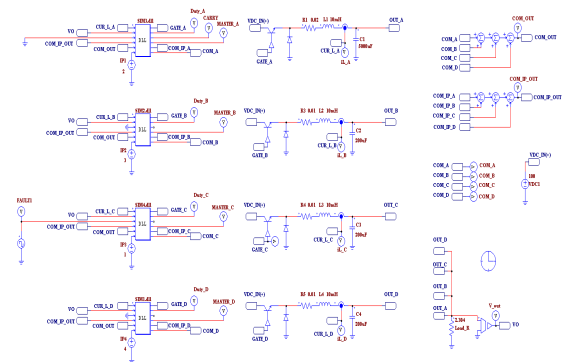


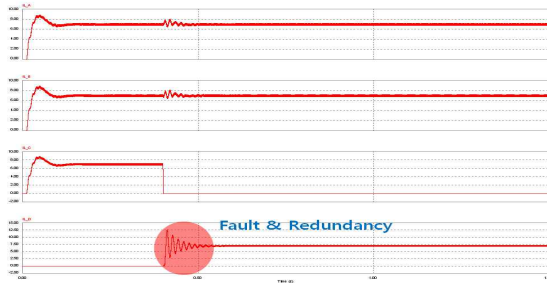
그림 9 시뮬레이션 회로도  
Fig. 9 Simulation circuit

회로 구성은 전원장치 4개로 구성하였으며, 리던던시를 위한 전원장치 1개를 포함한다. 자동 ID설정 알고리즘은 하드웨어적인 부분의 영향을 받기 때문에 시뮬레이션에서는 ID를 모듈에 직접 입력하였다. 고유 ID에 의해 4개의 전원모듈은 각각 1~4번의 고유 ID를 지정받게 되고 ID가 가장 높은 모듈은 리던던시 모듈로 설정되어 예비전원으로 대기한다.

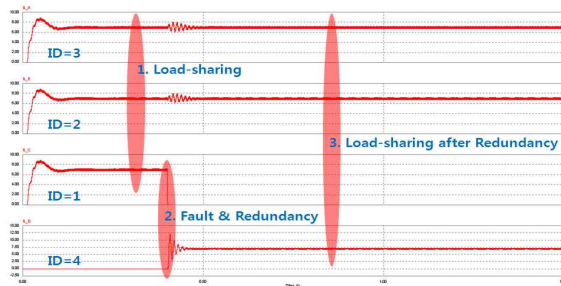
표 1 벅 컨버터의 파라미터

Table 1 Parameters of buck converter

입력전압 VDC	100[V]
선로저항 R1	0.02[Ω]
선로저항 R2 ~ R4	0.01[Ω]
인덕터 L1 ~ L4	10[mH]
커패시터 C1	5000[μF]
커패시터 C2 ~ C4	200[μF]
부하저항 Load R	2.304[Ω]



(a) 제어를 적용하지 않았을 시 시뮬레이션 파형



(b) 제어기 적용 시 시뮬레이션 파형

그림 10 부하분담 및 리던던시 시뮬레이션 파형  
Fig. 10 Load-sharing and redundancy control waveform

자동 ID 설정이 이루어지면 ID=1을 부여받은 모듈이 마스터가 되며, 시뮬레이션 회로도 및 같이 ID=3번 모듈에 0.4초에 동작 장애를 위한 신호를 주고 이때 리던던시의 효과적인 투입여부를 측정하였다. 시뮬레이션에 사용된 파라미터는 표 1과 같다.

자동 ID를 부여받은 ID=1~3 모듈은 부하분담을 이루며 6.9[A]의 전류를 분담하게 되고, 이때 시뮬레이션에서는 ID=3이 마스터가 되며 ID=1과 ID=2는 슬레이브로 동작하게 된다. 파형에서 보이는 바와 같이 전원 투입 시 자신의 ID를 확인하여 3대의 모듈이 부하분담을 이루고 있음을 알 수 있다. 마스터 모듈에 사고(Fault)가 발생 하였을 시 대기하고 있던 ID=4는 리던던시 기능으로 사고와 동시에 투입되는데, 제어기의 적용 시와 미적용 시 시뮬레이션 파형은 그림 10과 같다. 제어기 미적용 시 과도기가 제어기 적용시보다 오래 지속되는 것을 확인할 수 있고 정상상태까지 도달하는데 걸리는 시간은 제어기 적용 시의 약 2배가량 소요됨을 알 수 있다.

### 5. 실험 및 고찰

제안하는 디지털 병렬통신을 이용한 부하분담 알고

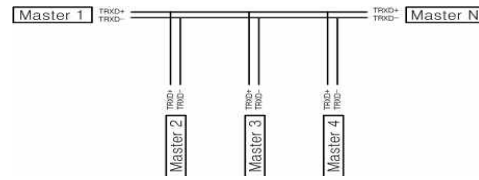


그림 11 RS485 통신 결선도  
Fig. 11 Connection of RS485 communication

0	0	ID Data (4bit)
0	1	Data High (4bit)
1	0	Data Middle (6bit)
1	1	Data Low (6bit)
Total Data Length = 4Byte (32bit)		

그림 12 통신 프로토콜  
Fig. 12 Communication protocol

리즘에 의한 전원장치의 타당성을 시뮬레이션을 통해 검증하였고 500[W]급 시작품을 제작하여 실험을 수행하였다.

통신은 마이컴을 통한 RS-485통신을 하였으며 특징으로는 그림 11과 같이 모듈간에 병렬로 통신이 가능하다. 시작품에서는 모듈 3개를 통한 병렬통신을 수행하였다.

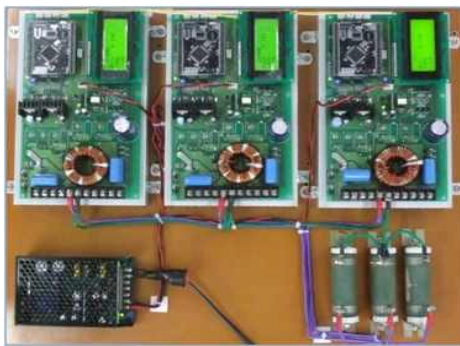
그림 12에서 붉은색은 데이터의 순서를 알려주는 데이터 식별 값을 나타내고 데이터 조합 시 사고의 유무를 판단하게 되며 파란색은 출력전류 데이터가 된다. 마스터 모듈은 모든 슬레이브 모듈에 전압 지령치와 제어기의 적분값을 전송하고, 이로 인해 마스터가 교체되더라도 모든 모듈은 제어기 전압 적분값을 가지고 있으므로 빠르게 정상상태에 도달할 수 있다.

그림 13 (a)는 하나의 모듈형 전원장치를 나타내며 (b)는 이 모듈장치를 3개 병렬로 연결한 시작품을 보여준다. 전원 모듈의 부하분담 및 리던던시 확보를 위한 통신 방식으로 각 전원 모듈은 자동 ID가 부여되며, 자동 ID 알고리즘에 의해 고유 ID가 설정되면 마스터는 마이컴을 통한 제어를 수행한다.

일반적으로 각 모듈의 ID를 사용자가 수동으로 설정하는 방법 대신에 Random 함수에 의해 자동으로 모듈의 ID를 설정하는 방법을 구현함으로써 사용자의 편의성을 향상시켰다. 자동 ID 설정 알고리즘은 각 모듈의 노이즈 값을 Random 함수 입력 값으로 사용하며, 얻은 값을 지연 시간으로 사용함으로써 모듈의 고유한



(a) AVR를 이용한 전원 모듈



(b) 3개를 병렬 연결한 전원 모듈

그림 13 부하분담 및 리던던시를 위한 시작품  
Fig. 13 Prototype for load-sharing and redundancy

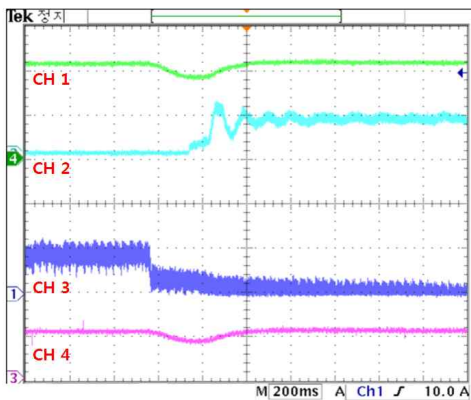


그림 14 출력 결과 파형  
Fig. 14 Output waveform

ID을 얻게 된다. 만약 동일한 노이즈로 동일한 지연 시간을 갖게 되면 다른 노이즈 값을 입력받아 다른 모듈과 다른 지연 시간을 갖을 때까지 반복하게 된다.

3개의 모듈이 병렬 운전을 하기 위한 부하분담 및 리던던시 동작에 대한 출력 파형은 그림 14와 같다. 출력 파형에서 Ch1은 출력전류 파형으로 Ch3의 모듈

사고로 인해 전류가 감소하였다가 리던던시 모듈의 투입으로 정상상태로 복구되는 것을 볼 수 있고 Ch2는 Ch3의 사고와 동시에 리던던시 모듈이 투입되는 파형을 나타낸다. Ch3은 사고로 모듈의 전류가 감소하는 형이고 Ch4는 출력전압으로 출력전류와 같이 모듈의 사고로 순간 감소하지만 리던던시 모듈이 투입되면서 정상적으로 복구되는 것을 볼 수 있다. 제안된 제어기의 적분값을 수수하여 동작함으로써 시스템이 정지되지 않기 때문에 속응성이 향상된 것을 알 수 있다.

## 6. 결 론

본 논문에서는 디지털 병렬 통신을 이용한 새로운 부하분담 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방식은 RS-485 통신을 이용하여 병렬 운전제어를 구현하였으며 리던던시를 이용하여 모듈의 사고 시 효과적으로 부하분담이 유지되는 것을 확인하였다. 제안하는 구조의 타당성을 검증하기 위하여 PSIM을 통한 시뮬레이션을 수행하였으며 실제 500[W]급 모듈 3개를 병렬 연결한 구조의 시작품을 제작하여 실험을 통하여 검증하였다.

본 논문의 주요 특징은 다음과 같다.

- 통신 방식을 사용한 병렬운전 구현
- 마이컴 기반의 디지털 제어
- 자동 ID설정 알고리즘
- 새로운 적분값 수수 방식의 제어기를 도입한 부하분담

이와 같이 모듈 전원 제어 기술 개발을 통하여 향후 최적화 및 핫 스왑(Hot-swap) 기능을 추가함으로써, 고성능의 단일 용량 DC 모듈과 가격 경쟁력 확보로 산업용 DC 전원시장을 확대 가능할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 삼성전기(주) 에너지파워센터와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과로서, 관계부처에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] Y. Panov, J. Rajagopalan, and F. C. Lee, "Analysis and Design of N Parallel DC-DC Converters with Master-Slave Current-Sharing Control", APEC'97, pp436-.
- [2] Jung Won Kim, Hang Seok Choi, Cho, B. H., "A

Novel Droop Method for Converter Parallel Operation” APEC 2001, pp. 959-964, 2001.

- [3] Perreault D. J. Sato, K, Kassakian, J. G., "Switching-ripple-based current sharing for paralleled power converters," Power Conversion Conference-Nagaoka 1997, pp. 473-478, 1997.
- [4] 손수국, 이태진, "분산전원의 통신운영 기술 동향 및 전망" 전력전자학회지, 제14권 제 6호, 2009. 12, pp. 21~25
- [5] David Ki-Wai Cheng, "A current-sharing interface circuit with new current-sharing technique", IEEE, Vol. 20, No. 1, January, 2005.
- [6] Wu, R-H., Kohoma, T., Kodera, Y., Ninomiya, T., Ihara, F., "Load-current-sharing control for parallel operation of DC-to-DC converters," PESC '93, pp. 101-107, 1993.

저 자 소 개



**박성미(朴成美)**

1963년 6월 20일생. 1986년 전남대 계산통계학과 졸업. 2001년 전남대 컴퓨터공학과 졸업(석사). 2004년 전남대 컴퓨터공학과 박사과정 수료.



**김춘성(金春成)**

1982년 8월 22일생. 2009년 2월 동신대 전기공학과 졸업. 2009년 3월~현재 전남대 전기공학과 석사과정.



**이상혁(李相赫)**

1981년 7월 19일생. 2007년 2월 한밭대 제어계측공학과 졸업. 2009년 2월 동 대학원 제어계측공학과 졸업(석사) 2009년 3월~현재 전남대 전기공학과 박사과정.



**이상훈(李相勳)**

1974년 8월 11일생. 2000년 경성대 전기공학과 졸업. 2006년 부산대 메카트로닉스협동과정 졸업(공학박사). 2002년~2004년 9월 KT전기 기술연구소 주임연구원. 2007년~2009년 삼성전기 Power 사업팀 책임연구원. 2009년 12월~현재 한국승강기대학 전기설계과 전임강사.



**박성준(朴晟濬)**

1965년 3월 20일생. 1991년 부산대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 2002년 동 대학원 지능기계공학과 졸업(공학박사). 1996년 3월~2000년 2월 거제대학 전기과 조교수. 2000년 3월~2003년 8월 동명대학 전기공학과 조교수. 2003년 8월~현재 전남대 전기공학과 부교수.



**이배호(李倍鎬)**

1954년 1월 6일생. 1978년 한양대 전자공학과 졸업. 1980년 한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1993년 University of Missouri, 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(공학박사). 1980년~1983년 국방과학연구소(ADD) 연구원. 1993년~현재 전남대 공과대학 전자컴퓨터공학부 교수.