

## The Controller Design of a 2.4MJ Pulse Power Supply for a Electro-Thermal-Chemical Gun

金鍾洙<sup>†</sup> · 陳潤植<sup>\*</sup> · 李弘植<sup>\*</sup> · 林根熙<sup>\*</sup> · 金鎮成<sup>\*\*</sup>  
 (Jong-Soo Kim · YS JIN · HS Lee · Geun-Hie Rim · JS Kim)

**Abstract** - The key issues in high power, high energy applications such as electromagnetic launchers include safety, reliability, flexibility, efficiency, compactness, and cost. To explore some of the issues, a control scheme for a large current wave-forming was designed, built and experimentally verified using a 2.4MJ pulse power system (PPS). The PPS was made up of eight capacitors bank unit, each containing six capacitors connected in parallel. Therefore there were 48 capacitors in total, with ratings of 22kV and 50kJ each. Each unit is charged through a charging switch that is operated by air pressure. For discharging each unit has a triggered vacuum switch(TVS) with ratings of 200kA and 25kV. Hence, flexibility of a large current wave-forming can be obtained by controlling the charging voltage and the discharging times. The whole control system includes a personal computer(PC), RS232 and RS485 pseudo converter, electric/optical signal converters and eight 80C196KC micro-controller based capacitor-bank module(CBM) controllers. Hence, the PC based controller can set the capacitor charging voltages and the TVS trigger timings of each CBM controller for the current wave-forming. It also monitors and records the system status data. We illustrated that our control scheme was able to generate the large current pulse flexibly and safely by experiments. The our control scheme minimize the use of optical cables without reducing EMI noise immunity and reliability, this is resulting in cost reduction. Also, the reliability was increased by isolating ground doubly. it reduced drastically the interference of the large voltage pulse induced by the large current pulse. This paper contains the complete control scheme and details of each subsystem unit.

**Key Words** : Pulse Forming, Discharging Delay Controller, Pulse Power Supply

### 1. 서 론

전열(Electro-thermal; ET), 전자력(Electro-magnetic; EM), 전열화학(Electro-thermal-chemical; ETC) 가속기 등은 펄스 대전류를 물체의 가속에 이용하는 장치로 이들을 위한 전원장치는 복수의 펄스 전원을 병렬로 운전하는 것이 필요하다.[1-3]. ETC 가속기의 부하는 도선을 대전류로 용발시켜 아크플라즈마를 형성하고 유지하는 것이므로 그 부하특성이 동적, 비선형적이며 추진제, 가속기 및 카트리지의 특성에 의존한다. 또한 포강내의 압력을 적절히 유지하여 최대의 포구속도를 얻기 위한 전류펄스의 형상 등은 실험을 통하여 얻을 수밖에 없다. 그러므로 ETC 가속기의 최적동작 특성을 파악하기 위해 다양한 펄스 전류를 발생시킬 수 있는 매우 유연한 펄스파워 전원이 필요하게 된다. 이와 같은 ETC 가속기의 독특한 부하특성을 조사하고 최적화시키기 위해서 그림 1과 같이 300kJ의 에너지를 갖는 커패시터 뱅

크 모듈 8대와 3대의 30kV 10kJ 충전기로 구성된 2.4MJ 캐패시터 뱅크를 설계 제작되었다. 캐패시터 1개는 22kV, 50kJ의 고압 캐패시터로 6개를 병렬로 연결하여 최대 300kJ의 에너지 저장이 가능하게 하였고 전류지연을 위한 인덕턴스를 가변할 수 있는 인덕터를 설치하였으며 및 원하는 시간에 에너지를 방출할 수 있는 정격 25kV, 200kA 방전스위치(TVS)로 그림 2와 같은 300kJ 커패시터 뱅크 모듈을 구성하였다.

그러나 그림 2와 같이 하나의 RLC 회로로 구성된 단위 전원장치에서 얻을 수 있는 전류 펄스형상은 그 변화폭이 매우 제한적이므로, 이를 극복할 수 있는 방법으로 복수의 모듈을 이용하여 전류를 중첩시키는 방법이다. 이 방법은 각 전원 모듈의 방전 스위치를 동시에 또는 시간 간격을 두고 연속적으로 동작시킴으로서 정교하고 다양한 전류펄스를 형성하는 것이 가능하다. 더욱이 이 병렬운전에서는 방전시간 뿐만 아니라 각 모듈의 회로정수와 충전전압 등을 변화시킴으로서 전류펄스 성형의 유연성을 극대화할 수 있다.

또한, 위와 같은 전원장치에서는 고압으로부터 운전자의 보호, 펄스 전류로 인한 전자파 장애 대책, 소형화 및 가격 등을 고려되어야 한다.

본 연구에서는 그림 1과 같이 300kJ의 에너지를 갖는 커패시터 뱅크 모듈 8개로 구성된 2.4MJ 캐패시터 뱅크로부터

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 韓國電氣研究院 산업전기연구단 책임연구원

E-mail : jskim@keri.re.kr

\* 正會員 : 韓國電氣研究院

\*\* 正會員 : 國防科學研究所

接受日字 : 2006年 8月 23日

最終完了 : 2006年 11月 1日

유연하고 안전하게 전류 펄스를 형성할 수 있게 하는 제어기 설계와 고압으로부터 제어기 및 운전자 보호, 대전류 펄스에 의해 발생하는 노이즈에 대한 영향 최소화 방안 및 원격제어 등에 대해 보고한다.

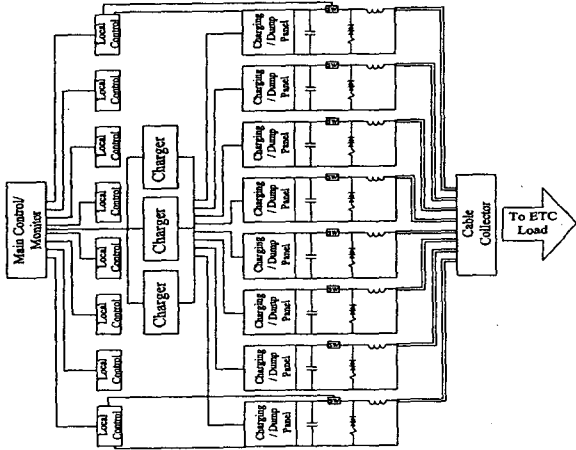


그림 1 2.4MJ 캐패시터 뱅크 구성도  
Fig. 1 Overall system block diagram

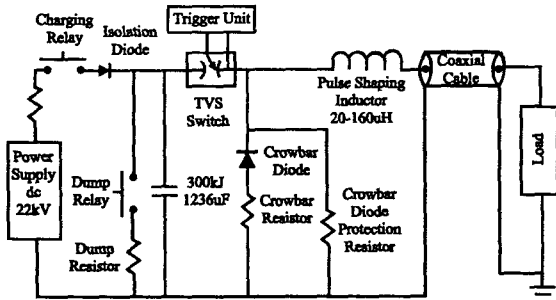


그림 2 300kJ 캐패시터 뱅크 모듈의 회로구성도  
Fig. 2 Circuit diagram of a 300kJ capacitor bank

## 2. 제어기 구성

제어기는 사용자가 안전하게 2.4MJ 캐패시터 뱅크를 운용할 수 있도록 원격에서 제어, 감시하고 유연하게 대전류 펄스를 발생시킬 수 있게 하며 발생된 대전류 펄스에 의한 노이즈의 영향을 최소화할 수 있도록 그림 3과 같이 주제어기와 현장제어기로 구성하였다. 주제어기와 현장 제어기 사이의 연결선을 최소화하기 위해 반 이중 직렬 통신을 채택하고 노이즈의 영향을 최소화하도록 광케이블을 사용하였다. 연결선은 직렬 통신용으로 3선과 비상 시 2.4MJ 캐패시터 뱅크의 입력 전원을 차단하는 신호선 1선으로 모두 4개의 광케이블을 이용하였다. 현장제어기는 2.4MJ 캐패시터 뱅크 시스템을 감시하고 충전기를 감시 제어하는 공통 제어기와 8대의 300kJ 캐패시터 뱅크 모듈을 감시 제어할 수 있는 모듈제어기 8대로 구성하였다. 현장제어기의 전원은 대전류 펄스에 의해 발생하는 유도전압에 의한 영향을 최소화할 수 있도록 절연변압기 및 노이즈 필터를 통해 전원이 공급되게 하였다.

## 2.1 주제어기

주제어기는 퍼스널컴퓨터와 Visual C를 이용한 제어 프로그램에 의해 유연한 펄스 형성에 필요한 전 과정을 감시, 제어한다. 8대의 모듈제어기와 통신을 위해 퍼스널컴퓨터의 RS232C 직렬포트에 그림 4와 같이 RS232C 신호를 광신호로 변환하는 통신용 인터페이스 모듈을 부가하였다. 이 신호는 공통제어기로 전달되고 공통제어기에 RS485 신호로 변환되어 1:8통신이 이루어지게 하였다.

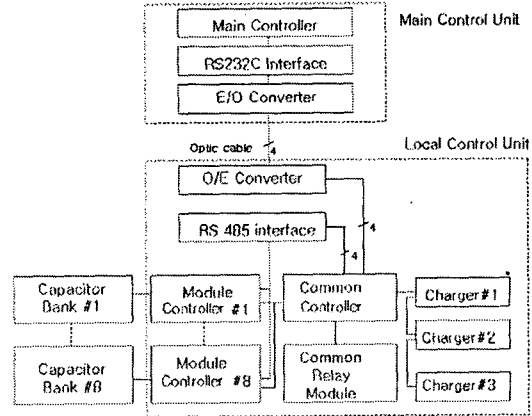


그림 3 제어기 구성도  
Fig. 3 Block diagram of a control system

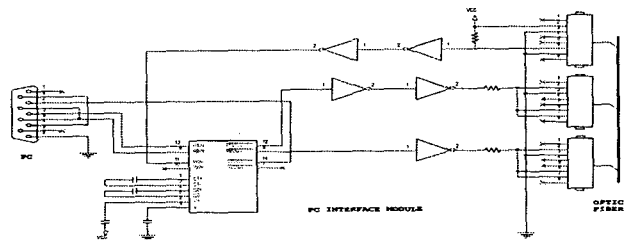


그림 4 통신용 인터페이스 모듈 회로도  
Fig. 4 Circuit of a interface module between main controller and local one

주제어기는 그림 5와 같은 사용자 인터페이스 화면을 통해 사용자의 지령을 받고 통신용 인터페이스 모듈을 통해 각각의 모듈제어기에 사용자의 명령을 전달하며 300kJ 캐패시터 뱅크 모듈의 상태 및 충전기 상태 등을 모듈제어기로부터 전달받아 표시하게 하였다. 그림 5의 좌상은 우상에 사용자가 키보드 또는 마우스를 통해 입력한 각각의 300kJ 캐패시터 뱅크 모듈 충전전압 설정치(녹색)와 충전된 전압(적색)을 표시하고 사용자가 설정한 방전 지연 시간을 표시하고 있다. 우상은 사용자가 설정값을 입력하거나 실험의 진행 상황을 파악할 수 있는 정보를 표시하였으며 우하는 8개의 300kJ 캐패시터 뱅크 모듈 상태를 표시하고 있다. 300kJ 캐패시터 뱅크 모듈에 이상이 발생되면 녹색 단추는 적색으로 변경되어 사용자가 즉시 조치할 수 있게 하였다. 파란색은 모듈이 사용되지 않고 있음을 나타낸다.

실험 중 불안정한 상황이 발생되면 사용자는 비상스위치를 누르고 이 신호는 광으로 변환되어 공통제어기로 전달되며 공통제어기의 포토커플러와 릴레이로 구성된 출력회로를 통해 인터록 릴레이를 동작하게 한다. 인터록 릴레이가 작동

되면 2.4MJ 캐패시터 뱅크의 주 전원이 차단되고 모든 300kJ 캐패시터 뱅크는 초기 상태로 돌아가게 된다.

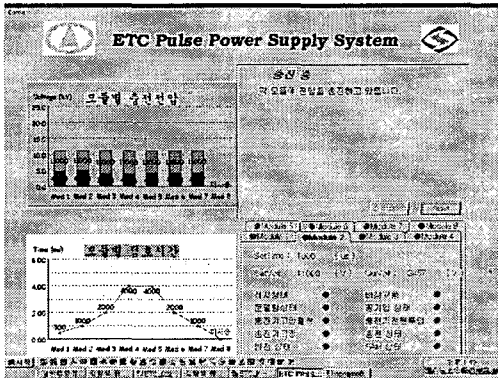


그림 5 주제어기 사용자 인터페이스 화면  
Fig. 5 Man-machine interface screen

2.2 공통제어기

공통제어기는 그림 5와 같이 구성되어 충전기 출력전압, 출력 전류 검지, 통신 신호 처리, 공기압 부족 등의 공통 신호 검지 및 충전기 제어, 충전기 상태 검지 기능을 갖고 있다.

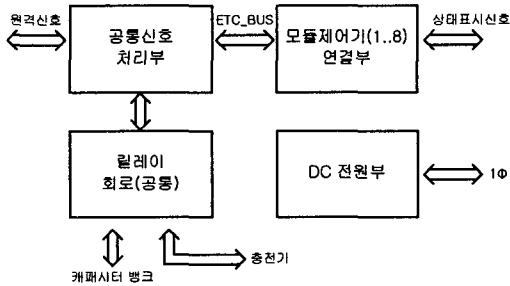


그림 5 공통제어기 구성도  
Fig. 5 Block diagram of a common controller

충전기 출력전압과 출력 전류 검지는 충전기와 제어기의 접지를 분리하기 위해 절연 앰프(AD202)를 이용하여 구성하고 검출된 신호는 버스를 통해 모듈제어기에 전달한다.

통신 신호 처리는 그림 4에서 광케이블을 통해 전달된 신호를 RS485 신호로 변환하여 8개의 모듈제어기에 전달한다. RS485 드라이브는 SN75156을 이용하였다. 통신은 반이중 방식으로 소자의 2, 3번 핀을 제어하여 송신과 수신을 구별하게 하였다.

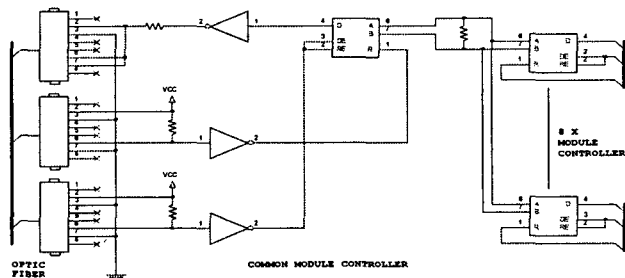


그림 6 공통제어기의 통신 신호처리 회로도  
Fig. 6 Circuit diagram of processing the communication signals in a common controller

충전기 제어 및 상태 검지 신호는 노이즈에 의한 영향을 최소화하기 위해 그림 7과 같이 포토커플러와 신호용 릴레이를 이용하여 이중으로 접지를 분리하였다. 충전기 제어 신호는 8개의 모듈제어기에서 보낸 8개의 신호를 공통제어기에서 하나로 통합하였다. 위의 통합 회로는 다이오드를 이용한 논리합 회로로 구성된다.

2.3 모듈제어기

모듈제어기는 그림 8과 같이 구성하였으며 제어부는 마이크로프로세서(80C196KC)를 이용하여 주제어기와 통신을 통해 사용자의 명령을 수신하고 300kJ 캐패시터 뱅크 모듈의 상태를 검지하여 주제어기에 송신하는 기능을 수행한다. 또한, 상황에 따라 충전, 방전, 덤프 스위치 및 충전기를 제어하고 제어의 이상 유무를 검지한다.

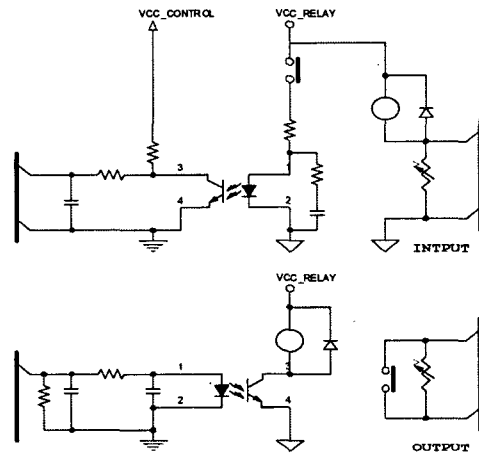


그림 7 공통제어기의 신호 입출력 회로도  
Fig. 7 Circuit diagram of the input/output signals in a common controller

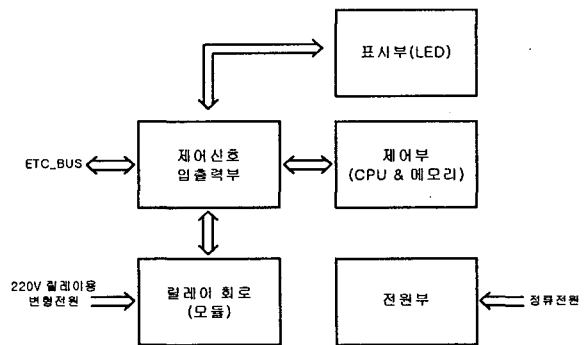


그림 8 모듈제어기 구성도  
Fig. 8 Block diagram of a module controller

입출력부는 제어 신호를 출력하고 상태 검지 신호를 입력받는다. 입출력회로는 공통제어기와 같이 그림 7의 이중 접지된 회로를 이용하였다. 그리고 방전스위치 구동신호는 인접 캐패시터 뱅크 모듈의 대전류 펄스에 의한 영향을 최소화하기 위해 광으로 변환하여 출력하였다. 광변환 소자는 HFBR1521이다.

### 3. 실험

#### 3.1 충전기 전압 및 전류 계측

충전기 전압계측은 공통제어기의 절연앰프를 통해 충전기의 출력전압 30kV를 3V로 변환하고 이 전압을 모듈제어기의 마이크로프로세서에 내장된 A/D 변환기(Analog to Digital Converter)에 입력하여 이산 신호로 변환하였다. 전류계측은 충전전류 1A가 1V로 변환되어 모듈제어기의 다른 A/D 변환기에 입력된다. A/D 변환기의 A/D 변환 시간은 22 $\mu$ s이고 샘플링 시간은 5ms이다. A/D 변환기의 출력은 10비트로 출력하며 하위 2비트는 무시하고 연속된 4개의 A/D 변환 결과를 더해 10비트로 처리하였다. 그러므로 3V가 입력되는 경우 A/D 변환 결과는 612가 되고 1V인 경우는 204가 된다. 더해진 A/D 변환 결과는 순시적인 오차를 줄이기 위해 10개의 이동 평균값을 전압, 전류로 계측함으로써 매 20ms마다 10개의 평균된 전압, 전류를 계측하였다. 전압은 아래의 수식에 의해 실제값으로 변환하였으며,

$$charger\_volt = \sum_{j=0}^{m-1} \sum_{i=0}^3 ad\_result[j,i] \cdot \frac{30000 \times 1000}{612 \times m} \quad (1)$$

전류는 다음 수식에 의해 실제값으로 변환하였다.

$$charger\_curr = \sum_{j=0}^{m-1} \sum_{i=0}^3 ad\_result[j,i] \cdot \frac{1000 \times 1000}{204 \times m} \quad (2)$$

여기서 m은 이동평균 횟수이다.

표 1은 8번째 모듈을 20kV로 충전하는 경우 주제어기에 기록된 8번 모듈의 전압, 전류 계측결과의 일부이며 전체 결과는 파형으로 나타내었다. 300kJ 캐패시터 뱅크의 전압은 일정하게 상승하고 전류는 초기에 과도하게 흐른 후 점차 안정되는 것을 볼 수 있다. 상태값에서 0은 초기값이고 4B0은 정상적으로 충전이 이루어지고 있는 상태이며 430은 충전전압이 설정치에 도달되어 충전이 완료된 상태를 나타내고 있다.

표 1 전압, 전류 계측 예

Table 1 Example of measuring volts and current in a main control system

측정횟수	출력전압[V]	출력전류[mA]	상태
1	0	0	0
2	653	3016	4B0
3	1045	2457	4B0
4	1369	2134	4B0
5	1702	2079	4B0
6	2016	2041	4B0
7	2339	2007	4B0
•	•	•	•
62	18702	1759	4B0
63	18996	1757	4B0
64	19251	1749	4B0
65	19516	1747	4B0
66	19790	1744	4B0
67	20016	1731	430

#### 3.2 상태점검

상태 점검은 모듈 상태 읽기, 공통 릴레이 상태 읽기, 충전기 상태 읽기를 수행하여 16비트 레지스터에 저장한다. 스위치가 구동되면 개폐서어지가 발생하고 릴레이의 점점이 완전하게 동작되는 시간이 수십 ms 내지 수백 ms 정도 소요되므로 안정된 상태 확인을 위해 구동지령 후 600ms 후에 상태를 점검하게 하였으며 주제어기의 명령과 일치하지 않는 모순을 찾아내 각 스위치를 오동작 및 충전기 상태를 점검하였다.

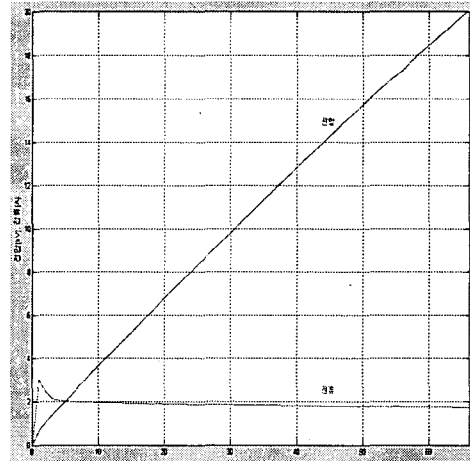


그림 9 계측된 전압(청색), 전류(적색) 파형  
Fig. 9 The waveform of a measured volt(blue) and current(red)

#### 3.3 충전

주 제어기로부터 충전 지령을 받으면 모듈제어기는 덤프 스위치(그림 2의 Dump Relay)를 차단하도록 덤프해지를 지령한다. 600ms 후에 덤프스위치의 구동을 확인 한 후 충전스위치(그림 2의 Charging Relay)를 투입하도록 지령한다. 같은 방식으로 충전기가 고압을 출력하도록 지령하고 정상적인 충전여부를 확인한다. 비정상이면 초기화하고 정상인 경우 출력전압과 설정 전압을 비교한다. 출력전압이 설정전압보다 커지면 충전스위치를 차단하여 충전을 정지시키고 주 제어기로부터 방전 명령을 기다린다. 방전 지령이 정해진 시간 내에 발령되지 않는 경우 시스템 안전을 위하여 모듈제어기는 덤프 스위치를 투입시켜 저장된 에너지를 방출한다.

#### 3.4 방전

각각의 모듈제어기는 캐패시터에 설정된 전압으로 충전이 완료된 후 방전 지령을 대기하고 있다. 주제어기는 모든 모듈에 충전이 완료된 것을 확인 한 후 방전 예비 지령을 발령한다. 모든 모듈제어기는 방전 준비를 위해 통신 기능을 제외한 계측, 상태 점검 기능을 일시 중단하고 방전 지령을 대기한다. 모든 모듈제어기가 방전 준비가 된 것을 확인 한 후 주제어기는 모든 모듈제어기에 동시에 방전을 지령한다. 모듈제어기는 이 지령을 받은 후 이 시간부터 미리 저장된 방전 대기 시간까지 대기한 후 방전 대기 시간에 도달하면 방전을 지령한다. 방전신호는 다른 모듈로부터 간섭을 최소화하기 위해 광신호로 방전 스위치에 전달되고 이 신호는 광전변환에 의해 전기신호로 변환되어 싸이리스트를 점호한

다. 이때 캐패시터에 저장된 전압에 의해 펄스 전류가 싸이리스터를 통해 흐르고 펄스 변압기에 펄스전압이 인가되어 약 2kV의 펄스 전기신호로 변환되어 방전스위치를 점화한다.

3.4 통신

통신은 주제어기와 각 모듈제어기 사이에 직렬통신으로 이루어지며 반이중 방식으로 1:8 다중 통신이 수행된다. 통신 신호는 직렬통신 신호로 시작비트(1비트), 데이터비트(7비트), 패리티(even), 종료비트(2비트)로 구성되고 통신속도는 9600bps까지 가능하며 통신선(Optic Fiber)과 잡음을 고려하여 1200bps를 사용하였다. 데이터 프레임은 그림 10과 같이 구성되며 데이터부의 정보량은 기능에 따라 결정된다. 오류검사는 LRC(Longitudinal Redundancy Check)를 이용하였다. 모든 제어기에 동시에 동일 정보를 보내기 위해 동보통신이 허용되며 이때 응답신호는 생략된다. 개별신호는 데이터 프레임 단위로 송신되고 응답신호는 7 문자시간(Character Time)내에 송신되어야 하며 1.5문자 시간 이내에 문자가 수신되지 않으면 데이터 프레임이 완료된 것으로 간주한다. 두 제어기는 데이터 프레임을 해석하여 각각의 기능에 해당하는 명령을 수행한다.

Addr부	Func.부	Data부	ERROR CHECK부
1 octect	1 octect	n octect	2 octect

그림 10 데이터 프레임 구성도.

Fig. 10 Block diagram of a data frame

그림 11은 통신 상태를 점검하기 위해 별도 제작된 프로그램에 의해 충전기를 동작시키지 않고 통신을 100,000회 시험한 결과이다. 그림 11-a)에서 모듈별 발생 오류는 거의 비슷하다. 오류 발생의 원인은 컴퓨터의 RAM 상주 프로그램의 동작으로 인해 통신 데이터의 수신에 영향을 준 것으로 판단되었다. 그림 11-b)은 RAM 상주 프로그램을 모두 정지시키고 한 모듈에 대해 시험한 결과로 주제어기와 모듈제어기 간의 RAM 상주 프로그램이 통신에 영향을 주고 있음을 확인하였다.

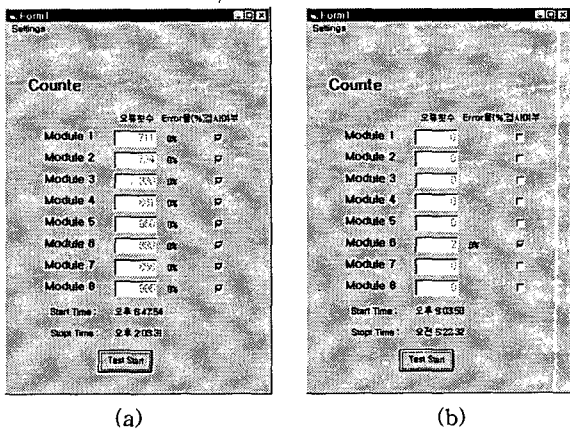


그림 11 정상 상태에서 통신 오류 검사

Fig. 11 Communication fault check in a normal status

3.5 총방전 실험

8개의 300kJ 뱅크 모듈 내의 Pulse Shaping Inductor의 값은 수동으로 설정하고 각각의 모듈에 대한 충전전압 및 방전 지연 시간을 설정하여 사용자가 원하는 임의의 파형을 얻을 수 있도록 제어 시스템이 구성되어 있다.

또한, 제어 시스템은 고압으로부터 사용자와 기기를 보호할 수 있도록 각각의 300kJ 뱅크 모듈에 대한 감시 및 인터록에 의해 자동으로 전원이 차단되도록 설계되었다. 그림 12는 이상에서 설명된 제어시스템의 주제어기 충전완료 화면으로 위상에 모듈 1에서부터 모듈 8년까지 원하는 전압으로 충전된 상황을 보여주고 있고 우하에 각 모듈에 대해 설정된 방전 지연 시간을 나타내고 있다. 또한, 좌상에 충전의 완료와 충전에 소요된 시간을 사용자에게 알리는 정보가 표시되어 있으며 좌상에 모든 300kJ 뱅크 모듈의 상태가 정상임을 나타내고 있다. 이 후 주제어기의 방전지령에 따라 100mΩ 부하에 흐르는 펄스신호를 그림 13에 나타내었다. 그림 13에서 첫 번째 펄스 형태는 1번 모듈이 방전되어 나

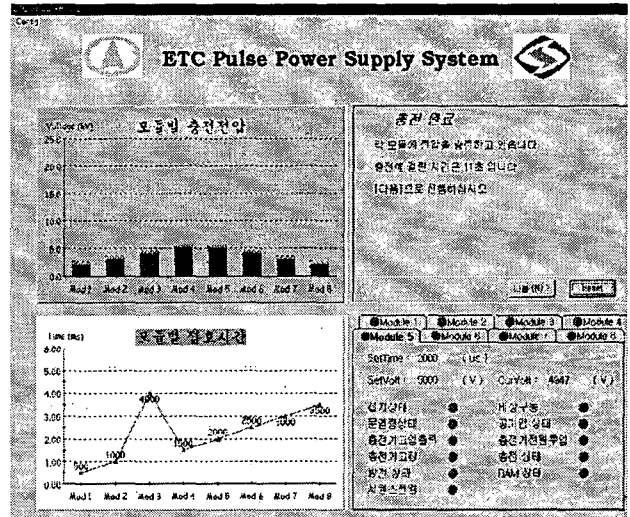


그림 12 주제어기의 인터페이스 화면(충전완료)

Fig. 12 Screen of a main controller(end of charging)

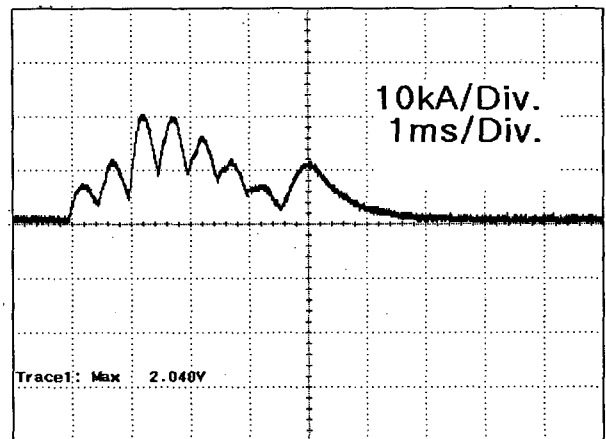


그림 13 그림 12의 조건에 의해 생성된 전류 펄스 파형

Fig. 13 Waveform of the pulse current generated by fig 12 condition

타단 펄스이고 이어서 2번, 4번 5번 순으로 방전될 때 나타나는 펄스 형태를 보여주고 있다. 방전 시간은 설정한 대로 각각 500 $\mu$ s 간격을 유지하고 있음을 알 수 있다.

그림 14는 같은 조건에서 충전전압과 방전지연시간을 다르게 설정한 경우로 그림 15는 그림 13에 비해 방형파에 근접된 모습을 보이고 있다.

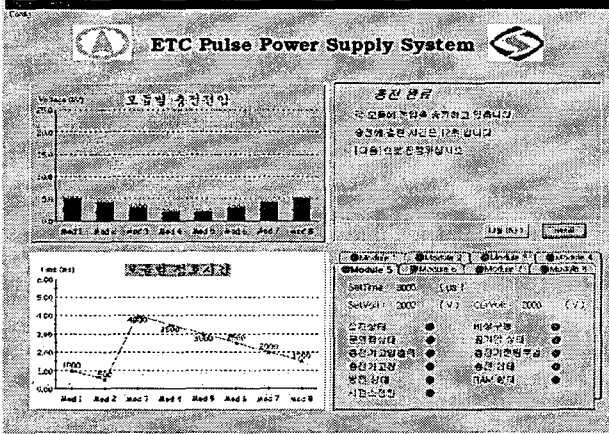


그림 14 주제어기의 인터페이스 화면(충전완료)\_2  
Fig. 14 Screen(2) of a main controller(end of charging)

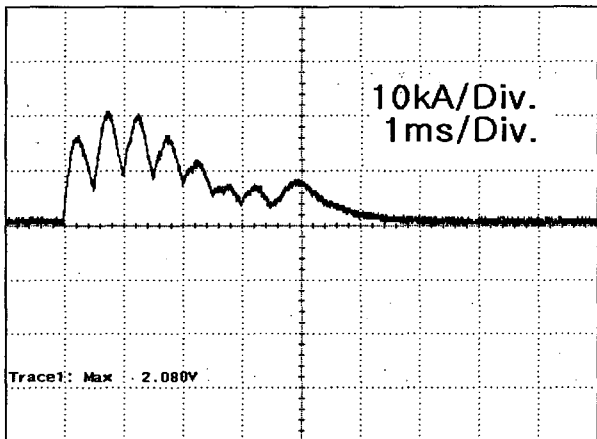


그림 15 그림 14의 조건에 의해 생성된 전류 펄스 파형  
Fig. 15 Waveform of the pulse current generated by fig 14 condition

4. 결 론

본 연구는 전열화학 추진포(ETC)의 전원으로 이용되는 8개의 300kJ 캐패시터 뱅크 모듈로 구성된 2.4MJ 캐패시터 뱅크를 유연하고 안전하게 제어하여 ETC에 원하는 대전류 펄스를 발생시킬 수 있게 하는 제어기 구성에 관한 것이다. 본 연구의 목표는 2.4MJ 캐패시터 뱅크의 8개 모듈에 대한 전압 제어, 동시 또는 순차적인 방전제어를 통해 원하는 대전류 펄스 형태를 유연하게 형성되게 하고 상태 감시를 통해 안전하게 시스템을 운영하는 기능을 갖는 제어기를 신뢰성 있고 저렴하며 소형으로 구성하는 것이다. 이를 위해 그림 3과 같이 퍼스널 컴퓨터, 마이크로프로세서, 직렬 통신 및 광

신호 변환을 이용하여 안전하고 편리하며 유연하게 원하는 대전류 펄스를 발생시킬 수 있는 제어기를 구성하였으며 실험(그림 12-15)을 통해 이를 입증하였다. 2.4MJ 캐패시터 뱅크 모듈을 안전하게 운영하기 위해 주제어기와 고압 캐패시터 뱅크를 전기적으로 분리하고 광파이버를 이용하여 신호를 송수신하는 것이 일반적인 개념이다. 참고문헌[5,6]의 제어시스템에서는 방전 순차제어기를 주제어기 측에 설치하고 고압충전기를 모듈별로 운영하여 모듈의 전압을 제어하였으며 안전을 위해 로직 인터록을 광파이버로 인터페이스하고 있다. 이때 인터페이스에 이용되는 광파이버 및 광·전기 신호 변환기는 최소 24개 이상 필요하게 되어 제어기 가격이 상승하고 광파이버의 관리 등 유지 관리에 어려움이 있게 된다.

본 연구에서는 주제어기로부터 충전전압과 방전지연시간을 직렬통신을 통해 모듈제어기에 전달하고 모듈제어기에서 전압제어, 방전순차제어 신호가 발생되게 하고 공통제어기에서 고압충전기를 제어하게 하여 단지 3개의 광파이버와 광·전기 신호변환기 만 이용함으로써 저렴하게 제어시스템을 구성할 수 있었다.

또한, 종래의 제어시스템에서 전압제어를 위해 모듈별로 8대의 고압충전기를 운영하고 있으나 본 연구에서는 공통제어기를 통해 고압충전기를 제어함으로써 고압충전기를 3대로 줄일 수 있었다.

그리고 본 연구에서 시도된 모듈제어기와 공통제어기는 대전류 펄스에 의해 발생하는 유도전압, 전자파에 의한 영향을 많이 받을 수 있지만 차폐망 설치 및 접지의 이중분리에 의해 영향을 최소화하여 시스템의 신뢰성을 유지하게 하였다.

또한, 주제어기로 일반 퍼스널컴퓨터를 채택함으로써 프로그램을 통해 2.4MJ 캐패시터 뱅크의 상태 등에 대한 이력 관리 등 장치의 유지 보수가 용이하게 하였다.

참 고 문 헌

- [1] “제3차 전열추진 기술 세미나”, 국방과학연구소. 1999. 10. 28
- [2] “제4차 전열추진 기술 세미나”, 국방과학연구소. 1999. 10. 28
- [3] Y. S. Jin at al “Design and Performance of a 300kJ Pulsed Power Module for ETC Application”, IEEE EML2000.
- [4] Gary Katulka at al, “A 4-MJ Mobile Pulse Power Facility for Electrothermal-Chemical(ETC) Gun Application”, U.S Army Research Lab. Oct. 1995.
- [5] B. Augsburger at al, “DRA 500kJ Multi-Module Capacitor Bank”, IEEE Transaction on Magnetics., Vol., 31. no. 1 Jan. 1995., pp10-14.
- [6] B. Augsburger at al, “Royal Ordnance 2.4 MJ Multi-Module Capacitor Bank”, IEEE Transaction on Magnetics., Vol., 31. no. 1 Jan. 1995., pp16-21.
- [7] “CCDS Power Supply Operations & Maintenance Manual”, Maxwell Energy Products, Apr. 1998.

저 자 소 개



**김 중 수 (金鍾洙)**

1959년 12월 26일생. 1982년 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업, 1991년 경남대학교 공과대학 전기공학과 졸업(석사), 1999년 경남 대학교 공과대학 전기공학과 졸업(박사), 2004년 Texas Tech Univ. Post. Doc. 1982년~현재 한국전기연구원 산업전기연구단 전력전자연구그룹 책임연구원/그룹장.



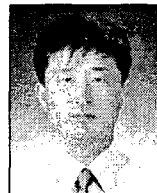
**임 근 희 (林根熙)**

1955년 10월 7일생, 1978년 서울대학교 전기공학과(학사), 1988년 미국 Virginia Polytech Institute & State University 전력전자(석사), 1992년 동대학 전력전자(박사), 1978년~현재 한국전기연구원 선임연구부장(책임연구원), 1998~현재IEEE Paper referee Transaction on IA, and PE



**진 윤 식 (陳潤植)**

1963년 4월 17일생. 1986년 서울대 공대 원자핵공학과 졸업. 1990년 동대학원 졸업(석사). 1999년 나가사키 대학 대학원 졸업(공박). 1990년 9월~현재 한국전기연구원 산업전기연구단 테라헤르츠과 전문연구팀, 그룹장, 책임연구원.



**김 진 성 (金鎭成)**

1962년 2월 9일생. 1984년 동국대학교 전기공학과 졸업. 1989년 동대학원 전기공학과(석사) 졸업. 2000년 충남대학교 전기공학과 졸업(박사). 1989년~현재 국방과학연구소. 2002~2003년 미해군 Naval Research Lab. 교환연구원.



**이 흥 식 (李弘植)**

1953년 9월 13일생, 1975년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 한국전기연구원 전기물리연구그룹장(책임)