

EV용 배터리 관리시스템(BMS) 시뮬레이터 개발

박찬희¹, 김상중², 황호석³, 이희관^{1*}
¹(사)전북대학교자동차부품금형기술혁신센터, ²(주)브이엔아이,
³(주)코디에스 기반기술연구소

Development of a battery management system(BMS) simulator for electric vehicle(EV) cars

Chan-Hee Park¹, Sang-Jung Kim², Ho-Suk Hwang³ and Hee-Gwan Lee^{1*}

¹Chonbuk National University Automobile parts & mold Technology Innovation Center

²VNI Corporation

³CODI-S Base R&D Institute

요약 본 연구는 EV용 전기자동차의 차세대 에너지원인 리튬이온 배터리 팩을 관리하는 BMS의 성능 검증을 위한 시뮬레이터의 Cell simulation 보드와 이를 컨트롤 할 수 있는 임베디드 프로그램을 개발 하였다. 그리고 시뮬레이터의 속도를 향상시키고, 시스템 단가를 낮출 수 있는 Amplifier를 직렬로 연결하는 방식을 고안하여 OP amp와 트랜지스터를 직렬로 연결하였다. 또한, DAC를 채널마다 사용하여 채널간 절연(isolation)성능을 기존 방식보다 향상시켰다. 그리고 전류 제한 보호회로를 구성하여, 외란으로부터 보드를 보호 할 수 있도록 하였다. 개발된 시뮬레이터의 성능 검증을 위하여 각 셀에 5V부터 0.5V까지 0.5V의 크기로 전압을 강하 시키면서 총 10번의 실험을 하였다. 실험 데이터의 유의성 분석 결과, 모든 실험 조건에서 평균 0.001~0.004V 표준 편차로 출력되는 것을 확인하였으며, 이를 통하여 본 시뮬레이터가 높은 유의성 및 반복성을 가지는 시스템을 확인 할 수 있었다.

Abstract This study reports on the development and performance verification of cell simulation boards of simulator and the embedded program for board control of the battery management system (BMS) of electric vehicle (EV) cars, which manages the next-generation automotive lithium-ion battery pack. Here, we have improved the speed of the simulator by using operational (OP) amplifier and transistors that were connected in series. In addition, using a digital analog converter (DAC) in each channel, we have improved the performance by channel-to-channel isolation (isolation) as compared to the traditional methods. Furthermore, by constructing a current-limiting protection circuit, one can be protected from disturbance and, by utilizing a precision shunt resistor for the current sensor, we have increased the precision of the current control. In order to verify the performance of the developed simulator, we have performed the experiment 10 times, with values ranging from 0.5 V to 5 V, and a voltage drop step of 0.5 V. Significance analysis of experimental data, and repeatability tests were performed, showing an average standard deviation of 0.001~0.004 V, indicating high repeatability and high statistical significance of the current method and system.

Key Words : Battery Management System, BMS Simulator, Cell simulation boards

1. 서론

하이브리드 전기차에서 배터리 시스템은 직접적인 에너지 입출력을 담당하는 배터리와, 관리 및 제어를 위한

알고리즘 수행을 담당하는 배터리 관리장치 및 각 구성 부품을 전기적으로 연결 해주는 전선과 안전장치(BMS) 등 주변 시스템으로 구성된다[1-2]. 배터리 관리 시스템(BMS; Battery Management System)은 전기자동차의 최

본 논문은 2011년 중소기업융합기술개발사업 연구과제로 수행되었음.(중소기업청, SD122836)

*Corresponding Author : Hee-Gwan Lee

Tel: +82-63-219-0302 email: pass@camtic.or.kr

접수일 12년 04월 18일

수정일 (1차 12년 05월 04일, 2차 12년 05월 18일)

게재확정일 12년 06월 07일

적 배터리 제어를 통한 주행거리 향상 및 안전성을 확보해주는 필수 요소이며, 배터리 관리 기술(BMS)은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째로 열에 약한 배터리를 균등 냉각하여 동일한 성능 구현이 가능토록 하여 주는 열관리 제어와 두 번째로 배터리의 각 상태를 판단하여 최적 효율 점에서 작동토록 하는 SOC(State of Charge) 제어로 나눌 수 있다[3-4].

한편, BMS를 제작하는 업체의 경우, 제품 개발 및 생산 후 신뢰성 평가 단계에서 실제 배터리에 장착 후 테스트를 필요로 하는 경우가 발생하는데, 이를 위한 배터리 시뮬레이터 제작 기술이 필요하다. 이때 사용하는 BMS 시뮬레이터는 BMS의 ECU 개발을 위한 SW 개발 환경 제공 및 ECU 동작 시험을 위한 가상 Source(Voltage, Current, Temperature)등을 제공하는 역할을 한다[2]. 따라서 BMS 시뮬레이터의 설계와 동작은 주어진 규격과 기준에 따라야 하며, 수행에 주어진 모든 기능적, 비기능적 요건을 만족하여야 하기 때문에 HIL(Hardware In the loop)시스템으로 구현되어야 한다. 한편 그동안의 BMS 시뮬레이터는 하이브리드 전기 자동차의 배터리를 시뮬레이션 하기 위하여 고가의 전원공급 모듈(Power supply)을 직렬로 연결하여 배터리 팩을 모사하고, 컴퓨터와의 표준 통신 방식인 GPIB(General Purpose Input output Bus)를 이용하여 시뮬레이터를 개발 하였으나, 이는 속도가 느린 통신 방식의 한계점과 막대한 비용을 필요로 하기 때문에 많은 문제가 발생하였다.[5] BMS 시뮬레이터의 제작에 있어서 가장 중요한 항목(factor)은 시간(time)이며 이를 위하여 반드시 임베디드 시스템과 같은 빠른 제어방식과 효율적인 알고리즘 설계를 필요로 한다. 실제 BMS 모듈은 전기자동차의 배터리팩에 장착되어 전기 자동차 메인 컨트롤러(ECU) 모듈과 CAN(Car Area Network) 통신을 통하여 에러(Error)없이 주어진 명령을 수행해야 하기 때문이다.[6]

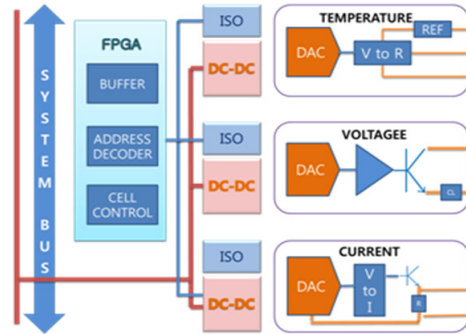
따라서 본 연구는 하이브리드 전기차의 차세대 에너지 원인 리튬이온 배터리 팩을 관리하는 BMS의 시뮬레이터(Simulator)에 필요한 Cell simulation 보드와 이를 컨트롤할 수 있는 임베디드 프로그램을 개발하여, 차량의 요구 성능 만족은 물론 내구성을 만족하는 배터리 시뮬레이터 시스템 설계, 제작 및 시험기술을 확보 하고자 한다.

2. 본론

2.1 Cell simulation board 개발

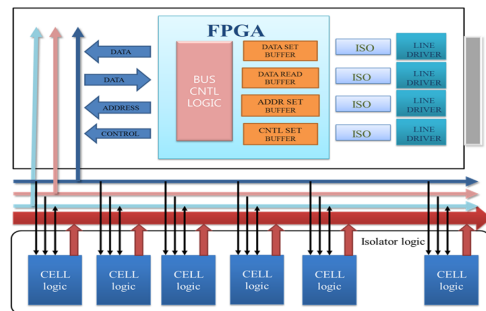
BMS 시뮬레이터용 Cell Simulation Board는 BMS 동작 시험을 위한 가상 Source(Voltage, Current, Temperature)등

을 제공하는 역할을 하며, 실제 전기 자동차에 주어진 모든 환경 하에서 원하는 기능을 수행할 수 있도록 개발 되었다.



[그림 1] Cell 시뮬레이션 보드 schematic
[Fig. 1] A schematic of cell simulation boards

그림 1과 같이 1개의 PCB에 3가지의 기능을 수행할 수 있도록 설계되었으며, 전압 제어를 위한 Cell Voltage Source 기능은 컨트롤러에서 입력된 16비트 데이터 신호를 DAC(Digital Analog Converter)를 통하여 아날로그 전압 신호로 변경된 뒤, 전압 증폭기를 통하여 증폭되어 컨트롤러에 출력된다. 최종 출력 단에서는 전류제한 회로를 추가하여 과도한 외부로드(부하)에 대하여 회로를 보호 되도록 구성하였다. Cell Current Source와 Cell temperature Source는 정밀저항 회로를 통하여 물리량을 전압 값으로 변환하여 출력 되도록 설계 하였다. PCB의 가장 큰 특징은 그림 2와 같이 Cell Simulation 보드가 고전압의 직렬 전압을 출력하여야 하기 때문에 이를 빠르고 효율적으로 구현하기 위하여 디지털 절연회로의 적용과 FPGA를 이용한 컨트롤로직을 구현하였으며 고정밀 컨버터를 이용하여 정밀도를 향상시켰다. 그리고 이를 효과적으로 제어하기 위하여 Address, Data, Control 버스로 구성된 어드레스 확장기법을 적용하였다.



[그림 2] 어드레스 확장 기법의 블록 다이어그램
[Fig. 2] Block diagram of address expansion techniques

2.1.1 Cell simulation voltage source 보드 개발

개발한 Cell simulation voltage source는 중첩되어 최대 400V 까지 전압 출력이 가능하도록 설계되었으며, 표 1과 같은 스펙을 갖는다.

[표 1] Cell 시뮬레이션 전압 사양

[Table 1] Specification of cell simulation voltage source

Voltage Range	0 - 5V Programmable
Current Range	0 - 200mA
Cell 개수	40 EA
total voltage range	0 - 200V

Cell simulation board의 회로의 특이 사항으로는 Control logic 에 있으며, 10MBIT 디지털 Isolator를 사용하여 전압간섭으로부터 board level에서 차단하였으며, Isolation power는 ±15V, +5V 범위를 갖는다. 그리고 16BIT D/A Converter를 사용하여 디지털 데이터를 아날로그로 변환 하였으며, 2.5V Precision reference와 작동 증폭은(Operational Amplifier) 2배의 값을 갖도록 설계 하였다.

2.1.2 Cell simulation current source 보드 개발

Cell simulation current source 에서 Cell에 흐르는 전류는 내부에 장착된 Shunt 저항(0.25Ω)을 통하여 흐르게 되고 Shunt 저항에 흐르는 전류는 전압을 발생하게 된다. 이와 같이 D/A 컨버터에서 발생된 전압을 전압-전류 변환을 통하여 Sensing 저항에 전류를 흐르게 함으로서 시스템에서 전류를 흐르게 한다. 회로 구성은 10M bit 절연기(Isolator)를 사용하여 보드를 보호하고 간섭을 최소화 하였으며, 이때 필요한 파워로는 +5V 이며, 16비트 D/A 컨버터와 2.5V 정밀 레퍼런스(precision reference)를 사용하여 전류 값을 출력한다. 그리고 Cell voltage source와 마찬가지로 전압-전류 컨버터를 사용하였다.

[표 2] Cell 시뮬레이션 전류 사양

[Table 2] Specification of cell simulation current source

Shunt resistor	50mV/200mA (0.25ohm)
Current signal amplifier	x 100 (OPTIONAL)
Current signal range	0 - 5V (200mA)

2.1.3 Cell simulation temperature source 보드 개발

Cell simulation temperature source에서 Cell에 발생되는 온도는 서미스터가 내장되어 서미스터의 저항변화에

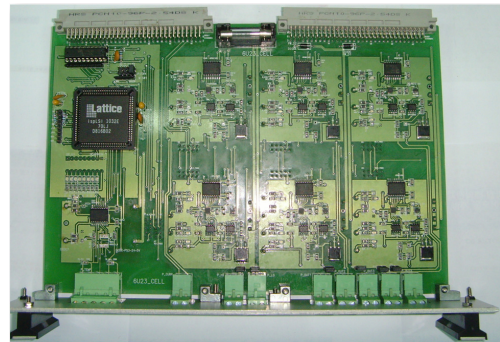
의해서 시스템의 온도변화를 모니터링 한다. Temperature source는 0-100KΩ 저항을 가상으로 변환함으로서 시스템의 온도를 가상으로 시뮬레이션 할 수 있도록 개발 하였으며, 서미스터는 저항에 분압저항으로 온도를 나타낸다. 레퍼런스(Reference) 저항과 서미스터 Simulation 저항의 비율로서 전압이 나타내어지고 측정된 전압을 기준으로 온도로 환상하여 반응하도록 한다. 구성으로는 10Mbit 절연기(isolator)를 사용하였으며, 이때 인가되는 전압은 5V, 그리고 DC-R 컨버터를 사용하여 전압변화로써 온도 변화를 출력하였다.

[표 3] Cell 시뮬레이션 온도 소스 사양

[Table 3] Specification of cell simulation temperature source

Temperature sense resistor	0 - 100K
Resolution	10BIT

이와 같이 개발된 Cell simulation 보드는 그림 3과 같이 하나의 PCB에 집적화 하였으며, 총 5개의 Cell simulation을 할 수 있도록 설계 하였다.



[그림 3] 최종 개발된 Cell Simulation 보드

[Fig. 3] Final product of cell simulation board

Cell simulation 보드는 최대 16개까지 직렬로 연결하도록 소자선정 및 회로를 구성하였으나, 본 연구에서는 8개만을 연결하여 최대 200V 의 출력을 가능하도록 개발 하였다.

2.1.4 Cell simulation 컨트롤 보드 및 프로그램 개발

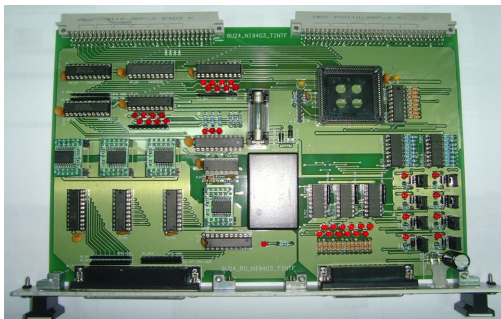
본 연구에서는 Cell simulation 보드 컨트롤을 가장 효율적으로 하기 위하여 임베디드 컨트롤 보드를 개발 하였다. 컨트롤 보드는 컴퓨터와 연결된 FPGA 기반의 임베디드 시스템과의 제어신호를 전달 받아, Cell simulation board와 실제 BMS 모듈간의 전압, 전류, 온도 등이 제대

로 전달 되도록 제어(Control) 및 감시(Monitoring) 역할을 한다. 또한, Cell Simulation board 와 컨트롤 시스템간의 통신 방식은 Address 확장을 통하여 이루어지며, Cell은 필요에 따라서 수량을 늘리거나 줄일 수 있다. 이를 유연하게 대응하기 위해서 각각의 Cell 보드는 5개씩의 Voltage source와 Current source, Temperature source를 각각 1개씩 내장하고 있다. 이러한 시스템을 효과적으로 구성하기 위하여 Back plane과 시스템 버스를 구성하여 시스템을 효과적으로 추가할 수 있도록 하고 있다. 최종 개발된 Cell 컨트롤 보드는 그림 4와 같으며, FPGA칩의 탈부착이 용이 하도록 칩 소켓을 이용하였으며, 컨트롤 시스템과의 연결은 32핀 병렬포트(Parallel port)를 이용하였다. BMS 시뮬레이터 컨트롤 시스템 개발의 경우, Cell Simulation Board를 컨트롤하기 위하여 National Instruments사의 LabVIEW FPGA 기반의 Embedded 방식을 선택 하였다.

[표 4] Cell 시뮬레이션 온도 소스 사양

[Table 4] Specification of cell simulation temperature source

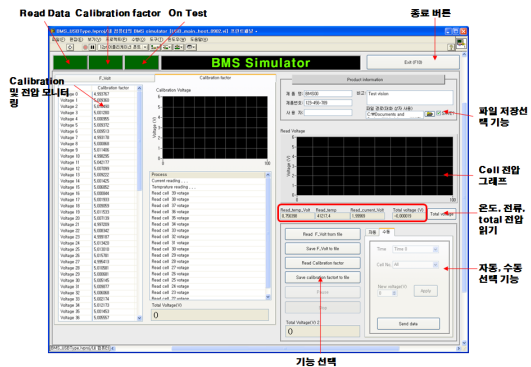
DATA LINE	8BIT WIDTH
ADDRESS LINE	8BIT WIDTH (256 ADDRESS)
CONTROL LINE	WR, RD, RESET
POWER LINE	BUS



[그림 4] 최종 개발된 Cell 컨트롤 보드
[Fig. 4] Final product of cell simulation control board

컨트롤 프로그램은 LabVIEW FPGA 프로그램, RT 프로그램, Windows Host 프로그램을 개발하였으며, 컨트롤 시스템은 제어를 모니터링 하는 Host PC와 제어 알고리즘이 Real-Time으로 수행 할 수 있는 Real-Time Target, 그리고 Cell Simulator와 직접적인 하드웨어 입출력을 담당하는 FPGA 로 구성되도록 개발 하였다. FPGA 프로그램은 Address Set bit , Chip Selection bit, Data Set bit, Control bit 총 4 Port를 제어 할 수 있도록 개발하였으며,

모든 알고리즘은 함수로서 사용할 수 있도록 구조화 하였다. Host Program의 경우, 그림 5와 같이 사전에 정해 놓은 시나리오를 파일로부터 읽어 올 수 있도록 함수를 개발 하였다. 개발된 함수는 Simulation 하는데 있어서, 정해진 시나리오에 맞춰 시뮬레이션을 진행 할 수 있는 자동 모드와, 사용자가 직접 원하는 Cell의 전압을 컨트롤할 수 있는 수동모드를 개발하여 양산 모드뿐만 아니라 정밀 시뮬레이션 시에도 사용할 수 있도록 기능을 다양화 하였다. 그리고 메인 프로그램 상에서 사용자가 시뮬레이션 진행되는 Cell의 위치를 확인할 수 있도록 UI의 속성을 컨트롤할 수 있도록 하였으며, 해당 Cell의 전압을 실시간으로 확인할 수 있도록 그래프를 추가 하였다.



[그림 5] 최종 개발된 Cell 컨트롤 프로그램
[Fig. 5] Final front panel of cell simulation control program

3. 실험

3.1 시스템을 이용한 실험

실험은 Cell 40개에 각각 전압, 전류, 온도를 제어할 수 있는 총 10번의 시퀀스를 사전에 스프레드시트 형식의 파일로 입력해놓았으며, 시뮬레이터는 이 파일을 호출하여 Cell simulation board에 전압 값을 제어하고 이때 Cell simulation board에서 출력된 전압 값과 전류, 온도 값을 실시간으로 측정하여 비교 분석 하였다.

3.2 실험 결과

개발된 Cell 시뮬레이션 보드의 각 셀의 출력 정밀도를 확인하기 위하여 5V, 4.5V, 4V, 3.5V, 3V, 2.5V, 2V, 1.5V, 1V, 0.5V 순으로 전압을 인가하여 출력되는 전압의 크기를 정밀 계측기(Agilent사의 34970A)를 이용하여 측정하였다.

총 10번의 실험 데이터의 유의성을 분석하여, 표준 편

차를 확인하여 본 결과 표 5와 같았으며, 모두 1/1000 수준에서 유의성을 보임을 확인할 수 있었다.

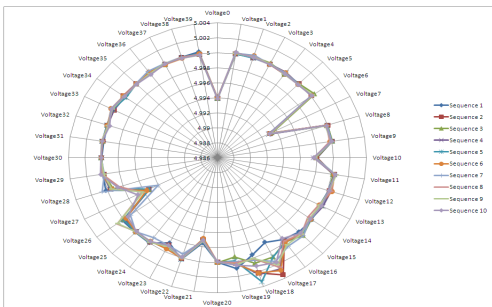
[표 5] 출력 값의 유의성 검사 결과

[Table 5] The analysis result of output data

Input Volt	AVG	Max	Min	STDE V	AVG. Total Volt
5	4.999	5.003	4.992	0.001	199.979
4.5	4.500	4.504	4.498	0.001	180.014
4	4.000	4.006	3.998	0.001	160.035
3.5	3.501	3.510	3.498	0.002	140.058
3	3.001	3.013	2.997	0.003	120.062
2.5	2.501	2.514	2.497	0.003	100.053
2	2.001	2.015	1.997	0.003	80.070
1.5	1.502	1.518	1.498	0.004	60.100
1	1.002	1.020	0.997	0.004	40.112
0.5	0.502	0.521	0.498	0.004	20.083

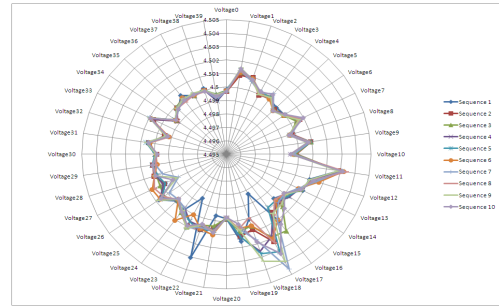
3.2.1 각 셀별 인가 실험 결과

5V를 인가하였을 때 출력되는 전압 값은 총 10번의 실험에서 일정한 패턴으로 값이 출력되는 것을 그림 6과 같이 확인할 수 있었다. 그러나 17번, 18번, 19번 Cell의 전압 값이 0.001V 이내에서 분산되는 것을 확인할 수 있었으나, 이것 역시 10번의 패턴이 일정함을 확인 할 수 있었다.



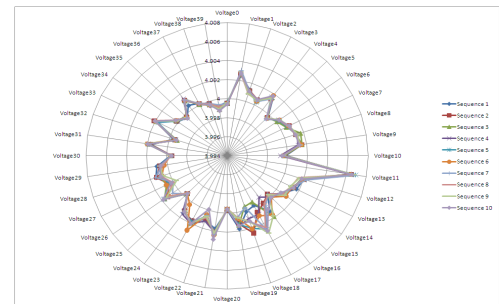
[그림 6] 5V 전압 인가 시 출력 전압 그래프
[Fig. 6] Graph of output voltage when 5V applied to the cell board

4.5V를 인가한 경우는 전압 범위 4.495 ~ 4.505V 전압 범위 내에서 그림 7과 같으며, 역시 Cell 17, 18, 19번에서 전압 값의 분산도가 높음을 확인할 수 있었다. 그리고 특히 1번 시퀀스에서 Cell 21, 22, 23번에서 값이 오차율 일 높아짐을 확인할 수 있었다.



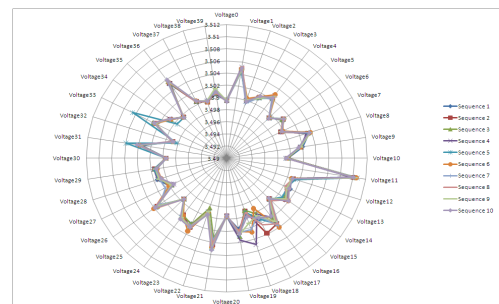
[그림 7] 4.5V 전압 인가 시 출력 전압 그래프
[Fig. 7] Graph of output voltage when 4.5V applied to the cell board

그리고 4V로 설정하고 출력 값을 분석한 결과, 그림 8과 같이 Cell 17~19번에서 역시 전압 변화가 가장 크게 나타났으며, 특이사항으로는 Cell 11번에서 가장 큰 전압 값(4.007V)이 출력되었다.



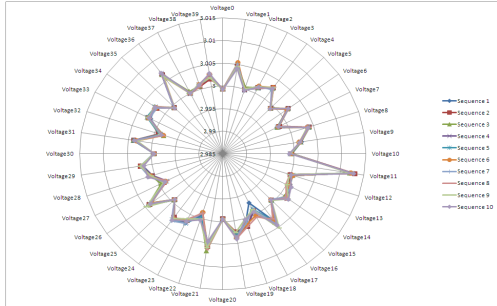
[그림 8] 4V 전압 인가 시 출력 전압 그래프
[Fig. 8] Graph of output voltage when 4V applied to the cell board

3.5V의 경우는 그림 9와 같이, Cell 11번에서 가장 큰 값이 출력되었으며(3.51V)5번째 시퀀스에서 Cell 33번에서 Peak가 감지되었다. 또한 역시 Cell 17~19번에서 가장 큰 변화를 나타내었다.



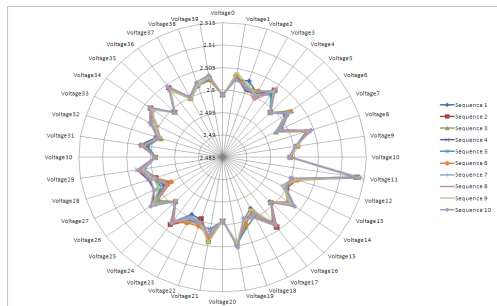
[그림 9] 3.5V 전압 인가 시 출력 전압 그래프
[Fig. 9] Graph of output voltage when 3.5V applied to the cell board

3V인가 시부터는 그림 10과 같이 매년 발생하던 Cell 17~19번의 전압 변동이 거의 없이 일정한 패턴을 보였다. 역시 Cell 11번에서 가장 큰 Peak 값이 출력되었으며 (3.012V), 전반적으로 가장 안정된 패턴을 보였다.

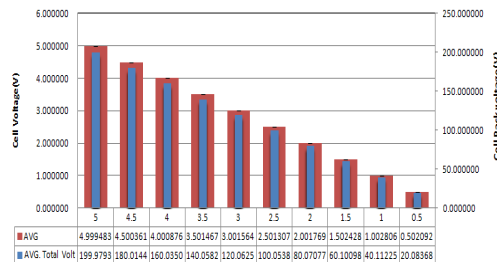


[그림 10] 3V 전압 인가 시 출력 전압 그래프
[Fig. 10] Graph of output voltage when 3V applied to the cell board

2.5V 전압인가부터 0.5V 까지는 그림 11과 같은 패턴으로 출력되었다. Cell 11번에서 가장 많은 Peak 값이 출력되었다.



[그림 11] 2.5~0.5V 전압 인가 시 출력 전압 그래프
[Fig. 11] Graph of output voltage when 2.5~0.5V applied to the cell board



[그림 12] 해당 조건에 따른 출력 전압 분석
[Fig. 12] Analysis of the output voltage according to the condition

그리고 Cell pack 전압의 출력 시에도 그림 12와 같이 위와 같은 Cell 번호에서 전압 오차가 유의 수준 내에서 발생함을 확인하였다. 한편, Cell temperature 제어 후 출력 결과는 100,000Ω 입력을 입력하여, 99,952.1Ω 이 출력되었다. Cell current 제어의 경우는 10mA에 해당되는 2.5V 설정 후 원하는 값에 해당되는 2.5V가 출력되었다.

4. 결론

본 연구를 통하여 기존시스템 대비 제조가격, 제어속도, 정밀도 측면에서 주목할 만한 결과를 얻었다. 먼저 컨버터와 Op amp, 트랜지스터를 이용한 시스템은 기존 시스템 대비 약 1/10의 비용으로 시스템을 구현할 수가 있었으며, 기존의 시스템 제어방식인 GPIB나 Serial Interface방식에 비하여 디지털 버스방식의 인터페이스는 인터페이스 속도를 1/1000의 속도로 구현하여 채널당 10 μsec이내, 전체 채널에 대하여 1msec속도를 구현하였다. 이렇게 빠른 제어속도는 CAN 시스템을 이용하여 시스템의 속도를 모니터링하기위한 최소 이벤트시간을 10msec 이내로 하는 고속의 시스템에 대응할 수 있는 BMS시스템을 개발하는데 이용할 수 있게 되었다.

전류제어는 실제 시스템과 같이 Shunt 저항에 필요한 전류를 실제로 공급하고 측정하는 방식을 적용함으로써 실질적인 시뮬레이션을 할 수 있도록 하였다. 또한 대부분의 파워시스템은 고정밀도라도 12비트만을 사용하는데 16비트의 고정밀도 컨버터를 사용하여 정밀도를 향상시켰으며, 개발된 시스템의 유의성은 총 0.001~0.004V 수준에서 표준편차가 발생하였으며, 매우 높은 유의성 및 반복성을 가지는 시스템으로 평가 되었다.

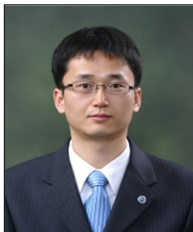
References

- [1] John Chatzakis, Kostas Kalaitzakis, Nicholas C. Voulgaris, and Stefanos N. Manias, " Designing a New Generalized Battery Management System", IEEE transaction on industrial electronics : a publication of the IEEE industrial Electronics society, Vol. 50, No. 5, pp. 990 - 999, October, 2003
- [2] Rudi Kaiser., "Optimized battery-management system to improve storage lifetime in renewable energy systems" European lead battery conference, Vol. 168, No. 25, pp 58-65, May 2007
- [3] Xiao, X. Liu, X. Qiao, L. Li, S., " A Li-ion Battery

Management System Based on MCU and OZ8920", Procedia engineering, vol .29, pp.738-743, 2012

- [4] D. P. Xu, L. F. Wang, J. Yang. "Research on Li-ion battery management system", International Conference on Electrical and Control Engineering (ICECE), Beijing, China, pp. 4106-4109, 2010.
- [5] Coleman, M. "A combined SOC estimation method under varied ambient temperature for a lead-acid battery", Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2005. APEC 2005. Twentieth Annual IEEE, Nat. Univ. of Ireland, Glaway, Ireland, pp.991-997, vol.2, march 2005
- [6] K. W. E. Cheng, B. P. Divakar, H. Wu, et al. "Battery-Management System (BMS) and SOC development for electrical vehicles", IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 60, no. 1, pp.76-88, Jan. 201.

박 찬 희(Chan-Hee Park) [정회원]



- 2012년 2월 : 전북대학교 공과대학 바이오나노시스템공학과(공학박사)
- 2002년 12월 ~ 2009년 4월 : 한국내셔널인스트루먼트(주) 대리 (LG 전자 Account Manager)
- 2009년 5월 ~ 현재 : (사)전북대학교자동차부품금형기술혁신센터 연구개발실 선행기술팀 선임연구원

<관심분야>
기계 시스템분야, 바이오나노분야 제어계측 시스템 개발

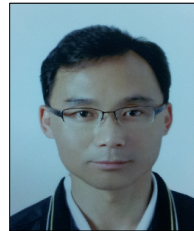
김 상 중(Sang-Jung Kim) [정회원]



- 1985년 3월 ~ 1989년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 졸업
- 1989년 1월 ~ 2002년 7월 : (주)대우전자부품 /직위:과장 /담당: 테스트 팀장 및 생산기술, 설비 담당
- 2002년 9월 ~ 2005년 9월 : (주)하이브론 /직위:차장 /담당:기술 지원 및 검사가 회로개발

<관심분야>
자동차 전자부품연구개발분야, 센서 및 시험기 개발분야

황 호 석(Ho-Suk Hwang) [정회원]



- 2011년 8월 : 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 박사과정 수료
- 1985년 07월 ~ 1988년 2월 : 영원통신 근무 (SMPS개발)
- 1999년 08월 ~ 2004년 9월 : 파워로직스 (BMS 총괄개발이사)
- 2010년 11월 ~ 현재 : (주)코디에스 기반기술연구소 상무이사

<관심분야>
전기자동차 배터리팩 및 배터리메니지먼트 시스템, ESS, LEV, GreenEnergy 분야

이 희 관(Hee-Gwan Lee) [정회원]



- 2000년 5월 ~ 현재 : (사)전북대학교자동차부품금형기술혁신센터 수석연구원/사무국장
- 2007년 11월 ~ 현재 : (사)전주벤처축진지구발전협의회 사무국장
- 1998년 2월 : 전북대학교 공과대학 기계공학과(공학박사)

<관심분야>
정밀가공기술 분야, 복합재 성형기술 분야, 기계시스템 분야