

## 하이브리드 전기자동차용 2차전지 충방전 모니터링 시스템 설계

이준하\*, 이강호\*\*, 최종호\*\*\*

### Design of Charge and Discharge Monitoring System for Secondary Batteries of Hybrid Electric Vehicle

Jun-Ha Lee\*, Kang-Ho Lee\*\*, Jong-Ho Choi\*\*\*

#### 요약

대도시 대기오염의 대부분이 자동차 배출가스에 의해서 이루어지고 있으며, 세계적으로 환경오염에 대한 규제 수준이 점차 강화되고 있어 저공해의 환경 친화적인 자동차의 개발과 보급이 요구되고 있으며, 고유가 시대에서 이미 국내 외에서 개발 양산중인 하이브리드 자동차의 급속한 시장 확대가 예상된다.

하이브리드 자동차에서 전기에너지를 저장하는 배터리는 가장 중요한 구성요소 중 하나이며, 하이브리드 자동차용 배터리(전기에너지를 저장하는 2차 전지)는 순간적으로 에너지를 방출하는 특성 즉 고출력 특성이 일차적으로 요구되며, 자동차 부품으로서의 신뢰성과 내구성이 확보되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 하이브리드 자동차에 장착되는 2차 전지의 충방전 상태를 안정적으로 모니터링 하는 시스템과 전지의 충방전 성능을 극대화할 수 있고 충방전 제어가 가능한 실시간 충방전 모니터링 시스템을 제안하였다. 논문에서 새롭게 제안한 감지부와 제어부로 구성되는 충방전 시스템은 하드웨어 및 소프트웨어 모듈과 실시간으로 셀 배터리의 충방전 상태를 효율적으로 제어할 수 있으며 데이터베이스와 통신모듈을 기반으로 원격제어가 가능한 시스템이다.

#### Abstract

Most of air pollution in a metropolis is the result of exhaust gas emissions from automotive vehicles, and the world-wide regulation against environmental pollution is becoming more strict. Moreover the demand on development and supply of an environment-friendly automobile is increasing and the market share about that is expected to grow rapidly in this time of high oil price.

The secondary batteries the most important component to store the electrical energy in hybrid electric vehicle. It needs to the higher power characteristics to emit the energy instantaneous. In this paper, we proposed the system to monitor reliably the charge and discharge states of the secondary batteries for hybrid electric vehicle. The material is about SW and HW module the software and hardware module mounted on the charge and discharge system and the monitoring system to control the charge and discharge performance effectively.

• 제1저자 : 이준하

• 투고일 : 2010. 08. 16, 심사일 : 2010. 08. 17, 게재확정일 : 2010. 08. 18.

\* 상명대학교 컴퓨터시스템공학과 교수 \*\* 한국재활복지대학 컴퓨터정보보안과 교수 \*\*\*강남대학교 전자공학과 교수

- ▶ Keyword : 하이브리드 전기 자동차(hybrid electric vehicle), 2차 전지(secondary batteries), 모니터링 시스템(monitors system), 충전방전(charge and discharge)

## I. 서론

국제유가는 수요증가와 공급불안으로 인한 고유가 시대가 지속될 것으로 전망되고 있고 대도시 대기오염의 대부분이 자동차 배출가스에 의해서 이루어지고 있어 지구 온난화 등 화석 연료에 의한 환경문제에 대한 관심과 심각성 또한 고조됨에 따라 연료를 주공급원으로 사용하는 시스템에서 연료배기가스에 대한 규제가 강화되고 있고, 유비쿼터스 시대로 진입할수록 전기를 이용하여 구동하는 시스템에 대한 의존도가 증가하게 되어, 이에 대한 해결책으로 태양광, 연료전지, 압축소자를 이용한 발전장치 등에 대한 연구가 많이 진행되고 있지만, 현재까지 실질적으로 적용될 수 있는 유일한 수단은 배터리뿐이다. 하지만 현재의 배터리 기술 수준은 비교적 저전력을 요구하는 시스템에는 어느 정도 활용성이 있지만, 모터 구동과 같은 고전력을 요구하는 시스템에 적용은 매우 미비한 상태이다.[1]

이러한 상황에서 석유에너지의 효율적 이용은 무엇보다도 중요한 문제가 되고 있다. 현재 석유소비의 약 40%를 자동차가 차지하고 있으며, 그 비율은 지속적으로 증가할 것으로 예견되고 있다. 석유는 높은 에너지 밀도를 지닌 액체에너지라는 장점 때문에 전 세계 자동차의 98%가 석유를 에너지로 사용하고 있으나 자동차인 경우 효율은 20%수준에 불과한 수준으로 우리나라를 비롯한 세계 여러 나라에서 환경친화적 자동차인 하이브리드 자동차의 개발과 보급을 추진하고 있고, 현재 국내 외 제작사 간 하이브리드 자동차 시장 확보를 위하여 자동차사에서는 하이브리드 차량 개발을 생존의 문제로 인식하고 이에 막대한 연구비를 투자하고 치열하게 경쟁하고 있어 시장의 급속한 성장이 예상되어 지고 특히 자동차의 에너지 효율을 높이는 가장 효과적이고 실용적인 방법인 자동차의 운동에너지와 위치에너지를 전기에너지로 저장하여 구동 시 동력원으로 사용하는 하이브리드 기술과 하이브리드 자동차에 관심이 증대되고 있다.[2]

일반적으로 넓은 의미에서의 하이브리드 자동차(Hybrid Electric Vehicle : HEV)는 서로 다른 두 종류 이상의 동력원을 효율적으로 조합하여 자동차를 구동하는 것을 의미하나, 대부분의 경우는 연료를 사용하여 동력을 얻는 엔진과 전기로 구동시키는 전기모터로 구성된 시스템이다.

하이브리드 자동차의 핵심구성요소의 하나인 이차전지는 에너지 효율을 높이고 환경오염을 줄일 수 있는 배터리는 가장 중요한 구성요소 중 하나이다. 하이브리드 자동차의 성능

을 결정짓는 요소로써 현재 니켈-수소(Ni-MH)전지가 대부분의 하이브리드 자동차에 사용되고 있다. Ni-MH전지의 경우 높은 생산가격, 낮은 전지 효율, 그리고 높은 자가방전률은 개선이 시급한 기술적 문제이다. 차세대 하이브리드 자동차용 이차전지로는 이미 소형 전자기기의 전원으로 사용되고 있는 리튬이온 이차전지이며, 리튬이온 이차전지는 다른 배터리 시스템과 비교 시 중량 및 부피 대비 에너지 밀도가 우수하고 뛰어난 고 출력 성능으로 차세대 하이브리드 자동차용 전지로 각광받고 있는 전지이다.[3]

그러나 리튬이온 배터리는 고에너지밀도, 고출력밀도라는 장점을 가짐에도 불구하고 Ni-MH배터리 대비 상대적으로 안전성 확보가 불리하므로 인해 차량적용에 배제되어 왔으나 환경차량의 개발 동향이 전기에너지 사용 비중이 증가하는 방향으로 진화함에 따라 기존의 Ni-MH배터리의 한계를 극복하기 위하여 자동차메이커들이 리튬계 전지 개발에 사활을 걸고 있다.[4]

하이브리드 자동차용 배터리는 엔진에 의해 충전이 이루어지기 때문에 실제 에너지원은 100% 연료에 주행되는 시스템으로 주행조건에 따라 엔진과 배터리를 효율적으로 활용하여 에너지 효율을 증가시키고, 이를 통해 에너지 사용량을 줄이고 방법으로 순간적인 에너지를 방출하는 특성 즉 고출력 특성이 일차적으로 요구되며, 자동차 부품으로서의 신뢰성과 내구성이 확보되어야 한다.[5,6]

따라서 본 논문에서는 하이브리드 자동차(HEV)에 장착되는 2차 전지에 안정적으로 전압을 공급할 수 있는 시스템과 전지의 충전방전 성능을 극대화할 수 있고 충전방전 제어가 가능한 실시간 충전방전 모니터링 시스템을 제안하였으며, 제안한 감지부와 제어부로 구성되는 충전방전 모니터링 시스템은 실시간으로 셀 배터리의 충전방전 상태를 안정적으로 모니터링 할 수 있고, 데이터베이스와 통신모듈을 기반으로 원격제어가 가능한 시스템이다.

## II. 충전방전 시스템 설계

하이브리드 자동차에서의 충전방전 시스템 설계에 있어서 배터리 전압, 전류, 온도센싱을 통해 배터리 시스템의 충전상태, 가용상태, 냉각제어, 밸런싱을 통한 셀 산포 관리, 릴레이 제어를 통한 이상 진단 시 전원차단으로 안전성을 확보하는 기능을 한다. 고전압 릴레이를 적용하여 주차 중에는 배터리 전원과 차체를 절연하며, 운행 중에도 안전성의 문제 발생 시 릴레이를 개방하여 과충전, 과방전을 방지한다. 이와 같은 기능을 수행하기 위해서 배터리의 이상 유무를 판

단하는 진단 조건을 설정하여야 한다.

HEV용 배터리는 하이브리드 자동차 부품으로서 가격 구성비가 높기 때문에 차량의 수명이 다할 때까지 장기간 사용할 수 있는 장기 내구성이 요구되고 있다. 또한 용량과 전압을 높이기 위하여 다수의 배터리를 직렬로 연결하여 구성하므로 하나의 전지만 수명이 열화되는 것과 동일한 상황이 발생하고 여러 가지 요인(자기방전의 차이, 제작상의 차이, 온도의 차이 등)에 의해 배터리의 충전 상태가 다르게 된다. 따라서 전지의 균일성(Uniformity) 확보가 매우 중요하며, 시스템 구성시 전지가 불균일하게 열화되지 않도록, 열적, 기계적 Stress를 균일하게 유지하는 설계가 매우 중요하다. 특히 40℃ 이상의 환경에서는 배터리의 용량과 수명이 급속도로 줄어들게 되어 배터리의 손상을 방지하기 위해서는 일정한 시간 간격으로 배터리의 충전량을 일정하게 제어해주어야 하며 설치전과 차량 수송 또는 보관 시의 긴 비활동 기간을 견딜 수 있도록 설계되어야만 한다. 이러한 이유로 모듈 회로의 휴지모드의 전력이 배터리 셀의 자체-방전시보다 상당히 낮은 전력을 소모하고 과도방전의 위험을 최소화하는 것이 중요하다.[7]

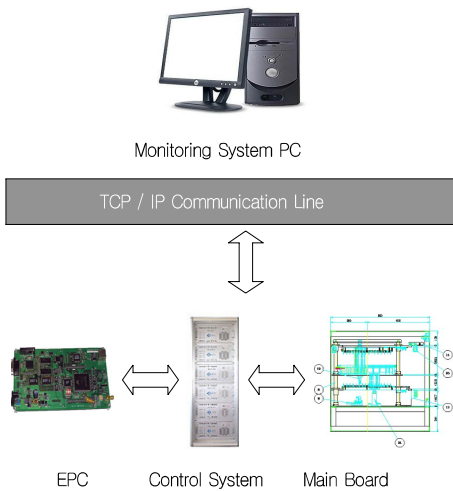


그림 1. 충전방전 시스템 구성도  
Fig. 1. Architecture of charge and discharge system

본 논문에서는 충전방전되는 HEV용 배터리에 관련된 데이터를 실시간으로 분석하고, 위험수치에 도달한 경우 전체 시스템을 제어할 수 있는 방식으로 충전방전 시스템을 설계하였다. 그림 1은 충전방전 시스템의 구성도를 나타냈다.

메인보드에서 충전방전되는 배터리는 PC를 통해 모니터링하고, 시스템은 해당 값들을 분석하여 효과적이고 안정적인 프로세스가 진행되도록 제어한다.

또한 하이브리드 자동차에서 사용되는 리튬이온 셀은 완전 충전 상태에서 약 4V, 완전 방전 상태에서 약 2V인 동작전위를 가지며, 충전 및 방전 전위는 배터리 형태에 의해 결정되며 셀 공급업체에 의해 지정되지만 2차 전지는 직렬로 사용되는 시스템으로 전지의 특성차이에 따라 전지 셀 간 전압불균형 현상이 발생하고, 만약 배터리의 충전 상태가 다른 상태에서 계속적으로 사용하게 되면 배터리의 충전량이 불균일하게 되어 배터리의 수명과 성능이 크게 저하된다.[8]

전지의 셀 전압이 불균형할 경우, 그림 2에 나타난 바와 같이 충전하는 동안 직렬 접속한 셀 전압 중 어느 것 하나라도 최대로 충전되면 전지 관리 시스템에서 셀의 과충전을 방지하고 안정화시키기 위해 충전전류를 차단한다. 이 경우 최대로 충전된 셀 때문에 나머지 셀들은 최대 충전전압에 도달하지 못하므로 전지 팩의 용량이 부족한 경우가 발생한다.

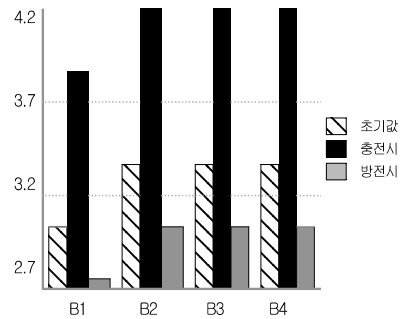


그림 2. 밸런스 되지 않은 2차 전지의 셀 전압  
Fig. 2. Cell voltage of unbalanced secondary batteries

방전하는 동안에만 충전되지 않은 셀들은 최대 전 레벨에 도달한 셀이 방전하기도 전에 방전하게 되고 전지관리 시스템에서는 과 방전을 막고 전지 팩의 안정화를 위해 방전전류를 차단한다. 이 경우 방전되지 않는 셀이 있어 전지의 출력이 부족하여 에너지 효율이 감소된다.

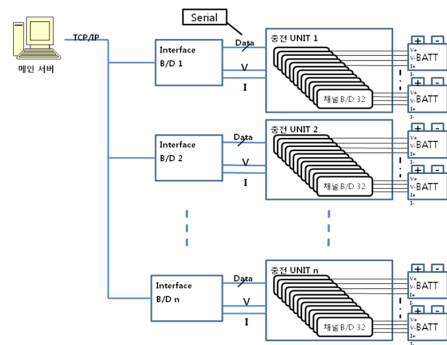


그림 3. 충전방전 시스템 설계도  
Fig. 3. Diagram of Charge and Discharge System

전기 팩의 용량부족 및 에너지 효율 감소의 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 그림 3에 나타난 바와 같이 전체 시스템은 메인 서버에서 전기 자동차용 2차 전지를 충전하는 전압과 전류 등의 프로세스를 입력하면 개별 충전장치의 EPC에 그 프로세스를 전송하고(LAN), 이를 수신한 EPC는 내장된 충전 프로세스에 따라 개별 전지를 충전하는 구조로 설계하였다.

인터페이스 보드에는 메인 서버와 데이터 통신 및 하위 마스터 보드를 제어하는 EPC와 기구부를 제어하는 디지털 및 아날로그 I/O로 구성하였다.

### III. 모니터링 시스템 설계

모니터링 시스템은 충전 시스템을 통해 2차전지에 안정적인 전압과 전류가 공급되면 과 충전과 다양한 환경변수에 대응할 수 있도록 실시간으로 안전하게 충전 과정을 동작 가능 시간의 측정 기준으로서 충전 저장량을 계산하는 것뿐 아니라 셀의 성능을 저하시킬 수 있는 상황들을 방지하여 배터리 팩의 수명을 보장한다. 특히 리튬이온 셀은 과도 충전또는 과도 방전에 대해 다른 전기 화학기술들에 비해 상당히 낮은 오차를 가지고 있기에 결과적으로 개별 셀 전압에 대한 지속적인 모니터링과 밸런싱은 성공적인 하이브리드 자동차 배터리 관리 시스템을 위해 반드시 필요한 기능이 되고 있다.[9,10]

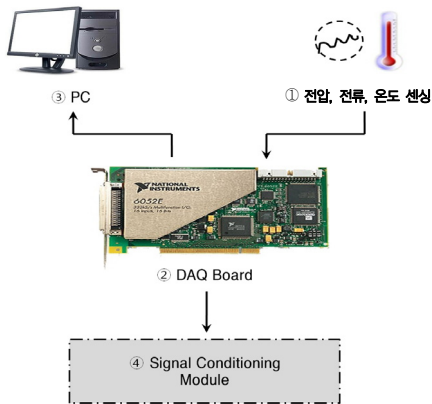


그림 4. 모니터링 시스템 구성도  
Fig. 4. Architecture of Monitoring System

본 논문에서는 모니터링 시스템설계 과정에서 National Instrument사의 LabVIEW 8.6과 DAQ NI USB-6221을 사용하였다. 8bit 입력채널과 4bit 출력채널로 시스템을 제어하는 모니터링 시스템의 구성도를 그림 4에 나타냈다.

모니터링 과정은 1단계에서 충방전을 수행하기 전에 전지의

연결 상태를 점검하여 이상이 있는 셀의 충방전을 중단한다.

2단계에서 충전 도중에 이상 현상이 발생한 경우에는 인터럽트 과정으로 진입하여 진행된 데이터를 저장하고 모든 프로세스를 중단한다.

3단계에서 이상상태가 복구되면 이전의 작업을 계속 진행한다.

4단계 과정으로 이상이 없는 경우에는 해당 셀에 대해 전류와 전압을 인가하여 충전을 수행한다.

최종단계로 충전된 상태에서 실시간으로 전압, 전류, 온도, 연기를 센싱하여 해당 셀에 대한 정보를 PC로 전송하고 데이터베이스에 저장한다.

한계수치를 확인하는 과정은 과전압, 과전류를 통한 과충전을 방지하기 위한 것으로 센싱된 데이터에 대한 한계수치 초과 유무에 따라 충전 작업을 결정한다. 한계수치를 초과하지 않은 경우에는 충전 작업을 계속시키고, 한계치를 초과한 경우에는 해당 데이터를 저장하고, 전압, 전류를 단선하며, 해당 셀에 대한 작업을 종료한다.

사용자 인터페이스 프로그램은 LabVIEW 8.6 버전을 사용하였고, DAQ 장비는 NI-6221 USB를 이용하였다. 개발 환경은 윈도우에서 수행하였다.

방전 및 재충전 모드의 동작을 포함하는 부하의 변동을 추적하기 위해 DAQ는 1kHz 클럭으로 동작하고 배터리 팩으로부터의 중요한 정보를 처리하기위한 정보속도로 샘플링은 초당 100샘플의 속도로 모든 셀 전압을 샘플링하였다.



그림 5. 사용자 인터페이스  
Fig. 5. User Interface

그림 5에 4개로 구분되는 사용자 인터페이스 화면을 나타냈다. 최 상위 부분은 충전 장비에 대한 상태를 점검하는 화면으로 현재 시간과 충전 장비가 작동된 총 시간을 표시한다. 이상 유무에 따라 전체 시스템을 제어할 수 있는 on/off스위치와 장치내의 온도를 실시간으로 검사하여 이상 온도(40°C)이상일 경우 장치의 작동을 중단한다.

각 셀의 전압, 전류와 온도, 충전상태는 Progress Bar로 표시하고 관리자가 강제로 각 셀의 충전상태를 제어할 수 있도록 설계하였다.

본 논문에서 제안한 전기자동차용 2차 전지 충전 모니

터링 시스템은 상용화 레벨에서 제안한 시스템이다. 현재 산업계 및 학계에서 다양한 방식으로 이와 관련된 시스템을 개발하고 있으나, 이에 대한 기술적 자료는 공개하고 있지 않은 실정이다. 따라서 상용화 레벨에서 개발된 모니터링시스템 간의 기능 및 성능의 비교 검토를 정량적으로 수행하는 것은 현실적으로 어려운 상황이다. 본 논문에서 제안한 시스템은 수년 동안 산업계에서 제시한 표준명세에 따라 개발한 것으로 산업체의 수요를 반영한 시스템 개발이라는 측면에서 그 가치를 인정받을 수 있을 것으로 판단된다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 하이브리드 자동차의 2차 전지에 대한 수요와 중요성이 갈수록 커지면서 충방전 시스템에 대한 관심도 급증하고 있는 상황이므로 안정적이고 효과적인 충방전 시스템의 개발이 요구되는 시점에서 2차 전지의 충방전 성능을 극대화할 수 있고 충방전 제어가 가능한 실시간 충방전 모니터링 시스템을 제안하였으며, 논문에서 새롭게 제안한 감지부와 제어부로 구성되는 충방전 시스템은 하드웨어 및 소프트웨어 모듈과 실시간으로 셀 배터리의충방전 상태를 효율적으로 제어할 수 있는 모니터링 시스템이며 데이터베이스와 통신 모듈을 기반으로 원격제어가 가능한 시스템이다.

본 논문에서 제안한 모니터링 시스템은 하이브리드 전기자동차용 충방전 리튬계열 2차전지에 관련된 것으로 향후 전기자동차 산업에서의 핵심 요소기술이므로 자동차 산업에서 그 응용분야가 매우 클 것으로 판단된다.

향후의 연구과제는 도심 곳곳에 설치될 충전 사업소에 적용이 가능한 상용화 시스템을 저가로 개발하는 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Mehrdad Ehsani, Yumin Gao, Sebastien E. Gay, Ali Emadi, "Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles," CRC Press, 2005.
- [2] 국토해양부, 한국건설교통기술평가원, "하이브리드 자동차의 안전성 평가 기술 개발 연구 보고서," 2009년.
- [3] 박진호, 이기상, "하이브리드 자동차용 리튬 이온 포리머 배터리 시스템의 안전성 확보," 한국자동차공학회 오토저널, 제 31권 제 1호, 2009년.
- [4] 김강출, "2W급 휴대용 초소형 파워 팩 개발," 산업기술연구회, 2008년.
- [5] 선양국, "하이브리드 자동차용 아차전지 기술," 한국자동차공학회 오토저널, 제 31권 제 1호, 2009년.
- [6] Jin Keun Oh, "High Energy Destiny Lithium

- Battery for HEV and PHEV," Proceedings of KIIS Spring Conference, 2008.
- [7] Lim Keun Uk, "A Study on Intelligent Charge and Discharge Control for Secondary Battery," 2008.
- [8] Yossi Drori, Carlos Martines, "The Benefits of Cell Balancing," www.xicor.com, 2005.
- [9] 존 먼슨 "하이브리드/전기자동차를 위한 신뢰할 수 있는 리튬이온 배터리 모니터링 시스템," 상온미디어 자동차제조기술 통권 제 3호 2009.
- [10] 정원창, 구병모, 장성주, 김상복, "배터리 수명을 고려한 원격검침 모듈 설계," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제 13권, 제 4호, 2008년. 7월.

#### 저 자 소 개



**이 준 하**  
 1990년 : 중앙대학교 전자공학과 (공학사)  
 1992년 : 중앙대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1996년 : 중앙대학교 전자공학과 (공학박사)  
 2003년 ~ 현재 : 상명대학교 컴퓨터 시스템공학과 조교수  
 관심분야 : 나노시스템, 임베디드 시스템 등



**이 강 호**  
 1986년 : 중앙대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1991년 : 중앙대학교 전자공학과 (공학박사)  
 2003년 ~ 현재 : 국립한국재활복지대학 정보보안과 교수  
 관심분야 : 정보보안, 디지털영상처리



**최 종 호**  
 1982년 : 중앙대학교 전자공학과 (공학사)  
 1984년 : 중앙대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1987년 : 중앙대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1990년 ~ 현재 : 강남대학교 전자공학과 교수  
 관심분야: 컴퓨터 시가, 영상정보통신 등