

실시간 모니터링 시스템을 이용한 하이브리드 자동차 교육용 콘텐츠에 관한 연구

백수황*

A Study on Educational Contents of Hybrid Electric Vehicle Using Real Time Monitoring System

Soo-Whang Baek*

요 약

최근 이산화탄소에 따른 지구온난화 문제와 배기가스의 저감을 위하여 하이브리드 자동차가 각광을 받고 있다. 하이브리드 자동차는 기계적인 엔진과 전기적인 모터시스템이 결합된 동력구조를 갖는다. 차량의 주행조건에 따라 하이브리드 자동차의 구동을 위해 필요로 하는 에너지의 흐름은 달라진다. 본 논문에서는 실시간 모니터링 시스템을 이용한 하이브리드 자동차 교육용 콘텐츠에 관한 연구를 대상으로 한다. 하드웨어와 버추얼 프로그램으로 구성된 실시간 모니터링 시스템을 이용하여 하이브리드 자동차의 전체적인 운영을 주행조건별로 시뮬레이션을 통해 모사하고, 하드웨어를 통해 학습할 수 있는 방법에 대해 기술한다.

ABSTRACT

Recently, Hybrid Electric Vehicle(HEV) is in the spotlight to global warming caused by carbon dioxide and emission reduction. HEV consists of a combination of mechanical engine and electric motor system. The flow of energy required to drive a HEV depends on the driving conditions of the vehicle. In this paper, we study the contents of HEV education using real-time monitoring system. A real-time monitoring system consisting of hardware and virtual programs is used to simulate the overall operation of a HEV through simulations according to driving conditions and to explain how to learn through hardware.

키워드

Hybrid Electric Vehicle, Monitoring System, Real Time, Driving Condition, Engine, Motor
하이브리드 자동차, 모니터링 시스템, 실시간, 주행 조건, 엔진, 모터

1. 서론

최근 각국의 차량연비 규제와 환경오염 문제로 인하여 자동차 산업계는 연비향상과 배기가스 저감을 위한 새로운 개념의 동력구조를 갖는 자동차 시스템에 관한 연구개발을 진행하고 있으며 그 중에 하이브

리드 자동차(Hybrid Electric Vehicle : HEV) 시스템이 해당된다[1-3].

HEV 시스템을 이해하기 위해서는 시스템의 구조와 원리의 이해가 필요하다. 특히 운전조건에 따른 하이브리드 구성 시스템 각각의 특징과 에너지흐름에 대한 명확한 이해가 요구된다[4-5].

* 교신저자 : 호남대학교 미래자동차공학부
• 접수일 : 2018. 01. 26
• 수정완료일 : 2018. 03. 06
• 게재확정일 : 2018. 04. 15

• Received : Jan. 26, 2018, Revised : Mar. 06, 2018, Accepted : Apr. 15, 2018
• Corresponding Author : Soo-Whang Baek
Dept. of Automotive Engineering, Honam University,
Email : swbaek@honam.ac.kr

본 논문에서는 HEV 시스템의 구조와 원리에 대한 이해를 목표로 HEV의 주행조건에 따른 실시간 모니터링 시스템을 기술한다. 현재 실제차량에 널리 적용되고 있는 병렬 하이브리드 방식을 대상으로 한다. 각 주행조건 상황에 따른 HEV의 동력전달 특성과 주행상태는 실시간 모니터링 시스템을 이용하여 확인 가능하도록 구성하였다. 각 부품의 전압측정을 통해 정상동작여부를 확인 할 수 있으며 동작 제한 조건을 통해 고전압 배터리의 충전상태 및 온도조건을 고려하여 보호하는 개념도 적용되었으며 이를 HEV를 학습하기 위한 교육용 콘텐츠로 적용하고자 한다.

II. 하이브리드 자동차의 구조와 특징

HEV의 동력구조는 구조적으로 기존의 내연기관엔진에 모터시스템을 추가하여 엔진이 개입하는 시간을 감소시켜 연료의 소모를 줄이는 것을 목적으로 하며 더불어 배출가스를 감소시키는 장점을 갖는다. HEV의 주요 핵심부품은 그림 1과 같이 엔진, 모터, HEV 고전압 배터리로 구성된다.

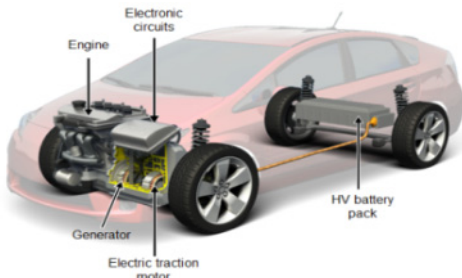


그림 1. 하이브리드 자동차의 구조
Fig. 1 Structure of HEV

엔진과 모터의 결합구조에 따라 HEV의 동력전달 방식은 크게 직렬과 병렬 방식 2가지로 나누어진다 [6-7]. 두 가지 방식을 각각 그림 2와 그림 3에 나타내었다. 직렬방식은 전기적 모터 시스템을 엔진으로부터 독립적으로 제어할 수 있다. 모터와 엔진이 구동휠을 구동하며 엔진은 제너레이터를 구동하여 배터리 팩을 충전한다. 유해배출가스 저감 측면에서 유리한 방식이나 모터 시스템이 차량 출발 후 가동되어지기 때문에 엔진에 의존하는 영역이 크며 에너지 효율 측면에서 불리한 단점을 갖는다.

반면에 병렬방식은 엔진과 모터 시스템이 직접적으로 연결되어 있으며 엔진은 구동 휠을 구동하고 모터는 배터리 팩을 충전하거나 구동 휠을 구동한다. 이로 인해 차량 출발 시 순수하게 전동기로 구동이 가능하며 주행조건에 따라 엔진과 모터가 동시에 차량을 구동시킨다. 즉, 엔진은 고속주행을 담당하고 모터는 저속(시내)주행을 담당하게 하여 각 시스템이 장점을 갖는 조건에서 최적의 구동특성을 발휘하게 할 수 있다[8-11].

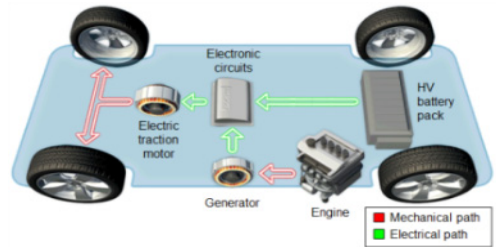


그림 2. 직렬 하이브리드 방식
Fig. 2 Series hybrid system

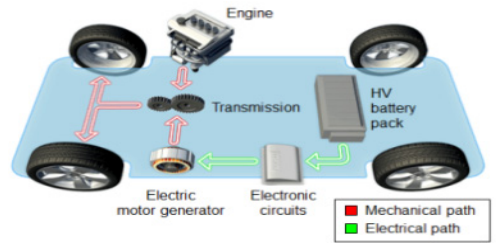


그림 3. 병렬 하이브리드 방식
Fig. 3 Parallel hybrid system

그림 4에는 모터 시스템이 추가된 HEV의 특징인 회생제동 시스템을 나타내었다. 기존 차량에는 유압 브레이크가 장착되어 있고 제동을 위해 브레이크를 작동하면 차량 속도가 느려지고 대부분의 운동 에너지가 열에 의해 비효율적으로 낭비된다. 차량의 제동을 위해 HEV는 유압 브레이크 및 회생제동 시스템이 장착된다. 회생제동 시스템은 감속 시 차량의 운동 에너지를 활용한다. 이 때 하이브리드 컨트롤 유닛(HCU)은 모터의 기능을 제너레이터로 변경하고 전기 에너지로 변환하여 HEV 고전압 배터리 팩을 충전한다. 회생제동 시스템은 가속 페달을 놓거나 차량이 내리막길을 주행하는 경우에도 활성화 할 수 있으며 차량의 연비향상에 기여한다.

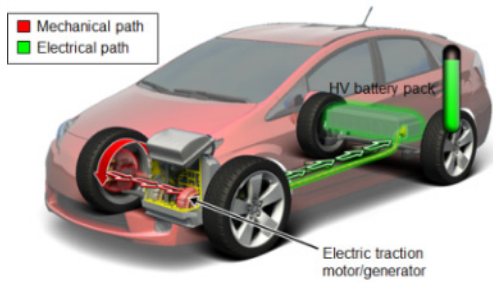


그림 4. 하이브리드 자동차의 회생제동 시스템
Fig. 4 Regenerative braking system of HEV

III. HEV 실시간 모니터링 시스템

그림 5에는 HEV 실시간 모니터링 시스템을 나타내었다. 본 시스템은 HEV 트레이너와 모니터링 시스템으로 구성되어 있다. HEV 실시간 모니터링 시스템은 차량의 출발부터 주행 중 발생하는 전체적인 운전 조건을 시뮬레이션을 통해 모사하고, 학습하며 하드웨어를 통해 오류(결함)찾기 등을 수행할 수 있도록 개발되었다.

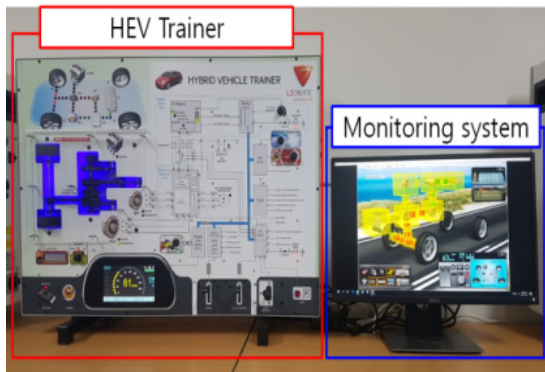


그림 5. HEV 실시간 모니터링 시스템
Fig. 5 Real-time monitoring system for HEV

그림 5의 HEV 트레이너가 제공하는 기능은 다음과 같다.

- 기계 및 전기 에너지의 흐름을 표현하는 기능
- 차량속도, 엔진RPM, 온도계 디스플레이 대시보드
- 브레이크 및 가속 페달
- 기어 변속 제어 및 주차 푸시 버튼
- 외부, 내부, 캐빈 및 냉각수 온도 조정 컨트롤러

- DC 및 AC 전압측정을 위한 터미널 단자
- 진단 문제 코드를 표시하는 검사 도구
- 수동 또는 자동 오류 삽입

먼저 Virtual 시뮬레이션에 로그인을 하고 시동을 걸어 전반적인 운행시스템을 동작함으로써 HEV의 전력 계통을 전체적으로 이해 할 수 있다. HEV 트레이너는 전기회로를 한눈에 읽을 수 있도록 구성되었고 멀티미터나 오실로스코프로 측정하여 값과 파형의 취득이 가능한 테스트 포인트가 포함되어 있다. 또한 주행 시의 상태진단 및 결함 발견, 실제 시스템 오작동 발생조건을 임의로 입력하여 시뮬레이션 할 수 있는 다양한 오류삽입옵션이 포함되어 있어 HEV 시스템을 쉽게 이해할 수 있도록 구성되었다.

3.1 주행조건에 따른 구동특성 분석

HEV의 주행조건은 정차, 가속, 항속, 회생제동의 단계로 나눌 수 있다. 그림 6은 실시간 모니터링 시스템의 초기상태를 나타내는 화면이며 애니메이션 효과를 통해 시뮬레이션 과정을 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 구현되었다.



그림 6. 실시간 모니터링 시스템의 초기 상태
Fig. 6 Initial condition of real-time monitoring system

그림 7은 정차 상태를 나타내며 엔진, 모터, 인버터, HEV 고전압 배터리를 시각적으로 확인할 수 있도록 구현되었다. 그림 8은 차량의 가속 상태를 나타내며 하단에 위치한 가속페달을 조작함으로써 엔진으로부터 발생하는 기계적 에너지(적색)와 모터로부터 발생하는 전기적 에너지(녹색)의 흐름을 알 수 있도록 표현하였다. 그림 9는 차량의 항속 상태를 나타내며 이는 운전자가 가속페달을 조작하지 않는 경우에 해당

한다. 이때 구동 휠로부터 전달되는 기계적 에너지가 발전기와 인버터 시스템을 거쳐 전기적 에너지로 변환되어 HEV 고전압 배터리에 충전되는 것을 확인할 수 있다.

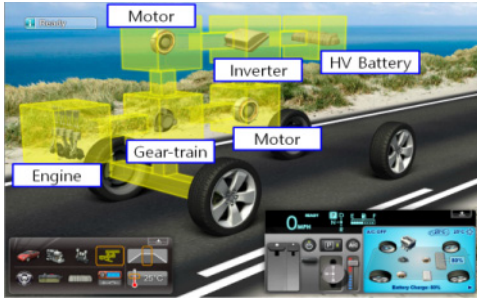


그림 7. 주행상태 - 정차
Fig. 7 Driving condition - stop

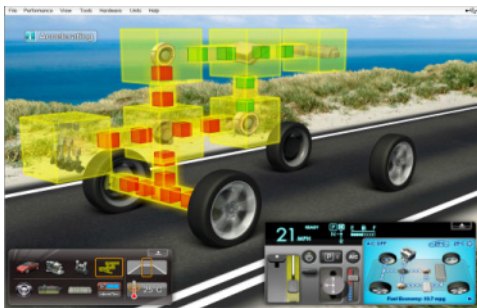


그림 8. 주행상태 - 가속
Fig. 8 Driving condition - acceleration

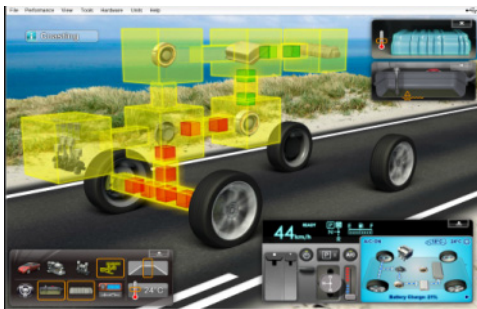


그림 9. 주행상태 - 항속
Fig. 9 Driving condition - cruising

그림 10은 운전자가 브레이크를 동작했을 때의 회생제동(감속) 상태를 나타내며 엔진은 구동하지 않아 불필요한 연료소모를 차단하여 연비향상의 효과를 발생하는 구간이다.



그림 10. 주행상태 - 회생제동(감속)
Fig. 10 Driving condition - regenerative braking(deceleration)

추가적으로 자동차의 공조시스템은 많은 전기적 에너지를 요구한다. 그림 11은 A/C 공조시스템의 구동 및 정지 상태를 나타낸다.



(a) 구동 (b) 정지
(a) On (b) Off

그림 11. A/C 공조시스템 구동 및 정지상태
Fig. 11 On/Off condition of A/C air conditioning system

실내의 쾌적한 온도유지를 위해 공조시스템의 적합한 제어를 수행하는 것이 중요하며 차량의 연비가 좌우되는 큰 요소이다. 따라서 온도를 낮추기 위한 에어컨 구동을 위해 에어컨컴프레서의 On/Off 동작 여부를 확인할 수 있고 각 조건에 따라 연비를 확인할 수 있도록 구현하였다. 온도계이저를 청색으로 유지하면 에어컨컴프레서의 구동이 시작되며 에어컨컴프레서에 전기에너지가 공급되어 실내온도의 냉각이 가능하다. 반면에 온도계이저를 적색으로 유지하면 에어컨컴프레서의 구동은 정지되며 엔진에서 발생되는 열을 이용하여 실내온도의 상승이 가능하다.

3.2 전압 측정을 통한 특성 분석

HEV의 주행 조건에 따른 엔진, 모터, 인버터, HEV 고전압 배터리의 동작 상태 및 하이브리드 컨트롤 유닛(HCU)에서 발생하는 입력 및 출력 신호의 전압 값과 파형을 실시간으로 측정하며 나타낼 수 있다.

또한 주행 조건에 따른 입력 및 출력 신호 값의 확인이 가능하므로 실제 차량의 동작 상태 예측이 가능하다. 그림 12에는 DC 240V의 전압크기를 갖는 HEV 고전압 배터리 전압의 측정결과를 나타내었다. 그림 13에는 AC 인버터를 거쳐 HEV 모터에 인가되는 교류전원의 파형을 나타내었으며 시각적으로 확인할 수 있다. 그림 14에는 에어컨 구동을 위해 사용되는 에어컨 컴프레서의 3상 전압파형을 측정하였으며 이외에도 전체 시스템에 오작동 발생조건을 임의로 입력하여 고장 상태를 시뮬레이션 할 수 있다. 그림 15에는 HEV 고전압 배터리 충전/방전 모드를 나타내어 비교하였다. 회생제동 시에는 HEV 고전압 배터리의 충전이 진행되며 주행을 위한 가속 시에는 HEV 고전압 배터리가 방전 되는 것이 확인 가능하다.

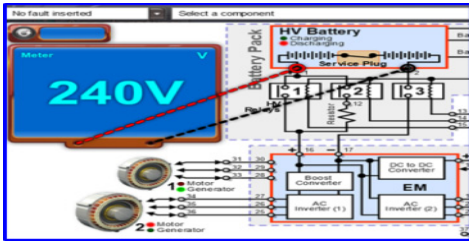


그림 12. HEV 고전압 배터리 측정
Fig. 12 Measurement of HEV high voltage battery

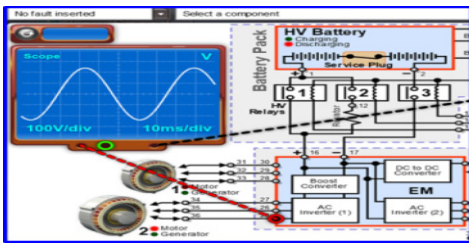


그림 13. HEV 모터 전압파형 측정
Fig. 13 Measurement of HEV motor voltage wave

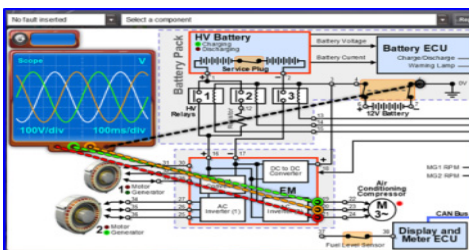
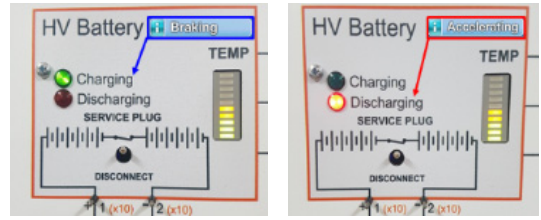


그림 14. 에어컨컴프레서 전압파형 측정
Fig. 14 Measurement of motor air compressor voltage wave



(a) 충전(회생제동) (b) 방전(주행)
(a) charging(regenerative braking)
(b) discharging(driving)

그림 15. HEV 고전압 배터리 충전/방전 모드
Fig. 15 Mode of charging and discharging for the HEV high voltage battery

3.3 동작 제한 조건

본 시스템에서는 HEV 고전압 배터리의 충전상태(SOC)가 20%수준에 도달하면 HEV 고전압 배터리의 보호를 위해 사용을 제한하고 엔진이 개입하는 조건을 적용하였으며 그림 16에 나타내었다. 그림 17에서는 HEV 고전압 배터리의 온도 확인을 위해 저온 및 고온 상태를 시각적으로 확인할 수 있으며 특히 고온 상태의 경우 HEV 고전압 배터리의 냉각을 위해 쿨링팬이 구동할 수 있도록 구현하였다.

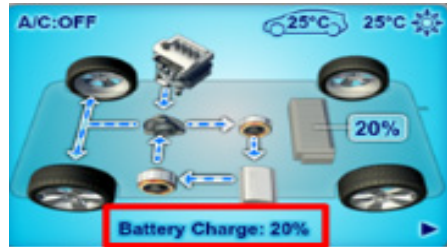


그림 16. HEV 고전압 배터리 사용제한조건
Fig. 16 Condition of usage limit HEV high voltage battery

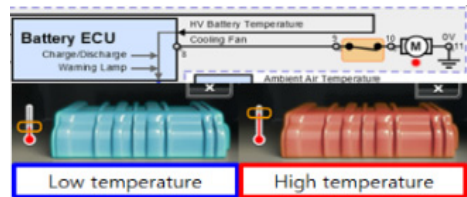


그림 17. HEV 고전압 배터리 온도 상태
Fig. 17 The condition of HEV high voltage battery

IV. 결 론

본 연구를 통해 HEV의 구동원리에 대해 이해할 수 있도록 실시간 모니터링 시스템을 이용한 교육용 콘텐츠를 구현하였다. 실시간 모니터링 시스템을 이용한 학습을 통해 HEV의 각 주행조건에 따라 나타나는 특성들을 충분히 이해 할 수 있다. 전압 값과 파형의 측정을 통해 모터, 에어컴프레서, 컨트롤 유닛 및 센서 신호를 취득하여 정상 오작동 여부를 확인 할 수 있다. 주요 핵심부품인 HEV 고전압 배터리의 충전상태(SOC)와 온도를 모니터링 하여 배터리를 보호할 수 있도록 동작 제한 조건을 적용하였다.

본 실시간 모니터링 시스템 콘텐츠를 이용하여 관련 교과목 학습활동에 적용을 통해 교육효과를 제고 할 수 있었다. 최종적으로, 실제 차량 실습에 앞서 효과적인 사전학습 효과가 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1C1B5075525).

References

- [1] J. Moreno, M. Ortuzar, and J. Dixon, "Energy-management system for a hybrid electric vehicle, using ultracapacitors and neural networks," *IEEE Trans. Industrial Electronics*, vol. 53, no. 2, Apr. 2006, pp. 614-623.
- [2] W. Liu, *Introduction to hybrid vehicle system modeling and control*, 2nd ed. Hoboken: Wiley, 2017.
- [3] C. Yuan, C. Shumei, and C. Chan, "A novel series-parallel power train for hybrid electric vehicle applications," *J. of Asian Electric Vehicles*, vol. 7, no. 1, 2009, pp. 614-623.
- [4] C. Park, K. Oh, D. Kim, and H. Kim, "Development of fuel cell hybrid electric vehicle performance simulator," *Int. J. of Automotive Technology*, vol. 5, no. 4, 2004, pp. 287-295.
- [5] S. Kim, Y. Yoon, S. Kim, and K. Kim, "Fuel economy assessment of novel multi-mode parallel hybrid electric vehicle," *Int. J. of Automotive Technology*, vol. 16, no. 3, 2015, pp. 501-512.
- [6] M. Marina and S. Francesca, "Strategies for high-performance supercapacitors for HEV," *J. of Power Sources*, vol. 174, no. 1, 2007, pp. 89-93.
- [7] Y. Chai, "Design and implementation of PRA for a power supply of electrical vehicle," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 7, 2016, pp. 653-658.
- [8] W. Do and Y. Chai, "Development of 2KW power bidirectional LDC for electrical vehicle," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 1, 2016, pp. 65-72.
- [9] W. Hyun, "Automobile engine diagnostic system by current monitoring to self motor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, 2017, pp. 93-100.
- [10] H. Kim, "A study on hybrid control unit using a smart control," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 11, 2016, pp. 1093-1100.
- [11] G. Wang, "Advanced vehicles: costs, energy use, and macroeconomic impacts," *J. of Power Sources*, vol. 196, no. 1, 2010, pp. 530-540.

저자 소개



백수황(Soo-Whang Baek)

2005년 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업(공학사)

2012년 한양대학교 대학원 전자전기제어계측공학과 석박사통합과정 졸업(공학박사)

2012년~2016년 현대케피코 기술연구소 책임연구원

2016년 호남대학교 미래자동차공학부 교수

※ 관심분야 : 친환경미래자동차, 자동차전자제어, 전기기기시스템