

## 자작형 하이브리드카의 제작 및 제어에 관한 연구

김 학 선<sup>1)</sup> · 정 찬 세<sup>1)</sup> · 양 순 용<sup>\*2)</sup>

울산대학교 대학원 기계자동차공학부<sup>1)</sup> · 울산대학교 기계자동차공학부<sup>2)</sup>

### A Study on Manufacture and Control of a Self Manufacturing Hybrid Electric Vehicle

Hacksun Kim<sup>1)</sup> · Chanse Jeong<sup>1)</sup> · Soonyoung Yang<sup>\*2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Mechanical & Automotive Engineering, Graduate School, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

<sup>2)</sup>Department of Mechanical & Automotive Engineering, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

(Received 7 April 2010 / Revised 22 December 2010 / Accepted 26 July 2011)

**Abstract** : In this paper, Hybrid Electric Vehicle is directly designed and manufactured for base study of HEV's system and Green Car. Foundation design consists of power train design and the frame design. The power train concept includes motor, engine, generator and battery. And the concept of the frame is the single-seat of this self-made HEV. A frame installed in hybrid system contains suspension, steering wheel, seat, accelerating pedal, brake pedal, clutch handle and various chassis parts with bearings. Electromagnetic clutch is equipped to transmit engine power to drive axle. The control algorithm make using LabVIEW to control of an engine and a motor depending on drive condition. A parallel type hybrid system is manufactured to control operation of a motor and an engine depending on vehicle speed.

**Key words** : Hybrid electric vehicle(하이브리드 전기 자동차), Magnetic(전자석), Parallel type(병렬형), Electronic control(전자제어), Hybrid system(하이브리드 시스템), Lab view(랩뷰), Self manufacturing hybrid electric vehicle(자작형 하이브리드 카)

#### Nomenclature

f	: frequency
$W_C$	: circumference of tire
$D_N$	: number of drive sprocket teeth
$M_N$	: number of motor sprocket teeth
$E_N$	: number of engine sprocket teeth
$M_{rpm}$	: revolution per minute of motor
$E_{rpm}$	: revolution per minute of engine
$W_V$	: velocity of wheel

#### 1. 서론

근래 자동차 산업은 고유가와 강화되는 환경 규

제로 인하여 저공해 자동차 개발에 대한 요구가 더욱 높아지고 있다. 내연기관 자동차는 초기에 비하여 연비 및 성능, 환경면에서 비교가 되지 않을 정도로 발전 하였지만 현재의 내연기관 기술로는 각종 환경규제를 충족시키기에는 한계가 있다. 또 환경 오염에 대한 소비자의 인식이 바뀜에 따라 자동차 산업은 친환경 자동차를 간과 할 수 없는 입장이 되었다. 이러한 추세에 따라 하이브리드 기술은 상용화에 빠르게 성공하고 있고, 기술에 대한 연구 및 개발도 활발히 이루어지고 있다.<sup>1)</sup>

하이브리드 자동차는 동력원이 2개 이상인 자동차를 의미한다. 대부분 하이브리드 자동차는 전기 모터와 내연기관을 사용하며, 두 동력원의 사용 방식에 따라 크게 3가지로 나누어진다. 첫 번째 직렬

\*Corresponding author, E-mail: soonyy@ulsan.ac.kr

방식은 전기의 힘으로만 구동하는 형태의 자동차로서 축전지의 전기에너지를 이용하고 부족한 부분은 엔진과 연결된 발전기를 이용하여 전기에너지를 생산하는 방식이다. 두 번째 병렬방식은 저속에서는 전기의 힘을 이용하고, 고속이 되면 엔진의 힘을 이용하는 방식이다. 즉, 에너지 효율이 떨어지는 저속 운전 시에는 전기에너지를 사용하고, 고속 운전에서는 가속성이 뛰어난 엔진 동력을 사용하게 된다.<sup>2)</sup> 세 번째 직렬형과 병렬형의 장점만 모은 혼합형이다.

본 논문에서는 자작자동차 대회를 위해 병렬방식의 자작형 하이브리드 자동차(SM-HEV: Self Manufacturing Hybrid Electric Vehicle 이후 자작형 하이브리드 자동차를 SM-HEV라 한다)를 설계하고 제작하였다. 이를 통해 하이브리드 시스템을 이해하고, 동력전달방식으로 전자자기 동력전달시스템을 구현하고 적용하였다. 또한 적용된 하이브리드 시스템을 제어하기 위한 전자제어시스템을 구축하였고, 실험을 통해 SM-HEV 시스템의 전자제어를 확인하였다.

## 2. SM-HEV의 제작

### 2.1 구성 및 제작

자작형 하이브리드 자동차(SM-HEV)는 크게 파워트레인이 장착되는 프레임과 드라이버가 탑승하는 운전석 프레임 두 부분으로 구성하였다. 파워트레인이 장착되는 프레임에는 엔진, 발전기, 배터리 등 동력관련 컴포넌트를 장착하여 병렬방식 하이브리드 시스템을 탑재하였다. 운전석 프레임은 1인승 구조로 제작하였고, 차량 조작에 필요한 부품과 현가장치 및 브레이크 등 다양한 새시 부품들이 설치된다. 차량의 기본구조 제작에 필요한 재료는 한국자동차공학회에서 주최하는 자작자동차대회 규정에 준하였다.

파워트레인은 트랜스미션을 포함한 125cc, 13HP, 1kg·m 엔진을 사용하였고, DC 24V, 3HP 모터를 사용하였다. 배터리는 DC 12V 2개를 직렬로 연결하여 사용하였고 모터와 연결된다. 발전기(24V, 90A)는 배터리와 연결되어 있어 전력을 축전시킨다.

각 동력원과 구동축과의 연결방법은 엔진 동력

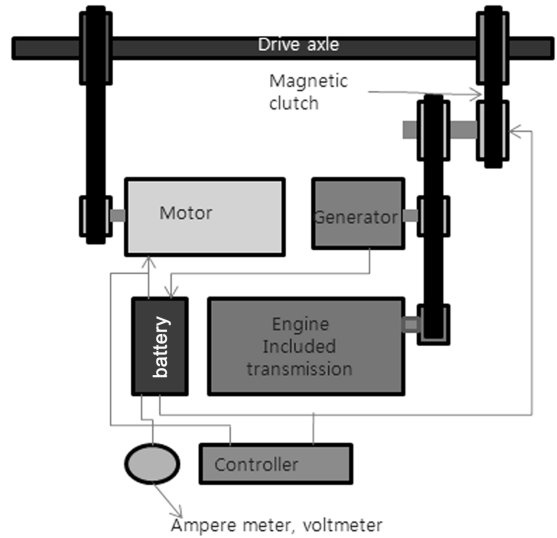


Fig. 1 Structure of the SM-HEV

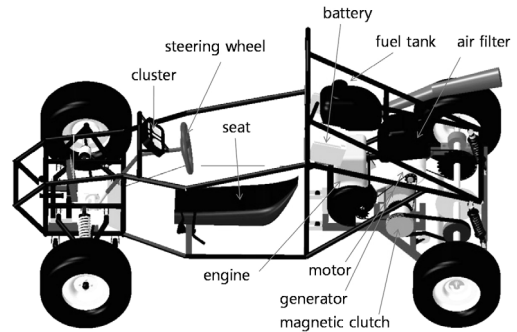


Fig. 2 Composition and CAD model of SM-HEV frame

축과 발전기, 마그네틱 클러치에 스프라켓을 장착하여 체인으로 연결하였다. 발전기는 엔진 작동 시 항상 작동하며 발전된 에너지를 배터리에 저장한다. 모터는 배터리에서 전력공급을 받으며, 체인을 통해 구동축과 연결된다. SM-HEV의 시스템 개념도를 Fig. 1에 나타내었다.

SM-HEV의 구성과 3D-CAD 모델을 Fig. 2에 나타내었다. 그리고 구성부품과 제작사양을 Table 1에 나타내었다. 또한 제작사양을 바탕으로 제작한 SM-HEV는 Photo. 1과 같다.

### 2.2 제어 알고리즘 및 하이브리드 시스템

SM-HEV의 주행 시스템은 정지 상태에서 가속구간, 일정 속도구간, 정지구간으로 구성된다. 즉 주행



Photo. 1 SM-HEV real image

Table 1 Specification of SM-HEV

Sort		Specification
Length		2320mm
Width		1446mm
Height		1235mm
Wheel base		1862mm
Tread		1260mm
Empty weight		225kg
Frame	Type	Circular pipe
	Out-diameter	27mm
	Thickness	2.9mm
	Yield strength	370MPa
Power train	Engine	125cc 13HP
	Motor	DC24V 60A 3HP
	Battery	DC12V 2EA
	Generator	24V 90A
	Magnetic clutch	24V magnetic pulley
Sensor	Position sensor	5V CAS

저항이 큰 정지 상태에서 가속 시에는 모터 구동, 그 후 속도의 변화가 없는 구간( $V=constant$ )에서는 엔진 구동, 주행 후 정지 상태에서는 엔진이 정지된다. 주행 시스템의 알고리즘은 Fig. 3과 같다.

차량이 정지 상태에서 출발하게 되면 모터가 작동을 한다. 모터와 엔진의 구동축 스프라켓에 설치된 센서를 통해 측정된 신호를 분석, 연산 후 자동차의 속도가 10km/h가 될 때까지 모터가 작동한다. 내연기관은 정지상태에 동작할 때 효율이 낮기 때문에 에너지 효율을 높이기 위해 0~10km 구간을 모터 구동영역으로 선정하였다.<sup>3,4)</sup>

차량의 속도가 10km/h 이상이 되면 모터가 꺼지고 엔진이 시동하게 된다. 엔진은 시동모터(starter motor)에 의해 시동이 걸리며, 시동이 걸린 후 시동

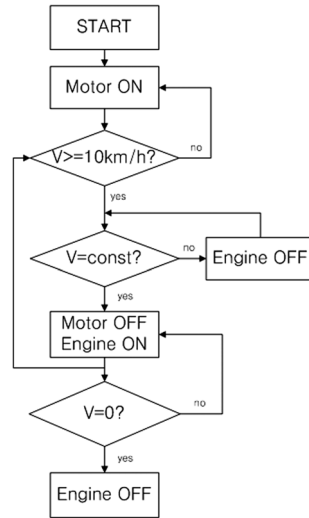


Fig. 3 Algorithm of SM- HEV drive system

모터로 흐르는 전원을 차단하여 작동을 멈추게 된다.

엔진에 의한 주행 중 차량의 속도가 0km/h가 되면 엔진으로 입력되는 주 전원을 차단하여 엔진을 정지시킴으로써 차량의 정지상태에서 공회전을 차단시키는 아이들 정지(idle stop) 기능을 구현하였다.<sup>5,8)</sup>

배터리의 전압을 전압측정기로 측정을 하여 전압이 22V 이하로 떨어질 경우 주행속도와 관계 없이 엔진을 구동시켜 배터리를 충전 하고 배터리 전압이 25V 이상이 되면 주행 상태에 맞는 하이브리드 시스템을 적용하였다.

### 2.3 마그네틱 클러치

SM-HEV의 특징은 마그네틱 클러치(magnetic clutch)가 기존 하이브리드 자동차에 장착되는 무단 변속기(CVT: Continuously Variable Transmission)나 트랜스미션(transmission)을 대신한다. 마그네틱 클러치는 엔진의 출력축과 구동축 사이에 장착되어 엔진의 출력을 구동축으로 전달하는 역할을 하며, 엔진의 동력이 차량의 주행에 필요하지 않은 경우 차량의 동력을 차단시키고 엔진의 출력을 발전용으로 사용하게 한다. 마그네틱 클러치는 엔진이 시동되기 전까지는 전원이 공급되지 않으며 엔진 시동이 걸림과 동시에 전원이 공급되어 엔진의 동력을 구동바퀴에 전달하게 된다. SM-HEV 시스템에 장착된 마그네틱 클러치의 실물사진은 Photo. 2와 같다.

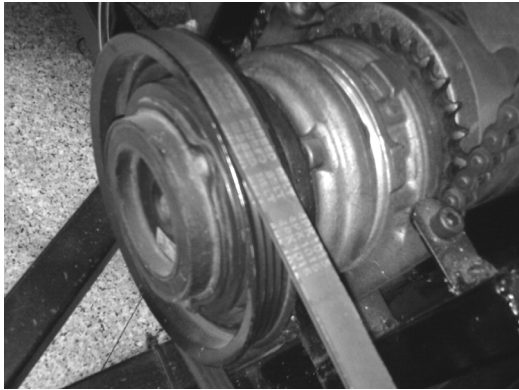


Photo. 2 Magnetic clutch

### 2.4 제어 및 모니터링 시스템

제어시스템은 PC를 기반으로 엔진과 모터의 회전수 및 차속을 모니터로 나타내었다. 모터와 엔진에 장착된 센서의 신호를 터미널 블록(terminal block)을 통해 수집하여 NI(National Instrument)보드를 통해 수치적으로 입력 받게 되며 그 값을 물리적 특성에 맞게 연산하여 모니터로 출력하게 된다. 제어 시스템의 하드웨어 구성은 Photo. 3과 같다.



Photo. 3 Structure of control system

제어계측 프로그램은 센서에서 받은 신호를 측정하고 연산하여 모니터링 할 수 있도록 LabVIEW 프로그램을 활용하여 작성하였다.<sup>6)</sup> 프론트 패널에는 모터와 엔진, 구동축에 장착된 스프라켓의 잇 수를 통해 연산되어진 모터 및 구동축의 회전수와 차속이 숫자로 표시되도록 하였다. 이러한 연산에 필요한 휠 속도와 모터 그리고 엔진 회전수는 각각 식

(1), 식 (2), 식 (3)과 같이 된다.

$$W_V = \frac{f \times W_C \times 1000}{D_N} \quad (1)$$

여기서,  $D_N: 47, W_C: 1445mm$

$$M_{rpm} = \frac{60 \times f}{M_N} \quad (2)$$

여기서,  $M_N: 30$

$$E_{rpm} = \frac{60 \times f}{E_N} \quad (3)$$

여기서,  $E_N: 14$

제어계측 프로그램에는 센서로부터 받은 신호의 파형이 플로팅 되도록 하여 시스템의 작동상태를 확인할 수 있도록 하였다. 웨이브 폼의 그래프로 나타나는 흰색 파형은 차속 신호를 나타내며, 빨간색 파형은 모터의 회전신호를 나타낸다. 이러한 신호를 계측하여 모터 회전수 및 휠 속도 그리고 엔진 회전수를 실시간으로 그래프와 함께 수치적으로 실시간 디스플레이 한다. 우측 상단에 3개의 LED는 좌측으로부터 엔진의 전원 공급, 엔진 시동 모터의 전원 공급, 엔진 정지상태를 표시하게 된다. 또한 우측 하단에 2개의 LED는 위에서부터 모터와 엔진의 작동 상태를 표시하게 된다.<sup>7)</sup>

제어계측을 위한 프론트 패널의 구성은 Fig. 4와 같다.

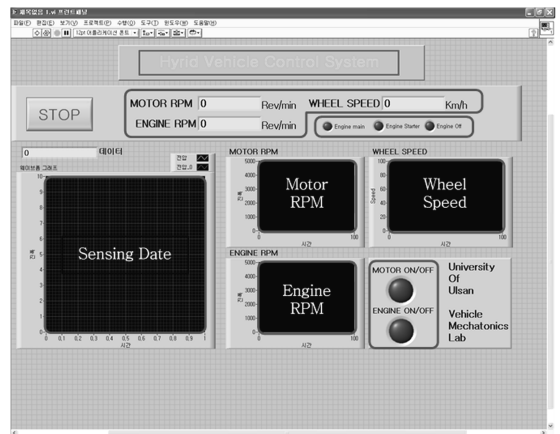


Fig. 4 Front panel

### 3. 실험결과

SM-HEV의 실험은 구동 바퀴를 지상에서 띄운 상태로 수행하였다. 운전조건에 따른 속도제어는 가속페달로 하였다.

SM-HEV의 초기 작동은 정지 상태에서 차속이 10km/h로 가속될 때까지의 영역에서는 모터로만 구동되며, 작동상태는 Fig. 6과 같다. 차속은 약 6.7km/h를 나타내고 있으며 모터가 작동중임을 나타내는 LED가 동작함을 확인할 수 있다. 엔진은 정지 상태이며 엔진에 전원 공급이 되지 않으므로 엔진 상태 표시 LED는 모두 off 상태를 나타내고 있다. 웨이브 폼 파형의 흰색 파형은 엔진의 출력축에 장착된 스프라켓을 통해 계측된 파형이고, 붉은 색 파형은 모터에 설치된 스프라켓을 통해 계측된 파형을 나타낸다. 각 센서로부터 안정적인 신호가 검출되고 있음을 확인할 수 있다.

차속이 10km/h 이상이 되면 모터가 정지하고 시동모터가 작동하여 엔진을 시동하게 되며, 작동상태는 Fig. 6과 같다. 차속은 약 12.4km/h를 나타내고

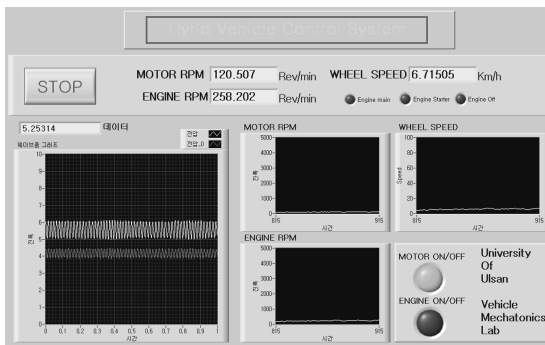


Fig. 5 Case of only motor on (initial start)

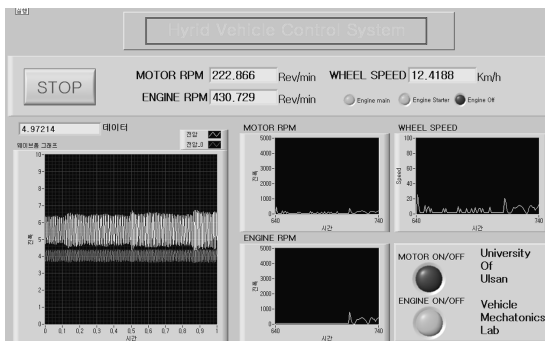


Fig. 6 Case of engine start

있으며, 이때 엔진이 작동되고 시동 중임을 나타내는 Engine main과 Engine starter LED가 on 상태가 되고, ENGINE ON/OFF LED는 켜지고 MOTOR ON/OFF LED는 꺼짐을 확인할 수 있다. 따라서 엔진이 정상적으로 시동되어 동작하기 시작하는 시점임을 알 수 있다. 마그네틱 클러치는 엔진시동과 동시에 작동되며 Engine main LED의 on/off로 작동상태를 확인할 수 있다. 이때 엔진과 모터의 스프라켓을 통해 계측된 파형은 모터만 구동 시 보다 진폭이 증가하고 주기가 줄어들었음을 알 수 있다. 이를 통하여 차속이 증가한 것을 알 수 있다.

엔진 시동 후에는 시동모터는 정지하고 엔진만 작동하게 되며, 작동상태는 Fig. 7과 같다. 차속은 23.5km/h를 나타내고 있으며 Engine main LED와 ENGINE ON/OFF LED가 점등되는 것을 확인할 수 있다. 차속의 증가로 인해 각각의 스프라켓의 센서를 통해 계측된 파형은 모터구동과 엔진시동 시 보다 진폭은 더욱 증가하고 주기는 더욱 짧아졌다.

실험을 통하여 마그네틱 클러치의 작동을 확인하였고, 기존차량에 하이브리드 시스템을 적용 시 모터의 성능이 충분하다면 엔진동력이 차량의 구동력으로 바뀌는 지점에 마그네틱 클러치를 창작하여 최소한 시스템 변경으로 하이브리드 시스템을 구현 가능성을 확인 하였다.

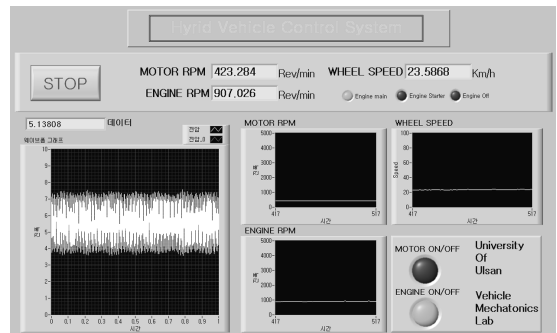


Fig. 7 Case of only engine drive

### 4. 결론

본 연구에서는 자작형 하이브리드 자동차에 전자 클러치 하이브리드 시스템을 적용하고 실차실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 직접 설계 제작한 하이브리드 전기자동차에 선정한 차량의 제원 및 적용한 하이브리드 시스템을 적용하여 하이브리드 자동차의 설계 방법 및 하이브리드 시스템 이론을 정립하였다.
- 2) 차량의 속도 및 에너지 효율에 따라 모터와 엔진의 동작을 제어하여 병렬형 하이브리드 시스템을 구현하여 하이브리드 시스템의 에너지 효율이 높음을 알 수 있었다.
- 3) 동작모드에 따라 엔진의 동력전달을 위한 마그네틱 클러치를 제작하였고, 마그네틱 클러치의 제작차량에 적용 가능성을 검증하였고, 향후 실차 적용을 위하여 마그네틱의 특성과 클러치의 마찰면의 특성에 대한 연구가 필요하다.
- 4) 마그네틱 클러치를 이용한 하이브리드 자동차에 대한 특허를 출원하였다.

향후 모터의 회생제동 가능성 및 모터의 전력생산 가능성을 검토하여 제동 및 엔진의 동력으로 주행 시 모터의 발전 시스템을 구현할 것이다.

### References

- 1) C. W. Lee, J. S. Park, B. S. Min, T. C. Kim and K. S. Kim, "A Development of the Powertrain for Hybrid Vehicle," Technical Review 2008, Vol.21, pp.22-28, 2008.
- 2) Y. P. Yang and D. H. Kim, The Patent Trend of Hybrid Electric Vehicle, IITA, Seoul, pp.41-47, 2007.
- 3) U. S. Yeo, J. I. Ryu, G. C. Kim and Y. J. Lee, "A Study on the HEV Control Characteristics under Various Driving Condition," Spring Conference Proceedings, KSAE, Vol.1, pp.33-38, 2003.
- 4) H. C. Kwak, S. H. Yang, C.-L. Myung and S. Park, "Optimization of the Hybrid Engine System to Improve the Fuel Economy," Electronic Vehicle Symposium, KSAE, pp.82- 88, 2005.
- 5) D. E. Lee, I. G. Hwang, D. I. Jeon and S. S. Park, "Development and Optimization of the Hybrid Engine System Model to Improve the Fuel Economy," Transactions of KSAE, Vol.16, No.6, pp.65- 73, 2008.
- 6) D. Y. Gwak, LabVIEW Express, OHM, Seoul, pp.247- 326, 2003.
- 7) H. B. Park, LabVIEW 8 Graphical Programming, Jeong-Ik-Sa, Seoul, pp.3-15, 2007.
- 8) J. Park, S. Park and H. Kim, "Development of Parallel Type Diesel Based Mild Hybrid Electric Vehicle," Fall Conference Proceedings, KSAE, Vol.2, pp.1408-1412, 2005.