

# 플러그인 하이브리드 전기자동차용 전장품 개발

이종찬\*, 유두영\*, 방이석\*, 최욱돈\*, 이세현\*  
\*현대중공업

## Development of Electric Equipment for Plug-in Hybrid Electric Vehicle

Jong Chan Lee\*, Doo Young You\*, Lee Seok Bang\*, Uk Don Choi\*, Se Hyun Lee\*  
\*Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

### ABSTRACT

Many countries are concentrating on the development of electric vehicle technology with increasing concerns about the global environment. Along with these concerns, plug in hybrid electric vehicles(PHEVs) are being developed as environment friendly cars which reduce greenhouse gas emissions and also eliminate the problem of range anxiety associated to all electric vehicles, because the combustion engine works as a backup when the batteries are depleted. In this paper, electric equipments of the PHEV which meet the target specifications were developed, and their performance was proven through confirmatory testing on the PHEV at Korea Automotive Technology Institute(KATECH).

### 1. 서론

화석연료의 의존도를 낮추고 연비를 개선하기 위한 전기자동차에는 HEV(Hybrid Electric Vehicle), PHEV(Plug in Hybrid Electric Vehicle), EV(Electric Vehicle) 등이 있다. 친환경자동차의 궁극적인 목표는 전기자동차와 연료전지 자동차로 예상되고 있으나 기술개발 성과와 경제성을 고려 시, 현 시점에서 가장 가능성이 높은 대안은 PHEV로 평가된다. 순수 전기자동차는 전혀 환경오염을 일으키지 않으면서 주행이 가능하지만 에너지 저장장치인 배터리의 한계로 근거리 주행만 가능하다는 단점이 있다. 때문에 이러한 전기자동차의 단점을 보완하기 위해 단거리를 주행할 때에는 배터리를 동력원으로 주행하고 장거리 주행으로 인해 배터리의 전원이 부족하면 보조엔진을 동작하여 주행이 가능한 PHEV에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 논문에서는 기존 차량을 PHEV로 개조하고 여기에 필요한 전장품을 개발하여 차량과 전장품관련 성능시험을 수행하였다. 개발 전장품은 차량을 추진하기 위한 추진전동기, 보조엔진을 동작해 배터리를 충전하기 위한 발전기, 이를 제어하기 위한 제어기, 배터리를 안정적으로 관리하기 위한 BMS(Battery Management System) 등이다.

### 2. PHEV의 구성

#### 2.1 주요 전기장치의 구성 및 사양

그림1은 PHEV의 구성을 보여준다. 추진은 MCU(Motor

Control Unit)와 전동기로 구성되고 배터리 동력을 이용하여 차량의 속도를 제어한다. GCU(Generator Control Unit)는 보조엔진과 발전기를 제어하여 배터리 전압이 어느 기준치 아래로 떨어지거나 비상시에 배터리를 충전시킨다. 정지 및 운전 중에 배터리 충전이 가능하며 보조엔진은 999cc의 소형을 선정하였다. 동력장치인 배터리는 차량의 목표성능을 만족하도록 325.6V/100Ah의 리튬 폴리머 배터리를 적용하였고 BMS는 배터리 관리와 셀 보호 기능을 갖도록 설계되었다. 또한 가정의 220Vac 전원으로 배터리를 충전할 수 있도록 On board 충전기를 탑재하였다. 각 전장품의 동작 상태와 SOC(State of Charge) 등을 TFT LCD에 표시하여 시스템의 관리를 강화하였다. 그 외 Power Steering과 냉각을 위한 HVAC(Heater Ventilation Air conditioner)를 선정하였다. 이와 같은 전장품 적용으로 PHEV의 최고속도는 160km/h, 100km/h 정속주행 시 1회 충전 주행거리는 100km, 0 100km/h 가속성능은 12.3초, 등판성능은 20%, 4.5 시간의 배터리 충전시간(SOC 20% >100%)을 만족하도록 설계되었다. 또한 배터리 SOC가 40% 이하로 방전되면 엔진과 발전기를 기동시켜 발전한 전력으로 최대 700km까지 주행가능하다.

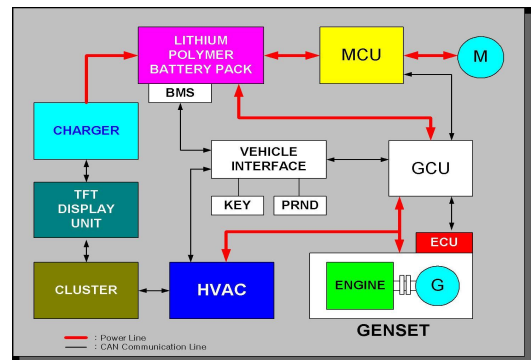


그림 1 PHEV의 시스템 구성

표 1 주요 전기장치의 사양

구분	사양
추진 전동기	50/100[kW], 2,000/5,000[RPM]
발전기	20/30[kW], 6,000/9,000[RPM]
제어기	IGBT 600V/600A 2병렬/1병렬, 백터제어
배터리	32.5[kWh], 325.6V, 100Ah
보조 엔진	999[cc]

### 3. 전장품 개발

#### 3.1 추진전동기 & 제어장치

차량의 제원과 요구 사양을 기준으로 시뮬레이션을 수행하여 전동기의 용량을 계산하였다. 전동기는 시스템 효율을 높이고 우수한 속응성을 내기 위해 감속기를 사용하지 않고 차동기어에 직접 연결하는 방식을 적용하였다. 또한 저속 및 고토크 특성을 만족하고 진동과 열악한 환경에 강한 특성을 가져야 한다. 위의 특성을 갖도록 설계된 전동기는 최고속도가 5,000rpm이고 최고 2분 정격출력 100kW와 연속 출력 50kW의 출력성능을 갖는다. 수냉식 8극 유도전동기로 신뢰성 확보를 위해 광학식 엔코더 대신 레졸버를 사용한 속도검출 방식을 사용하였다. MCU(Motor Control Unit)는 전동기의 속도와 회전자의 위치를 검출하여 속도와 토크를 제어하고 차량의 주변장치에 12V전원을 공급하는 DC/DC 컨버터를 내장하였다. 추진제어기는 차량제어에 필요한 VCU(Vehicle Control Unit)의 역할도 할 수 있도록 32 bit DSP를 이용하여 Full digital 방식으로 개발하였다.



그림 2 추진 전동기



그림 3 MCU

#### 3.2 발전기 & 제어장치

그림4의 GCU는 엔진을 크랭크인 한 후, 차량에서 요구하는 전력량과 엔진효율 동작 점을 찾아 엔진속도와 발전기 토크를 제어하여 최적의 효율점에서 전기에너지를 발생시키고, 이를 MCU(Motor Control Unit)에 보낸다. 이때 추진에 사용되고 남은 여분의 에너지는 배터리에 저장한다. 에어컨이 동작할 경우 배터리의 SOC 저감을 방지하기 위하여 발전기에서 발생한 전력으로 에어컨이 동작하도록 하였다. 발전기는 최고속도 9,000rpm, 최고출력 30분 정격 30kW, 1시간 정격 25kW, 연속출력 20kW인 수냉식 4극 유도발전기이다. 배터리의 SOC가 40% 미만으로 낮아질 경우 보조엔진을 이용해 발전기를 동작하여 배터리를 충전한다.



그림4 GCU



그림5 발전기



그림6 BMS

#### 3.3 BMS (Battery Management System)

BMS는 과충전 및 과방전과 같은 배터리에 손상을 줄 수 있는 상황을 미연에 방지하여 배터리가 최적의 동작 상태를 유지할 수 있도록 관리 해주고, 배터리의 각 셀 전압을 균등하게 유지시킴으로써 배터리 수명을 연장시켜주는 기능을 갖는다.

개발된 BMS는 배터리의 셀 전압 및 온도를 검출하고 셀 밸런싱 기능을 구현하는 하위 BMS와 수집된 정보를 통해 SOC를 계산하며 수집된 정보를 CAN 통신을 통해 모니터링 시스템과 충전기에 제공하는 상위 BMS로 구성되어 있다.

### 4. 성능시험 결과

제작된 차량은 Chassis Dynamometer 시험을 통해 최대 출력 성능과 연비를 측정하였고 인증기관에서 실시한 차량의 주행성능 시험을 통해서 가속성능과 등판성능을 확인하였다. 최고 속도는 설계 목표치를 초과한 170km/h까지 도달하는 것을 확인하였다. 연비 측정시험 결과 100km/h 정속주행 상태로 SOC 100%에서 20%까지 80%를 사용하는 조건에서 107km의 주행이 가능한 것으로 나타났다. 차량의 주행성능 결과 0km/h에서 100km/h에 도달하는 시간이 12.4초로 설계 목표치인 12.3초와 거의 일치하였다. 등판성능 시험의 경우 경사로 22%에서 등판이 가능하여 목표 성능을 달성한 것을 확인할 수 있었다.

표 2 PHEV의 목표성능 대비 달성 수준

항목	개발목표	실제성능
최고속도	160km/h	170km/h
1회 충전 최대 주행거리 (100km/h 정속주행)	100km	107km
가속성능 (0 100km/h)	12.3초	12.4초
등판성능	22%	22%
충전시간 (SOC 20%→100%)	4.5시간	4.5시간

### 5. 결론

일반 차량을 독자 기술로 설계한 추진전동기, 발전기, BMS, DC DC 컨버터, 충전기와 각종 제어장치를 탑재 하여 PHEV로 개조한 후 Chassis Dynamometer 시험과 인증기관에서 수행한 성능시험을 통해 목표성능을 만족하는 것을 확인할 수 있었다. 순수 EV의 배터리 용량 제한에 따른 주행거리 한계를 극복하는 PHEV의 장거리 주행 능력을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] Dennis Doerffel, "Testing and Characterization of Large High Energy Lithium Ion Batteries for Electric and Hybrid Electric Vehicles", University Of Southampton, Mar., 2007
- [2] Martin Homung, Michael Braun, "A Charging and Charge Equalization System for Series Connected Batteries", University Karlsruhe, Elektrotechnisches Institute, Germany.
- [3] Stephen W. Moore, Peter J. Schneider, "A Review of Cell Equalization Methods for Lithium Ion and Lithium Polymer Battery Systems", society Automotive Engineering, 2001.