

바이모달 고품질차량 추진용 전장품 개발

유두영, 박건태, 김승환, 방이석
현대중공업

Development of Electric Propulsion Equipment for Bi-Modal Vehicle

Doo Young You, Geon Tae Park, Seung Hwan Kim, Lee Seok Bang
Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

ABSTRACT

세계적으로 화석연료에 의한 환경 문제로 인하여 연비가 개선된 전기자동차에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 본 논문에서는 친환경이면서 대용량 수송이 가능한 직렬형 CNG 하이브리드 바이모달 고품질차량에 적용되는 추진용 전장품을 개발하였다. 또한 전장품을 차량에 장착하여 운전 모드에 따른 차량의 주행시험을 통해 차량의 구동 성능 및 전장품의 제어성능을 확인하였다.

1. 서론

온실가스 배출에 의한 환경공해 및 석유자원 고갈 등의 문제로 저탄소, 고연비의 전기자동차 기술개발에 관심이 집중되고 있다. 전기자동차에는 순수 전기자동차, 하이브리드 전기자동차, 연료전지 자동차 등이 있다. 이 중에서 하이브리드 자동차에는 병렬형 하이브리드, 직렬형 하이브리드가 있다. 순수 전기자동차는 배출가스가 전혀 없지만 배터리용량의 한계로 장거리 운전이 불가능하고, 연료전지 자동차는 경제성 확보가 어려워 하이브리드 자동차가 대안으로 주목받고 있다. 장거리 운전에서는 엔진이 주동력원이고 전동기가 보조동력원인 병렬형 하이브리드가 적합하고, 가감속이 많은 운전에서는 전동기가 주동력원이고 엔진이 보조동력인 직렬형 하이브리드가 적합하다. 바이모달 차량은 정류장간 거리가 짧아 Heavy Duty로 운전되어 직렬형 하이브리드 시스템이 적합하다.

본 논문에서는 직렬형 하이브리드 차량인 바이모달 고품질차량에 적용된 전동기 구동장치, 전원장치, 차량 제어장치 등의 전장품을 개발하고 연료저감을 위한 하이브리드 시스템의 로직 구현, 차량의 성능을 만족하기 위하여 전장품간의 시퀀스제어 및 전동기 제어 등의 기술을 확보하였다.

2. 추진시스템 전장품의 구성

2.1 주요 개발 전장품의 구성 및 사양

그림 1은 바이모달 차량 추진시스템의 구성을 보여준다. 바이모달 차량은 정밀정차를 위해 4개의 바퀴에 부착된 전동기가 독립적으로 제어된다. MCU(Motor Control Unit)는 Dual Inverter로 구성되어 있어 2개의 전동기를 각각 제어한다. ACU(Aux Motor Control Unit)는 제동용 컴프레서나 냉각계통의 전원을 공급하고, DCU(DC DC Converter Unit)는 차량

의 제어전원을 공급하고 에어컨 Fan을 구동한다. VCU (Vehicle Control Unit)는 배터리모드, 엔진모드, 하이브리드 모드 등의 운전모드를 담당한다. 차량은 매연을 방출할 수 없는 터널 같은 곳에서는 배터리모드, 배터리에 문제가 발생할 경우에는 엔진모드, 정상상태에서는 엔진과 배터리를 사용하는 하이브리드 모드로 운전한다. 하이브리드 운전에서 가속 시에는 배터리와 엔진발전기를 정류한 전원을 동시에 사용하고, 등속 시에는 발전기 전원의 일부가 배터리로 저장되며, 감속 시에는 회생에너지가 배터리로 저장된다. 표 1은 주요 전장품의 사양을 보여준다. 직렬형 하이브리드 차량이므로 전기에너지가 주동력원이고 엔진이 보조동력으로 구성되므로 배터리의 관리가 중요한 부분이다. 이를 위해 VCU는 배터리의 SOC(State Of Charge)를 59~64[%]로 관리하였다. 차량의 성능은 최고속도 80[km/h], 등판능력 12[%], 가속도 1.2[m/sec²]이다.

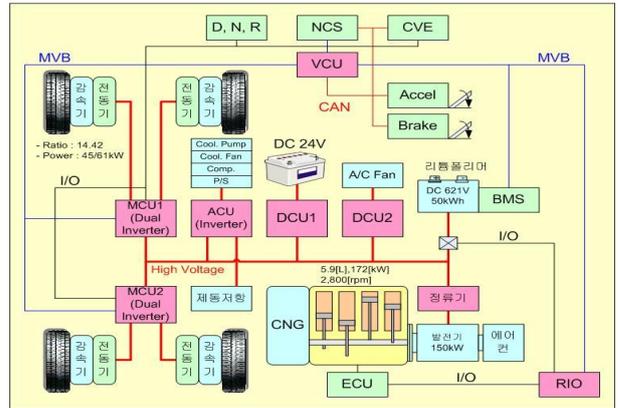


그림 1 추진시스템 구성도

표 1 주요 전장품 사양

구분	사양	비고
MCU	45/61[kW]×4	2축 4륜 전동기 구동
ACU	AC380[V], 30[kW]	컴프레서, 파워스티어링
DCU	DC24[V], 5.6[kW]	제어용 전원
제동 정류기	20[kW], DC750[V]	엔진모드 시 적용
정류기	160[kW], DC550~750[V]	발전기 전원 정류
전동기	6극, 유도전동기, 정격45[kW], 6000[rpm]	
VCU	DI16, DO16, AI8, PO8 MVB, CAN, RS232	Hybrid Control 상태 모니터링

3. 전장품 개발

3.1 MCU

MCU는 차량의 제원과 요구사항에 맞도록 인버터 용량을 선정하였다. 그림 2와 3은 MCU 구조 및 제어기 구성을 보여 주고 있으며 1개의 제어기에서 2개의 전동기를 제어하도록 구성되어 있고, 수냉식 구조의 전동기 제어장치이다. 정상상태에서는 자동운전 장치의 토크지령으로 차량을 구동하고 있으며, 자동운전 장치가 고장이 날 경우 단독 운전이 가능하도록 다양한 차량 제어로직 기능을 가지고 있다. 전동기의 속도센서 분해능은 100ppr, 전동기의 최고속도는 6,000rpm, 차량의 최고속도는 80[km/h], 그리고 기어비는 1:14.42이다. 제어주기는 16[kHz]이고, 스위칭 주파수는 8[kHz]인 비대칭 SVPWM 유도 전동기 벡터제어방식을 적용하였다.



그림 2 MCU

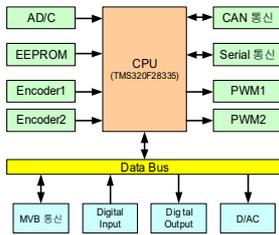


그림 3 제어기 구성

3.2 ACU & DCU

ACU는 차량의 AC380[V], 60[Hz]이 정전원을 생성하는 보조전원 공급 장치로서 부하전류 및 전압 변동에 따른 Slope 및 Limit 제어를 적절히 하도록 기능을 구현하였다. 또한 엔진모드로 운전할 경우 배터리가 연결되어 있지 않아 엔진 rpm이 비정상적으로 높거나 회생운전을 할 경우 DC Link의 전압이 상승하면 내부에 장착된 Chopper회로를 구동하여 과전압을 방지할 수 있다. DCU는 차량의 제어전원인 DC24[V]와 에어컨 팬의 전원을 공급하는 장치로써 ZVS 기능을 적용하였으며 Full Bridge 구조로 구성되어 있다. 그림 4와 5는 ACU 및 DCU 구조를 나타내고 있다.



그림 4 ACU



그림 5 DCU

3.3 VCU

VCU는 32bit ARM(Advanced RISC Machine) Core 기반의 CPU를 탑재하고 있으며 MVB(Multifunction Vehicle Bus), CAN, RS 232, Ethernet 통신과 DI, DO, AI 등의 사양을 가지는 PLC(Programmable Logic Controller)이다. 사용된 언어는 사용자 편리성을 고려하여 FBD(Function Block Diagram), SFC(Sequential Function Charts)로 구성되어 있고 Interpreter 방식으로 구현하였다. 기능으로는 자동운전 장치인 NCS (Navigation Control System)의 토크명령을 MCU에 전달하고,

차량의 각종 데이터를 취득하여 연비향상을 위한 하이브리드 제어를 담당하는 것으로 3가지 모드에 대한 시퀀스제어, rpm 제어, SOC 일정제어 등을 담당하고 있다. 또한 PC간 TCP IP Modbus 통신을 통하여 실시간 모니터링 및 데이터 Logging이 가능하여 시스템을 운영하는데 편리함을 제공하였다. 그림 6은 VCU 외관이고, 그림 7은 Lab View로 구현한 모니터링 HMI 화면을 나타내고 있다.



그림 6 VCU

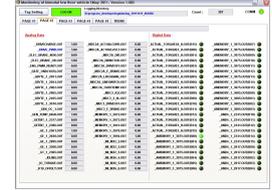


그림 7 모니터링 HMI

4. 성능시험 결과

제작된 전장품은 디나모시험 및 저항 부하시험 등의 단품 시험을 시행한 후 차량에 탑재하였으며 차량의 가속성능과 등판성능 등을 확인하였다. 시험선 및 일반도로주행을 통하여 운전자의 주행모드에 따른 배터리, 엔진, 하이브리드 모드의 운전을 확인하였고 설정된 SOC의 변동 폭인 59~64[%]를 만족하는 제어성능을 확인하였다. 성능시험 결과로 최고속도는 83[km/h], 등판능력은 12.5[%], 가속도는 1.28[m/sec²], 가속 시간은 차량 속도 0~30[km/h] 사이 6.5[초] 등을 확보하여 표 2와 같이 개발 목표치를 달성하였다.

표 2 추진시스템의 목표성능 대비 달성 수준

항 목	개발 목표	실제 성능
최고속도	80[km/h]	83[km/h]
가속도 (0~30km/h)	1.2[m/sec ²]	1.28[m/sec ²]
가속 성능 (0~30km/h)	6.9[sec]	6.5[sec]
등판 능력	12[%]	12.5[%]

5. 결론

직렬형 CNG 하이브리드 바이모달 굴절차량의 추진에 필요한 MCU, ACU, DCU, VCU 등을 설계하고 차량에 탑재하여 주행 및 성능시험 결과 차량의 목표성능을 만족하였다. 운전자의 토크지령에 의한 전동기제어, 차량의 전원공급, 운전모드에 따른 하이브리드 제어를 구현하였으며, 도로 주행시험을 통하여 CNG 엔진의 연비가 22[km/m³] 이상임을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] K.T Chau, Y.S Wong "Overview of power management in hybrid electric vehicles" Energy Conversion and Management, Vol 43, Issue 15, pp.1953 1968, 2002.
- [2] Pisu P, Koprubasi, Rizzoni G, "Energy Management and Drivability Control Problems for Hybrid Electric Vehicles" IEEE Conference Decision and Control, pp. 1824 1830, 2005