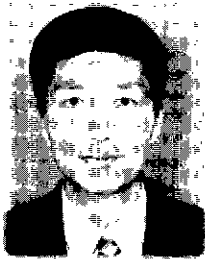


현대자동차 하이브리드 동력시스템 소개



김 철 수 박사
현대자동차(주)
하이브리드전기차개발팀

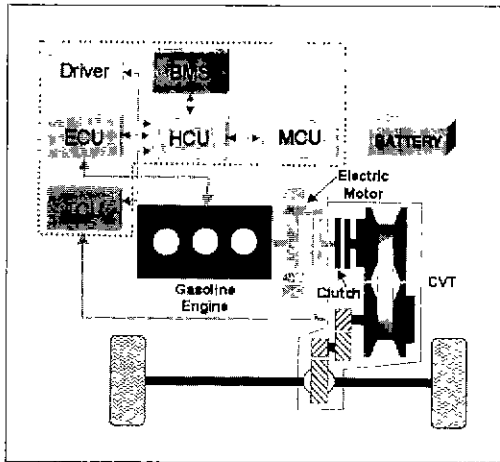
1. 서론

대체 에너지 차량에 대한 개발은 첫째, 환경오염을 예방하기 위한 공해배출 규제가 점차 강화되고 있으며 둘째, 지구 온난화의 주범으로 지목되고 있는 이산화탄소 배출량에 대한 규제가 시작되고 있으며 셋째, 석유자원의 고갈에 따른 대응안으로 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있다.

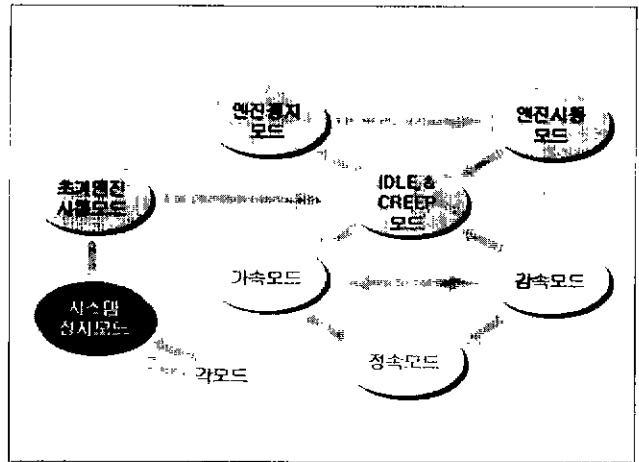
대체 연료 자동차중 전기자동차(EV)는 이미 20세기 초에 개발에 성공하였지만 배터리에만 의존하는 순수 전기자동차는 짧은 일출전 주행거리, 긴 충전시간, 사회간접자본 시설 미비등으로 대량 양산 보급은 기대하기 어렵다. 따라서 이러한 순수 EV의 단점을 극복하면서 소비자에게 구매력을 가질 수 있는 하이브리드 전기자동차에 대한 관심이 고조되고 있다. 이미 알려져 있는 바와 같이 하이브리드 전기자동차는 내연기관과 모터 시스템의 조합으로 구성되는데 배기가스의 감소, 연비향상, 기존 기술린 차량과 동등한 주행거리, 부가적 충전 및 기반시설 불필요등의 강점을 가지고 있으며, 특히 배터리 탑재량을 최소화하여 가격 경쟁력을 가질 수 있다. 또한 정책적으로도 CARB의 ZEV 범규중 HEV의 Credit 적용이 확정되어 있으며 일본등에서는 보조금을 주는등 HEV의 활성화를 유도하고 있는 중이다.

HEV의 동력시스템은 Series Type과 Parallel Type으로 크게 구분되며 TOYOTA에서는 두 시스템의 복합개념인 Power Split Type을 개발 판매하고 있으며 HONDA는 Parallel Type의 HEV를 개발 판매중이다. 또한 GM, FORD등에서도 Parallel Type의 HEV를 개발 판매할 예정이다.

여기서는 현대자동차의 Parallel Type HEV 동력시스템에 관하여 소개하고자 한다.



〈그림 1〉 Parallel Type Hybrid Powertrain System Structure



〈그림 2〉 Driving Mode

2. Parallel Type Hybrid Powertrain System

본 HEV 동력시스템은 〈그림 1〉과 같이 병렬형 일축구조로서 단일모터가 엔진과 직결되어 있다. 엔진과 모터로부터 발생된 동력은 CVT를 통하여 차량 구동력으로 전달되며 동력의 단속은 CVT 내부에 있는 클러치에 의하여 이루어진다. 이 시스템은 근본적으로 엔진이 차량의 주동력원이 되며 전기모터는 발진, 가속시 차량에 요구되는 구동력을 Assist하고 회생제동을 통하여 에너지를 축적시키는 개념으로 이용된다.

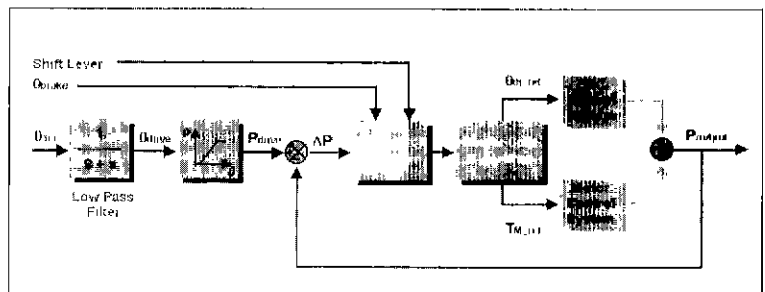
HCU(하이브리드 제어기)는 운전자의 가속페달로부터 차량 요구동력을 추정하고 운전자의 의지 및 동력시스템의 최적운전을 위한 엔진동력, 모터동력 및 CVT 변속비, 배터리 상태 등을 계산하고 ECU(엔진제어기),

MCU(모터제어기), TCU(CVT 제어기), BMS(배터리 관리 제어기)는 이를 구현하기 위한 각각의 제어를 수행한다.

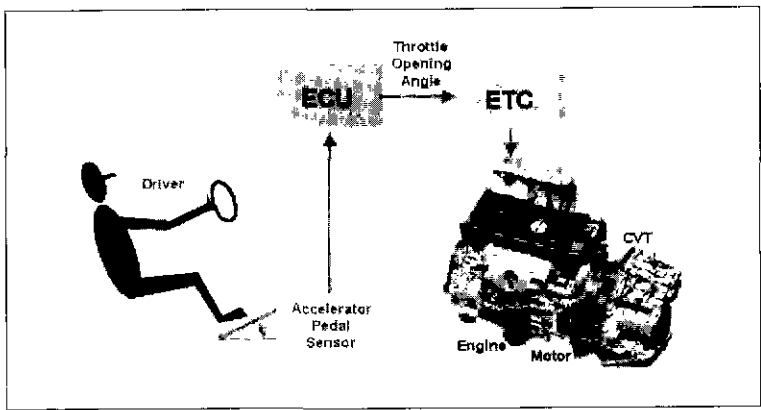
차량의 주행모드는 〈그림 2〉와 같이 8개의 모드로 정의되며 모드의 변환은 도시된 화살표 방향으로 진행된다. 또한 가속모드와 감속모드는 각각 급가속모드 및 급감속모드를 내부에 포함하며 가속모드에는 발진모드가 포함되어 있다. Parallel Hybrid Powertrain의 Power Flow Control에 대한 전체 블록선도

는 〈그림 3〉과 같다.

모드판정 알고리즘에서 차량의 상태와 운전자의 의지를 이용하여 차량의 주행모드가 결정되면 동력분배 알고리즘에서는 엔진과 모터의 출력동력을 결정하고 이를 발생시키기 위한 엔진 드로틀 개도 및 모터토크 기준값을 계산하게 된다. 계산된 엔진 드로틀 개도 및 모터토크 기준값은 각각 ETC 제어 시스템 및 모터 제어시스템에 의하여 구현된다.



〈그림 3〉 Power Control을 위한 블록선도

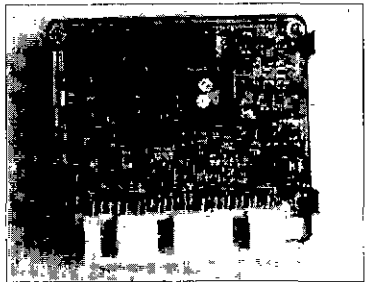


<그림 4> 전자제어 드로틀 밸브 제어

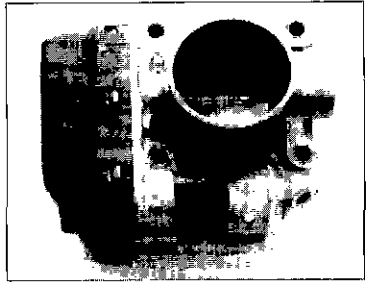
가솔린 엔진이 최적의 조건에서 동작할 수 있도록 제어해 주는 장치로서 운전 영역을 최적으로 제어하고, 운전 성능을 향상시키기 위하여 전자제어 드로틀 밸브 제어 장치(ETC)를 채택하였으며 <그림 4>에 전자제어 드로틀 밸브 제어 개념을 도시하였다. 또한 전자제어 드로틀 밸브 제어의 특징을 간략히 나타내면 다음과 같다

- ① ETC를 이용하여 운전영역의 자유로운 설정 가능
- ② 연비 향상을 위한 Idle Stop 기능 지원
- ③ 각종 Controller와의 Data공유를 위한 CAN(Controller Area Network) 통신 지원
- ④ 엔진과 모터의 운전 영역 설정을 위한 현재의 엔진 토크값 계산

<그림 5>에 개발된 ECU를 도시하였고 <그림 6>에 ETC를 도시하였다.



<그림 5> HEV 제어를 위한 ECU



<그림 6> Electronic Throttle Control Actuator

3. 주요 구성 요소

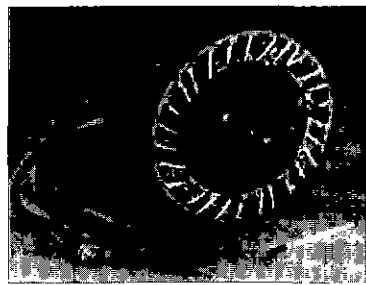
3.1 ECU/ETC

HEV는 기존의 가솔린 엔진과 구동 모터의 2가지 동력원을 이

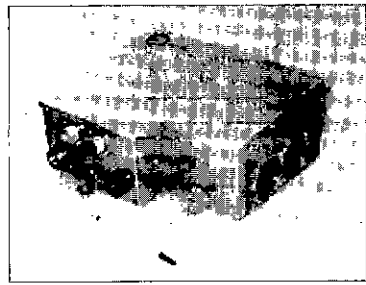
용하여 운전 모드에 따라 그 동력을 배분하여 연료 소비의 최소화 와 환경 친화성을 동시에 실현 하고 있다. HEV용 ECU 시스템은 이러한 운전 조건에 맞추어

3.2 전기적 동력시스템

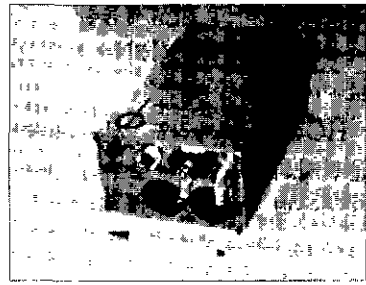
병렬형 HEV용 전기적 동력시스템의 주요 부품은 BLDC 모



(a) BLDC 모터

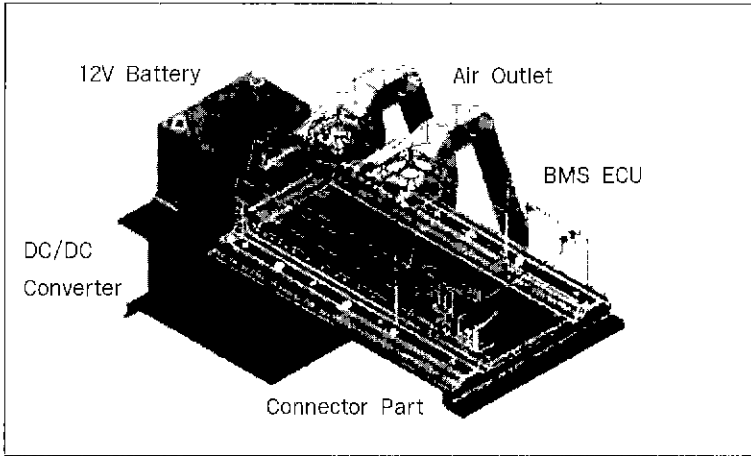


(b) 모터차량제어기(HMCU)



(c) 직류전원공급장치

<그림 7> 개발된 병렬형 하이브리드 전기자동차용 전기적 동력시스템 주요 부품



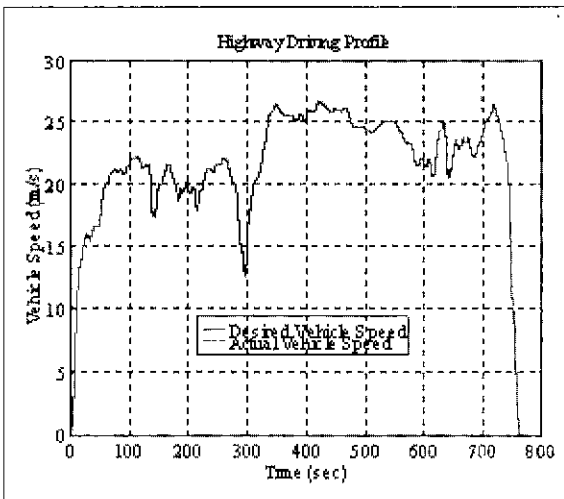
〈그림 8〉 배터리 및 BMS

터, 모터/차량제어기 및 직류전원공급장치로서 〈그림 7〉과 같다. BLDC 모터는 (1) 엔진 스타팅 (2) HEV의 구동동력 보조 (3) 회생에너지를 이용한 배터리 충전등과 같은 주요기능을 가진다. 통합형 모터/차량제어기는 크게 BLDC 모터구동을 위한 인버터와 제어부로 구성되어

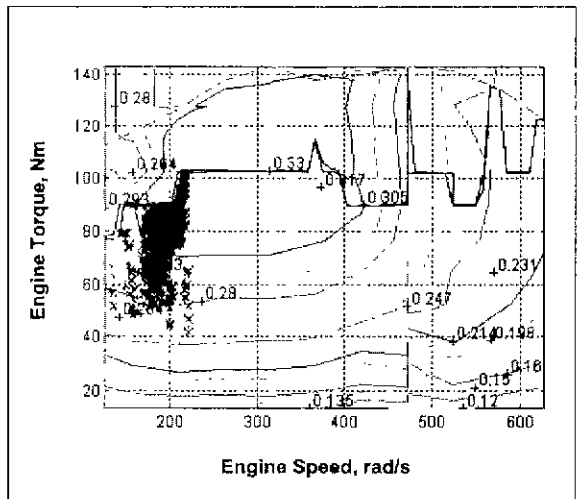
있으며 차량의 운전조건, 배터리 SOC, 운전자의 가속 의지등에 따라 저공해 및 최적의 연비를 구현하기 위한 모터 및 엔진의 출력량을 결정한다. 또한 직류전원공급장치는 배터리로부터 전력을 변환하여 차량전장 및 제어기에 필요한 +12V의 전력을 공급한다.

3.3 배터리 및 BMS

HEV의 배터리는 전동기 에너지 공급과 에너지 저장의 2가지 기능을 수행한다. 본 시스템에 사용된 배터리 시스템은 Panasonic사의 Prismatic Ni-MH 배터리 시스템이다. 배터리는 7.2 V/module 20개를 사용하여 144 V의 전압을 공급하며 용량 6.5 Ah, Specific Energy 45 Wh/kg, 최대동력 19 kW의 성능을 가진다. HEV에서는 대용량의 전기장치에 의한 소모 전류가 크기 때문에 배터리의 발열량이 증대되며 배터리의 열화에 의한 성능 및 수명저하를 방지하기 위하여 배터리 적정온도를 유지하는 것이 중요하다. 배터리 Box 내부의 냉각을 위하여 냉각팬 2개를 사용하여 차량 실내 공기를 유입하여 차량 외기로 분출하는 냉각방식을 채택하였다.



〈그림 9〉 Highway Driving Mode



〈그림 10〉 Engine Operation for Highway Drive Mode

BMS는 배터리 SOC 계산 및 최대 충/방전 동력을 계산하여 HCU에 전송하는 기능을 수행한다. 이를 위하여 배터리 온도, 대기 온도, 배터리 전압 및 전류를 측정하여 SOC 계산, 충/방전 전류 제한값 계산, 배터리 냉각 제어, 배터리 안전검사를 수행한다. <그림 8>에 배터리 및 BMS를 도시하였다.

3.4 CVT

엔진 최적운전에 의한 연비 향상 효과를 얻기 위하여 변속기로서 ZFST사의 CVT를 장착하였다. ZFST CVT는 동력전달요소로서 금속벨트를 채택하고 발진장치로서 유성기어와 습식다판 클러치를 채택하였으며 전기모터에 부착이 용이하도록하우징이 설계되었다.

HEV 주행상황에 적합한 변속비와 CVT 입력전달토크에 적절한 라인압력을 구현하기 위하여 전자유압제어에 의한 변속비 및 라인압력 제어를 수행하고 있다. 이를 위하여 CVT TCU는 엔진드로틀 개도, 엔진회전속도, 차량속도 신호등을 입력받아 최적의 변속비와 라인압력을 계산하고 이를 구현하도록 제어로직이 설계되었다. 또한 내부에 CAN

장치를 설치하여 추후 HCU로부터 제어에 요구되는 신호를 공유하도록 설계되었다.

4. 성능 시뮬레이션

본 하이브리드 동력시스템의 성능 예측을 위한 시뮬레이션 프로그램을 개발하고 이를 이용하여 차량 제원, 주요 부품 특성 및 주행제어 알고리즘에 의한 하이브리드 동력시스템의 연비 성능을 검토하였다.

대상 차량은 베르나였으며 시험 중량은 1,339 Kg으로 가정하였다. <그림 9>는 시뮬레이션에 사용된 Highway 주행모드를 도시한 것이며 <그림 10>은 Highway 주행모드에 대한 엔진의 운전점을 WOT 선도 및 엔진 효율곡선과 OOL로 표현된 엔진특성맵상에 도시한 것이다. 주행제어 알고리즘에 의하여 엔진이 OOL 근처에서 운전되고 있으며 연비는 23.12 km/l로 측정되었다.

5. 결론

본 하이브리드 구동시스템은 엔진과 변속기 중간에 모터를 삽입하는 구조로서 차량LAYOUT

상 모터의 두께를 최소화하는 것이 필요하였다. 또한 동력시스템을 구성하는 엔진, 모터, CVT, 배터리의 제어기간에 긴밀한 정보교환이 필수적이며 CAN통신을 사용하여 이를 해결하였다.

본 시스템의 가격을 최소화하기 위하여 배터리 탑재량을 최소화 하였다. 그러나 에너지 저장용량이 저하되기 때문에 그만큼 배터리 관리가 중요해 졌다. 본 시스템은 베르나에 탑재되어 각종 시험을 통하여 가장 최적의 시스템을 구축하는 연구가 계속되고 있다.

본 시스템을 구성하기 위하여 사용된 구성요소들은 될 수 있으면 국내 기술을 이용하려고 노력하였으나 국내 기술 기반이 취약하여 부득이 국외 개발품을 많이 적용하였다. 따라서 개발 과정에서 국내 부품회사에 기술을 이전하여 많은 부분을 국산화할 계획이다. 그러나 선진 기술을 따라 잡기 위해서는 1개 자동차 회사의 노력만으로는 한계가 있으며 정부의 관심과 학계 및 자동차 관련 산업계의 노력이 병행되어야 할 것이다.

<김철수박사 : Kimcs@hyundai-motor.com>