

최근의 전동기 구동시스템을 가진 자동차의 기술개발 추이

하 회 두
한국전기연구소

Trend of the Recent Technology for the Vehicle with Motor Power Train

Hoi-doo Ha
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Electric vehicle(EV), hybrid electric vehicle(HEV) and fuel cell electric vehicle(FEV) are seen as one way of reducing the harmful effects of traffic and of improving energy efficiency. Therefore the status and developing trend of the EV, HEV and FEV are given in this paper. A major aspect of alternative drive trains is the electric drive train. The automotive aspect in developing electric drive trains is emphasized

1. 서 론

기존 자동차의 주 에너지원인 석유자원이 점점 고갈되어 가고 있는 상황에서 대체에너지개발과 자동차의 배기가스로 인한 대기오염 및 이산화탄소에 의한 지구 온난화 현상 등 환경문제의 해결책으로 주요 자동차 회사들은 전기자동차, 하이브리드 전기자동차, 압축 천연가스 자동차 및 연료전지 자동차 등 여러 가지 청정 에너지 차량(clean energy vehicle)을 개발하고 있다.

그 중에 전기자동차의 경우는 주 에너지원인 전지의 에너지 밀도가 내연기관에 사용되는 가솔린에 비해 매우 낮기 때문에 1회 충전으로 주행 가능한 거리가 매우 짧은 단점을 가지고 전지의 화학적 특성으로 인해 긴 충전 시간이 요구되며 더더구나 이러한 충전 인프라 구축이 미흡한 실정이다.

따라서 최근에는 전세계적으로 배출가스에 대한 대기 오염과 순수전기자동차의 기술적 어려움을 해결하는 방안으로 크게 두가지 방향으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 하나는 연료전지 개발과 같이 고효율 고에너지 밀도를 갖는 전기화학적 전원공급 시스템을 개발하는 것이고, 또 다른 하나는 전동기 및 발전기 그리고 전기적 저장시스템과 엔진을 조합하여 효율적인 하이브리드 전기자동차를 개발하는 것이다.

순수전기자동차는 하이브리드 전기자동차는 연료전지 전기자동차든 이러한 환경 친화적 자동차의 공통된 요구 사항은 전동기 구동시스템이기 때문에 이 전동기 구동시스템이 높은 에너지효율과 신뢰성이 높고 가격이 저렴해야 하는 것은 당연하다. 따라서 본 논문에서는 전동기 구동시스템을 적용한 여러 가지 자동차의 기술적 특징과 개발현황 및 향후 동향을 파악하고자 한다.

2. 본 론

2.1 기술의 특성

순수전기자동차는 전력원으로 고성능전지만을 사용해서 전동기를 구동하는 시스템을 채택하는 것으로 현재 전지의 성능 및 가격면에서의 단점때문에 대규모로 ICE 자동차를 대체하지는 않을 것 같으나, 무배기가스, 저소음 등의 장점으로 환경적으로 민감한 지역등의 특별한

경우의 틈새시장에서 중요한 역할을 할 것이다.

현재 개발중인 대부분의 HEV는 내연기관과 전동기 구동시스템의 결합으로서 동력흐름에 따라 크게 직렬 하이브리드 전기자동차(SHEV)와 병렬 하이브리드 전기자동차(PHEV)와 직렬병렬을 조합한 혼합형 하이브리드 전기자동차로 나눌 수 있다.

HEV는 전반적으로 같은 성능을 내면서 기존의 ICE 자동차보다 효율이 훨씬 뛰어나며 배기가스 저감효과가 있다는 이유 때문에 자동차 회사들이 관심을 가지고 있다. 그러나 HEV는 시스템기능의 중복성 때문에 본질적으로 redundant design이 요구되며 에너지 변환없이 엔진의 기계적 힘을 바퀴에 직접 전달하는 것이 가장 효율적인 에너지 전달과정을 고려한다면 기계적 힘을 전기적 힘으로 또는 전기적 힘을 기계적 힘으로 에너지 변환하는 것은 연료절약 목적으로는 적합치 않으며, 전지에 저장된 에너지를 가장 효율적으로 사용하는 것은 엔진이 꺼진 상태에서 순수 전기적 모드를 구동하는 것이다. 직렬 HEV는 엔진과 축전지, 모터를 직렬로 하여 엔진의 동력은 발전기를 통하여 축전지에 저장하고, 차량의 구동은 모터만으로 수행하는 구동 시스템을 찾는 자동차이기 때문에 배기가스 저감과 대체 Power source(가스, 터빈 등)를 사용할 수 있다는 장점과 엔진이 바퀴로부터 분리되어 있는 특성 때문에 운전자의 요구사항과 관계없이 독립적으로 운영되어 진다. 그러나 엔진에서 바퀴까지 에너지를 이동하는 과정에 여러번의 에너지 변환과정을 거쳐야 하기 때문에 연료절감효과는 거의없다.

병렬 HEV는 엔진과 모터가 병렬로 구성되어 각각의 동력이 차량을 독자적으로 구동하기도 하고 때로는 동시에 구동하는 시스템을 갖는 자동차이기 때문에 배기가스 저감 측면에서는 많은 직접적 효과가 없으나 엔진과 전동기의 적합한 크기 및 통합 운영으로 연료소비를 현저히 줄일수 있다.

FEV는 EV의 전지대신에 연료와 공기가 결합한 전기 화학 반응에 의해서 전기를 발전하는 연료전지를 사용한 차량을 말하며, 에너지 변환효율이 60% 이상이면서 무소음이며, 거의 무배기가스인 전력원을 가질 수 있으며, 2004년에 시제차가 나올 예정이나 가격 경쟁력이나, 효율적인 연료공급체계 구축이 미흡한 실정이다.

전체적으로 EV, HEV 및 FEV는 전기 구동시스템을 가지고 있기 때문에 회생제동에 의해서 연료효율을 높일 수 있고, 저속에서 전동기의 고토크 특성 때문에 저속차량의 주행성능을 향상시킬 수 있다. 그러나 전지 성능향상과 전지의 무게 및 크기를 줄이는 것이 EV 및 HEV의 개발관건이며, HEV는 EV와 달리 전지의 충방전이 자주 필요하며, 엔진 모터 및 관련부품의 통합된 에너지 효과를 극대화하기 위한 드라이브 라인의 리엔지니어링이 필요하다. 현재는 병렬 HEV의 연료절감 효과의 일부가 주로 전지에 의한 차량 무게증가를 보전하고 있다.

표 2. CEV 지원규모(1998년)

(단위 : 대)

	목 표	결 과
EV	230	148
HEV	10,000	3,967
CNG	1,100	1,198
Methanol 차량	100	19

이 CEV 프로젝트에서는 2010년까지 200만대 보급을 목적으로 하고 있으며, 지방자치 단체나 기업은 제한이 없으나 개인지원에는 업무용으로 사용되어야만 하고, 하이브리드 EV는 연간 6,000 km 전기자동차는 3,000 km 이상 사용하여야 한다는 조건이 되어야만 지원된다.

연구개발분야는 ACE(Advanced Clean Energy Vehicle) 프로젝트를 수행 중에 있다. 이 프로젝트는 NEDO(New Automotive Development Organization)와 JARI(Japan Automotive Research Institute)가 주관하여 Isuzu Ceramic, Nissan, Nissan Diesel, Hino, Honda 및 Mitsubishi가 참여하여 연료절감 효과를 2배 이상 증진시키면서 청정에너지를 활용하여 배기가스를 저감시키는 하이브리드 승용차, 버스 및 트럭을 개발 중이며, 특히 Toyota와 Mitsubishi는 합성연료와 엔진 성능에 미치는 영향분석을 담당하고 있다.

10년간 전기자동차 보급대수가 2,500대 정도(승용차)에 비해 1997년 12월부터 시판한 도요타 Prius가 이미 30,000대 넘어 판매되었다.

일본에서는 여러가지 형태의 하이브리드 전기자동차가 판매되고 있다.(표 3 참조)

표 3. 일본의 HEV 차량

제조사	주요 내용
Insight Honda	- 99년 12월 시판 - 경량소재의 liter-3 Cylindrical 엔진으로 30 km/l로 연비 향상 - 가속시 BLDC 모터로 출력 보조 - 감속시 울트라 캐패시터로 회생충전
Avenir Nissan	- 직렬 하이브리드 시스템 - 주행거리 60km (전동기만으로 50km) - Li-ion 전지 장착 - HC, CO : 95% 감소 - Co ₂ : 50% 감소
Coaster Toyota	- 1997년 8월 시판 - 24인승 버스 - 직렬 하이브리드 시스템이며 1,500cc 가솔린 엔진, 전동기, 발전기 및 연속 전지 장착 - 일충진 주행거리 400 km, 최고속도 80 km/h - 가격은 1,450만엔(디젤버스의 3배)
Prius Toyota	- 하이브리드 EV를 위한 고유의 모델 - 가격 215만엔(기존차보다 25% 정도 비쌈) - 1997년 12월부터 월 1,000~1,500대 생산 - 가솔린 엔진과 전동기가 직렬형 운전 형태이며 Ni/MH 전지를 장착하고, 28km/l의 연비를 가짐
Estima Toyota	- 미니밴 - 2000년 1월 시판 - Prius 보다 성능이 더 뛰어난 - 대도시에서 NOx의 주범은 미니밴이기 때문에(현재 수만대 운행중) 판매량이 증가하면 환경개선 효과가 큼

3. 결 론

환경문제의 주범으로 자동차의 배기가스가 인식되고 에너지원의 다변화를 위해서 휘발유 이외의 대체 연료 차량 개발의 필요성이 부각됨에 따라 전세계 자동차회사들은 환경친화적이며 경제성도 향상시킬 수 있는 차량개발에 주력하고 있다.

앞절에서 보았듯이 전세계적으로 여러 가지 하이브리드 전기자동차 및 연료전지 차량들이 기존의 내연기관 자동차와 경쟁력을 가리면서 개발되어지고 있다.

고성능 전지의 개발이 관건이지만 전기자동차, 하이브리드 전기자동차 및 연료전지 전기자동차의 공통된 핵심 기술은 전동기 구동시스템이다. 따라서 현재의 가용한 소재를 최대한 효율적으로 사용하기 위해서는 전동기 구동시스템 관련기술의 개발은 매우 중요하다.

일반적으로 경쟁력 있는 전동기 구동 자동차를 만들기 위해서는 전동기 구동시스템 가격은 kW당 20\$ 이하, 무게는 kW당 1kg 미만, 부피는 kW당 0.5 l 미만이여야 한다. 또한 안전측면에서 DC 입력전압은 450 V 이하여야하고, 수명은 10년 이상이 되어야 한다.

결론적으로 내연기관에 필적하는 성능을 가지면서 에너지원에 관계없이 구동할 수 있는 경제적인 전동기 구동시스템 개발이 최대 목표이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Wolfgang Dönitz, "BEV, FCEV, HEV the Same Electric Drive Train ?" EVS-16, 1999
- [2] Callahan, K., "EVs : Clean Driving into the 21st Century" EVS-16, 1999
- [3] Electric & Hybrid Vehicle Technology 1997
- [4] Patil, G., "Hybrid and Electric Vehicle in the U.S.A." International Electric Vehicle Symposium in KOREA, 1999. 4.