

전기자동차 핵심 기술 동향

주경진*, 장성록**, **Farag Kamel Abo-Elusr Mostafa****, 임근희***
 국립 창원대학교*, 과학기술연합대학원대학교**, 한국전기연구원***

Technical Trend of Electric Vehicle

K.J Joo*, S.R Jang**, Farag Kamel Abo-Elusr Mostafa**, G.H Rim***
 Changwon National Univ.*, Univ. of Science & Technology**,
 Korea Electrotechnology Research Institute***

Abstract— In an attempt to minimize the air pollution caused by CO₂, NO_x, and SO_x and the fuel cost, the auto industries and researchers recently are looking into replacing the diesel and gasoline cars with hybrid electric vehicles, plug-in electric vehicles, or battery powered electrical vehicles. This paper reports the technical status of the primary components such as batteries, motors, power control units and auxiliary parts to be used for electric vehicles.

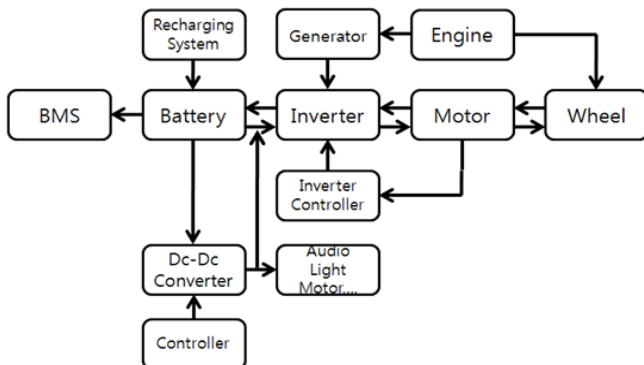
1. 서 론

원유 가격의 재 급등과 점차 중요해지는 환경문제의 중요성으로 인해 현재 자동차 시장은 기존의 내연기관으로 구성된 자동차를 대체하기 위해서 여러 가지 대안을 내놓고 있다. CO₂ 등 환경 오염물질 배출을 줄이고, 에너지 효율을 높일 수 있는 전기 자동차는 전기에너지의 이용 방법과 이용률에 따라 EV(Electric Vehicle), PHEV (Plug-in EV), HEV(Hybrid EV) Vehicle로 나눌 수 있다.

HEV는 모터의 저속 고 토크의 장점을 활용하여 ICE(내연기관)의 단점을 보완하는 개념으로 개발되었고, PHEV는 배터리와 모터에 의한 운전영역을 조금 더 크게 하고, 외부 전원으로부터 충전 할 수 있도록 만들어져 시내 단거리 주행에서는 전기에너지만을 사용하므로 환경오염을 최소화 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 효율을 높일 수 있는 장점을 가지고 있지만 구조가 복잡하고 가격이 비싸다는 단점이 있다. 또한 HEV 엔진은 모터와 배터리 공간 확보 및 고효율을 위해 보통의 엔진보다 작게 설계되어 있는데 이는 배터리 방전 후 고 출력이 요구되는 주행조건에서 문제를 발생시킬 수 있다. 순수한 전기자동차는 배터리의 가격, 무게, 부피, 충전시간 등에 의해 많이 제한되어져 왔으나 높은 에너지 밀도를 가지는 배터리 기술 발전결과 많은 자동차들이 개발되어지고 있다.[1],[2]

그림1은 전기에너지변환을 중심으로 HEV 및 PHEV, EV의 구조를 간략화 해서 나타낸 것이다. 엔진 부분을 제외하면 전동기, 발전기, 배터리 등이 핵심 부품이고 이를 제어하고 활용하기 위한 보조 기능을 가지는 부품들로 대별 된다.

본 고에서는 전기자동차용 배터리, 모터, 충전기 등의 주요 부품에서 요구되는 조건 및 현재 기술 동향에 대하여 소개하고자 한다.



〈그림 1〉 Overall Structure of electric vehicle

2. 핵심 기술 동향

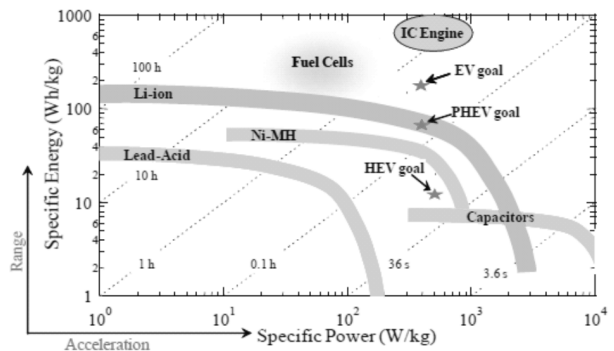
2.1 배터리

전기자동차의 발전에 가장 큰 영향을 미치는 것은 배터리의 기술과 가격이다. 높은 에너지밀도 및 충/방전력, 안전도, 급속충전 능력, 충전시간, 수명, 가격 등이 전기자동차용 배터리에 요구되어지는 중요 요소들이다. 현재까지 개발된 배터리의 종류와 특징을 정리하면 표1과 같다.

	에너지 (Wh/kg)	가 격	내구성	방전률	개 발 가능성
Lead Acid	20~35	Low	Fair	5	poor
Ni-Cd	40~55	High	excel	10	good
Ni-MH	65	High	good	7	very good
Li-Ion	90	High	very good	<6	good
Li-Polymer	>160	High	very good	<3	very good

〈표 1〉 배터리의 특성 비교표

그림2는 주행거리를 결정하는 에너지 밀도와 순간적인 에너지 사용으로 가속도를 결정하는 단위 무게 당 파워를 비교하고 있다. 전기자동차가 요구하고 있는 배터리 성능이 내연기관 차량에서 요구되는 수준에 이르는 아직도 많은 특성차이가 있다. 특히 에너지 밀도 측면에서는 많은 기술 개발이 이루어져야 할 것으로 분석된다.



〈그림 2〉 각 배터리의 출력밀도 및 에너지 밀도 그래프

납축전지는 가격이 싸고 90%이상의 효율을 가지고 있는 장점이 있지만 그림2에서 보이는 바와 같이 낮은 에너지 밀도 등으로 전기자동차용 배터리로 쓰이기에는 한계가 있다. 현재 개발되어진 많은 HEV 차량에는 Ni-MH 배터리를 많이 쓰고 있으

나 성능 및 수명 등의 한계로 현재 리튬 이차전지(Li-Ion, Li-Polymer)의 개발이 많이 진행되어 이를 이용한 전기자동차들이 출시되고 있다. 그러나 리튬 이차전지 역시 가격이 비싸고, 단위 셀 당 전압이 낮아 수백 볼트의 전압이 요구되는 전기자동차에 활용하기 위해서는 백 개 또는 그 이상의 셀을 직렬로 연결하여야 하며 이 경우 각 셀의 특성 차에 따라 충전 시 셀 간 전위차가 발생하게 될 뿐 아니라 Li-ion의 경우는 폭발 위험성도 내포하고 있다. 따라서 리튬 전지에서는 충/방전 시 각 셀의 충전전 특성차로 우려되는 문제점을 최소화하고 그 상태 정보를 충전시스템 이나 운전자에게 주기위해서 통신기능을 가지는 BMS(Battery Management System)이 요구된다.

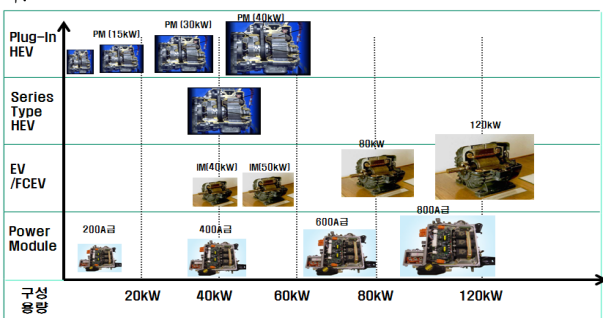
2.2 Motor

표2는 전기자동차용 모터에서 고려되어야 할 사항과 각 모터의 특성치를 정리한 것이다. DC 모터의 경우에는 가격이 싸고 제어가 쉽고, 부하에 관계없이 비교적 높은 효율을 가지고 있어 작은 차량에 쓰이고 있는데, brush와 commutator의 마모 문제가 있어 유지비용이 높다. 유도전동기(IM)의 경우에는 빠른 속도를 요구하는 스포츠카 등에 쓰일 수 있는데 경부하에서의 낮은 효율과 제어하기 어려운 단점을 가지고 있다. 영구자석을 사용한 PMSM은 가격이 다른 모터에 비해 비싸다는 단점이 있지만 높은 효율과 고속운전 가능성 및 비교적 용이한 제어 등의 특징으로 많이 사용되고 있다.

Motor Type		DC	IM	PMSM
Motor properties	Efficiency (%)	85-89	94-95	95-97
	Efficiency at Load 10%	80-87	79-85	90-92
	Max. speed	4,000-6,000	9,000-15,000	4,000-10,000
	Cost/Power(\$/kW)	10	8-12	10-15
	Cost of controller	1	3.5	2.5
	Rigidity	good	best	good
Reliability		good	best	good

<표 2> 각 모터의 특성 비교표

그림3은 전기자동차 topology에 따른 모터의 용량과 종류를 보여준다. HEV와 PHEV의 경우 경량화를 위해서 PMSM이 주로 이용되고 있고 순수 전기자동차(EV, FCEV)에서 regenerative 모드가 필요 없는 경우 유도 전동기 만으로도 운전이 가능하다.



<그림 3> Topology에 따른 모터의 용량 및 종류

지금까지 개발된 전기자동차에 채용된 전동기의 종류와 용량은 표3과 같다.

	Toyota	Nissan	Honda	GM	Ford	Daimler Chrysler
차종	RAV4LVEV	R'nessa EV	EV Plus	EV1	Ranger EV	Epic
모터	동기전동기	동기전동기	동기전동기	유도전동기	유도전동기	유도전동기
최대출력(kW)	50	62	49	102	66	74
최고속도(km/h)	125	120	130	129	120	129

<표 3> 전기자동차용 모터의 상세 사양 비교표 2.3 Power Control Unit(PCU)

그림4의 예로써 볼 수 있듯이 전기자동차 내부에는 배터리 전압을 승압시켜 인버터에서 필요로 하는 입력전압을 만들기 위한 컨버터와 제너레이터로부터 발전된 에너지를 다시 낮은 배터리 전압으로 변환하여 충전시키기 위한 양방향 컨버터 기능을 가지는 전력변환 장치가 내장된다. 또 전동기에 연결되어 속도를 제어하는 인버터와 발전기 후단에 연결되어 발전된 교류를 직류로 변환 하는 컨버터 기능도 필요로 하는데 이러한 기능을 하는 부분을 하나로 만들어 PCU(power control unit)라고 한다. PCU에서 가장 중요한 것은 스위칭 소자들의 손실을 최소화 하고 온도에 대한 소자의 내열성을 키우는 것이다. 현재 스위칭 소자의 기술 발전에 따라 IGBT 경우 처음 개발 당시보다 1/3 정도의 손실을 줄일 수 있는 소자가 개발되고 있고, SiC를 이용한 내열성이 우수한 소자 또한 개발되고 있는 추세이다. 이와 같은 전력반도체 기술의 발전은 전기자동차 개발 및 도입에 또 하나의 계기가 될 수 있을 것이다.

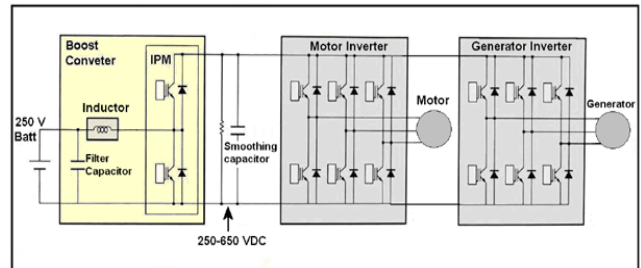


그림4. Example of Power Control Unit

2.4 기타 부품

위에서 기술된 주요 부품 이외에 전기자동차 시스템에는 많은 기타 부품들을 필요로 한다. 예를 들면 현재 개발된 차량의 주요 전기 시스템은 수 백 볼트 급이므로 대부분 12V를 사용하게 되어 있는 현재의 자동차 부품을 활용하기 위해서는 수 백 볼트의 전원을 12V로 변환하기 위한 dc-dc 컨버터가 필요하게 된다. 그리고 차량 내부의 신호 제어를 위한 고전압 직류 relay, 안전을 위한 fuse, 차량의 내/외부 회로 사이의 통신과 충전을 위한 통신선을 내장한 전원cable 및 커넥터 또한 필수 부품에 속하게 된다. 이와 같이 기타 부품 산업도 전기자동차 산업 발전에 따라 같이 성장 해주어야 할 분야이다.

3. 결 론

본 논문에서는 전기자동차의 다양한 전기적 회로 연결 구조 대하여 그림으로 소개하였고 각각의 장단점을 비교하였다. 또한 전기자동차의 전체적인 구조와 이를 구성하는 중요 구성품(Battery, Motor, Power Control Unit)에 대하여 기술하고 기술동향을 분석하였다. 배터리의 경우는 전기자동차 개발에 가장 큰 영향을 미치는 부품이며, 상대적으로 에너지 밀도가 높은 리튬 폴리머나 리튬이온 배터리를 채용한 차량이 대체를 이루고 있다. 배터리는 앞으로도 안전하고 에너지 밀도를 높이기 위한 지속적인 기술 개발과 공기 아연전지와 같은 새로운 배터리의 개발이 기대되고 있다. 전동기는 개발할 자동차의 특성을 고려하여 선택되어야 하며, SRM(Switched Reluctance Motor)와 같은 신기술을 접목한 전동기의 활용도 기대할 수 있으나 Prius나 MiEV 등에서 보는바와 같이 당분간은 PMSM이 이용되어질 것으로 보인다.

[참 고 문 헌]

- [1]Kazunori et al., "Development of Next-Generation Electric Vehicle", Mitsubishi motors, Technical review, No.19, 2007
- [2]Timothy Adam Burriss, "Vector Control and Experimental Evaluation of Permanent Magnet Synchronous Motors for HEVs", pp-00-00, August 2006
- [3]In-Wheel 구동시스템 기술개발 연구기획 보고서, 지식경제부(2008)