

디지털 디자인 핵심기술

2010 - 11호

Electronic Car

Electronic Car

1. 배경

지금까지의 자동차는 휘발유(gasoline), 경유(diesel), 가스(LPG) 등의 화석연료를 이용한 방식이 주류를 이루었으나, 전기, 수소, 에탄올 등의 새로운 연료를 동력원으로 하며 첨단기술을 접목한 신개념 자동차가 속속 등장하고 있다. 그 중에서 리튬이온 배터리, 전기모터 등의 눈부신 발전과 상대적으로 뒤쳐진 수소연료전지 기술 및 식량문제 등이 맞물려 전기자동차의 강세가 두드러지는 추세이다.

전기자동차는 이미 1830년대에 가솔린 자동차보다 먼저 제작되어 1912년에는 생산 및 판매에서 호황을 누리며 있지만, 1920년대에 원유가격의 하락과 내연기관의 대량생산에 의해 주류에서 밀리게 되었고, 높은 가격, 무거운 배터리 및 짧은 충전시간 등의 단점으로 인하여 대부분 사라지게 되었다. 그러나 자동차 배기가스로 인한 환경오염이 심각해지자, 미국 캘리포니아 주에서 '배기가스 제로법'을 만들면서 1996년 GM에서 최초의 양산형 전기자동차 모델인 EV1이 탄생하였다. 하지만 얼마 후 GM은 시장성과 수익성이 낮다는 등의 불명확한 이유로 EV1의 조립라인을 폐쇄하였다. 그런데 2000년대에 들어서자 전기자동차의 개발이 또다시 진행되기 시작하였다.

전기자동차가 재부상하는 이유로는 첫째, 고유가 시대의 재도래에 대한 우려로, 비록 2009년 유가는 세계 경기 침체의 여파로 50~80 달러 대에 머물렀지만, 2010년 이후 세계 경제가 회복되면 석유 수요의 급증으로 다시 고유가 시대를 겪을 가능성이 크기 때문이다. 세계에너지기구(IEA)에 따르면, 구조적인 수급 불균형 때문에 향후 유가는 2013년경 다시 100달러 선을 돌파할 가능성이 크다고 한다.⁰¹ 둘째, 기후변화 대응 및 온실가스 감축 차원에서 전세계적으로 자동차 연비 규제가 크게 강화되고 있기 때문이다. 자동차 부문의 2000년 온실가스 배출량은 35억 tCO₂(탄소톤)으로 세계 전체 배출량의 10.5%에 달한다. 따라서 자동차 부문의 온실가스 감축은 기후변화 억제에 중요한 전환점이 될 수 있다. 이 때문에 유럽 연합(EU)은 자동차 한 대당 온실가스 배출량을 현재 160g/km에서 2012년 130g/km까지 엄격히 제한할 계획이다. 2009년 5월에 미국도 2016년까지 평균 35.5MPG 달성, 배기가스 배출량의 1/3 감소라는 대폭 강화된 연비 규제안을 내놓았다. 셋째, 소비자 니즈의 변화도 그 이유이다. 2000년대 초 만해도 소비자들은 안전성, 편의성, 오프로드 주행에 좋은 대형 차종과 SUV 차종을 선호하였다. 그러나 2008년 이래 고유가와 경기 침체가 동시에 전세계를 강타하면서 소비자들이 변하고 있다. 즉, 과거와 달리 저렴하고 연비 좋은 차량을 선호하게 된 것이다. 그 예로 미국 시장에서 하이브리드 자동차 판매는 2008년 상반기 전년 대비 39%나 증가한 반면, 중소형 자가용보다 기름을 많이 먹는 경트럭의 시장 점유율은 2008년 5월까지 전년 대비 7.2% 감소하였다.⁰² 이처럼 고유가의 재도래, 연비규제 강화, 소비자 구매성향 변화 등은 석유 기반의 기존 내연기관 패러다임의 변화를 요구하고 있다. 즉, 차세대 자동차로 새로운 고효율 저연비 차량의 개발이 갑작스럽게 전세계 자동차 기업들의 사활이 달린 과제로 떠오른 것이다.⁰³

2. 개요



일본 게이오 대학교의 시속 370km 세계 최고속도 전기자동차 엘리카(Elica) (gizmag.com)

A. 전기자동차의 정의

전기자동차는 배터리에 축적된 전기를 동력원으로 모터를 회전시켜서 움직이는 차량을 말하며, EV(electric vehicle)라고도 불린다. 전기자동차는 통상적으로 순수한 전기자동차만이 아닌, 하이브리드(hybrid) 및 플러그인 하이브리드(plug-in hybrid) 자동차를 모두 지칭하기도 한다. 즉, 기존의 내연기관 차량에 비해 유해가스 배출량을 획기적으로 줄인 차세대 친환경 자동차라고 할 수 있다.

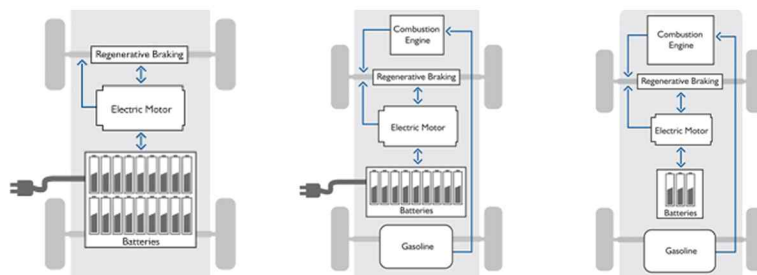
B. 전기자동차의 특징

전기자동차는 기존의 내연기관 자동차처럼 복잡한 부품이 필요하지 않고, 간단한 구조로 조작이 쉬우며 내구성이 높아서 차량 수명이 상대적으로 길다. 오일필터나 엔진오일 같은 것을 쓰지 않으므로 교체할 필요가 없어서 편리하다. 하지만 가장 큰 매력은 연료를 연소하지 않기 때문에 배기가스가 없어서 대기를 오염시킬 일이 없다는 것이며, 진동이 없기 때문에 소음도 매우 적다. 또한 감속이나 정지 시, 운동에너지의 일부는 전기모터를 발전기로 작동시키는 회생제동(regenerative braking) 시스템을 통해서, 전기에너지로 변환되어 배터리에 저장된다. 따라서 어느 정도의 에너지 회수가 가능하다. 그리고 정차 시에는 모터가 정지하므로 교통정체가 심한 도심지에서 에너지 손실이 적고, 연료로 쓰이는 전기는 석유뿐만 아니라 태양광, 풍력, 수력, 조력 등으로 발전할 수 있어서 에너지 수급에 다변화를 꾀할 수 있다는 장점이 있다.

단점으로는 가속성과 등판능력이 떨어지는 편이며, 배터리가 무겁고 충전시간이 길며 항속거리가 아직 충분치 않기 때문에 충전소 보급 등의 인프라 문제가 있다. 여기에 아직은 비싼 차량가격과 관련법 보완도 필요하다. 그러나 전기자동차 확산의 가장 큰 핵심은 배터리이며, 배터리의 경량 및 소형화, 충전시간의 단축과 인프라 구축이 전기자동차의 실용화에 있어 선결 조건으로 꼽힌다.⁰⁴

C. 전기자동차의 분류

전기자동차는 내연기관의 도움 없이 배터리로만 가는 순수 전기자동차(Battery Electric Vehicle, BEV), 동력원으로는 배터리에 저장한 전기만을 사용하고 필요에 따라 충전을 시켜줄 수 있는 조그만 내연기관을 가진 플러그인 하이브리드(Plug-in Hybrid EV, PHEV), 그리고 내연기관(가솔린, 디젤엔진, LPG)과 전기모터를 이용해서 주행 조건에 따라 전기모터와 내연기관을 선택적으로 가동하여 연비를 극대화하는 하이브리드 전기자동차(Hybrid EV, HEV) 등 크게 세 종류로 나눌 수 있다. 이하에서의 전기자동차는 BEV, PHEV, HEV를 통칭한다.⁰⁵

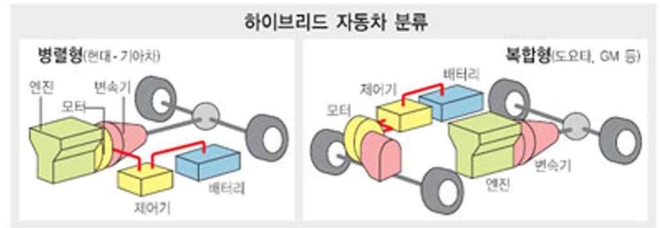


BEV, PHEV, HEV의 구조도 (EDTA)

04. 해외 전기자동차 시장동향, 전자부품연구원(KETI) 2010. 02
05. 전기 자동차가 출고율 변화의 물결, LGRI 리포트, 2009

1) 동력전달 방식에 따른 HEV 분류

HEV의 경우, 두 가지 이상의 동력원을 사용하기 때문에 BEV에 비해 여러 가지로 분류가 되는데, 동력전달 방식에 따라서는 직렬형(Series), 병렬형(Parallel), 혼합형(Series/Parallel)이 있다. 직렬형은 엔진이 발전기를 돌리고, 발생한 전기로 모터가 구동축(바퀴)을 움직이는 방식이다. 엔진이 구동축에 연결되어 있지 않고 엔진과 발전기가 직접



병렬형과 복합형의 구조도 (한국일보)

연결되어 있어 직렬형이라고 부른다. 태양광 자동차에서 주로 쓰이고 있고 내연기관보다 엔진이 더 효율적이다. 다만 이 방식의 상용화 최대 핵심은 전기의 힘으로만 기계적인 추진력을 얻어야 하기 때문에 대용량 배터리가 필요하다는 것이다. 그래서 현재로서는 하이브리드 트럭이나 버스와 같이 중량이나 면적에서 제약조건이 적은 타입이 유리하다. 배터리의 용량이 문제이기 때문에 리튬 배터리의 기술상용화가 더 진전되면 강력한 도전자가 될 것으로 평가되고 있다. 특히 가정에서 충전이 가능한 PHEV의 경우, 기본적으로 전기로 운행을 하지만 전기모터의 범위를 넘어서는 거리는 엔진을 이용해 발전기를 돌리는 방식이기 때문에 직렬형 하이브리드 방식이 플러그인 하이브리드의 주요 방식이 될 것으로 기대된다. 2010년 말 GM이 출시예정인 PHEV 시보레 볼트(Volt)가 이러한 방식이다.

병렬형은 엔진과 모터가 각각 독립적으로 구동하는 방식을 말하며, 주로 HEV를 지칭하는 방식이 병렬형이다. 주동력원은 엔진을 이용한 기계적 추진력이고, 엔진을 더욱 가속할 때 출력이 부족할 때 주동력원을 모터가 보조하는 방식이다. 모터는 추가의 개념이기 때문에 기존의 내연기관에 추가로 요구되는 시스템은 단순한 편이며, 무게와 비용면에서도 제약조건이 많지 않다. 이 때문에 현재 하이브리드 형태 중 가장 널리 적용되는 방식이다. 혼다의 시빅(Civic) HEV가 병렬형의 대표적인 모델이다.

복합형은 직렬형과 병렬형을 혼합한 방식으로 엔진과 모터가 동시에 작동되거나, 모터 단독 또는 엔진 단독으로, 그리고 엔진과 회생제동을 통해 발전기를 돌려 구동축을 움직이는 방식을 말한다. 연비향상과 파워풀한 드라이빙이 가능한 장점이 있으나 복잡한 구조와 전자장비 기술 때문에 비교적 비용이 높아지는 단점도 있어서, 중형급 이상의 차종에 적합한 방식으로 평가된다. 도요타의 프리우스(Prius)가 혼합형의 대표적인 모델이며, GM, 다임러-크라이슬러와 BMW 등도 혼합형을 개발했지만, 도요타가 지난 10년간 하이브리드 상용화를 통해 얻은 다수의 혼합형 기술노하우를 가지고 있기 때문에 선도적인 업체로 볼 수 있다.

2) 모터 사용 정도에 따른 HEV 분류

하이브리드 자동차는 모터 사용 정도에 따라 Micro(Mild) HEV, Soft(Power assist) HEV, Hard(Full) HEV로도 분류된다. Micro(Mild) HEV는 공회전시 시동이 자동으로 꺼지고 출발 시 액셀레이터(accelerator)를 밟으면 시동이 켜지는 Idle Stop & Go System을 장착한 차량으로, 모터는 이때 보조역할만 하는 단순한 시스템이다. 기존의 내연기관에 부착하거나 제약조건이 많은 소형차량에 적합한 방식이다. Soft HEV의 경우 Micro(Mild) HEV 방식보다는 모터의 보조역할이 더 크다. 대부분의 병렬형 방식이 Soft 타입으로, 전기모터 단독으로 차를 움직일 수 있지만, 모터는 단지 추진의 보조역할을 한다. 혼다의 '시빅(Civic)' 하이브리드가 대표적인 모델이다. Hard(Full) HEV는 전기모터가 출발과 가속 시에만 역할을 하는 것이 아니라 주행에 주되게 사용되는 방식이다. 직렬형과 혼합형이 이 방식에 속한다. 도요타의 프리우스가 대표적이며, 이러한 방식이 하이브리드의 주류가 될 것으로 보이지만 기술과 비용 측면에서 모든 차량이 Hard(Full) HEV로 가려면 좀 더 시간이 필요해 보인다.²⁸

06. 이상현, 하이브리드카/전기차 전망 및 국내 완성차업체의 경쟁력 비교 분석, 하나금융경영연구소, 2009. 02. 16

3. 구현 가능한 시스템 제원

A. 전기자동차의 주요 시스템과 구성 부품

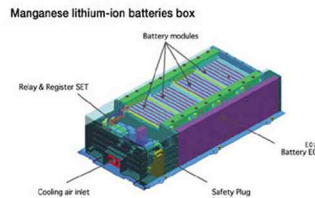


전기자동차의 구조 (현대자동차 연구개발본부)

전기자동차는 배터리(battery), 전기모터(electric motor), BMS(Battery Management System), 인버터(inverter)/컨버터(converter), 충전기, 차량 제어기, 보조 기기 등으로 구성되어 있다. 외부 전원으로부터 충전기를 통해 주 배터리에 저장된 전기 에너지가 운전자에 의해 조작되는 제어장치에 따라 주행에 필요한 전력으로 변환된 후 구동용 전기모터로 공급되며, 이때 전기모터에서는 이에 대응하는 출력이 얻어진다. 전기모터의 출력은 고속이므로 변속기를 통해 감속된 상태로 구동 바퀴에 전달되어 주행한다.

1) 배터리

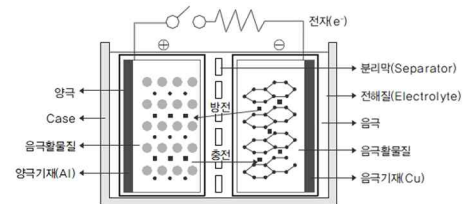
전기자동차 상용화의 핵심은 배터리의 성능 및 가격이며, 전기자동차의 종류에 따라 배터리의 요구 성능에 차이를 보인다. 즉, HEV는 전기모터가 보조적인 역할을 하므로 에너지밀도보다 출력밀도가 높아야 하고, BEV는 한번 충전에 장거리 주행을 필요로 하므로 출력밀도보다 에너지밀도가 높아야 하는 배터리 특성이 요구된다. 현재 일본의 도요타가



배터리의 구조도와 예 (jcwinnie.biz)

주도하고 있는 HEV에는 니켈수소전지가 주력으로 사용되고 있으나, 최근에는 고용량, 경량에 대한 요구가 점차 증대되고 안전성을 확보하는 기술이 강화되어 LiB(Lithium ion Battery), LiPB(Lithium ion Polymer Battery) 등이 차세대 전기자동차용 배터리로 각광받고 있다. 또한 전기자동차에 사용되는 리튬 2차 전지는 에너지밀도가 높은 반면 출력이 낮아서, 이를 보완하기 위해 고출력 슈퍼 커패시터(Super Capacitor)를 보조전원으로 사용하기도 한다. 배터리의 종류를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 납축전지(Lead-acid) - 1890년대 상용화가 시작되었고, 군사용에서 무선통신기용까지 다양하게 적용되어 왔으나 무겁고 에너지 저장밀도가 낮다.
- ② 니켈카드뮴전지(Ni-Cd) - 1899년 개발되어 철도 차량용, 비행기 엔진 시동용 등 고출력이 요구되는 용도에 사용되었으나 낮은 에너지 저장밀도, 카드뮴의 유해성 및 메모리 효과 등으로 사용이 감소 중이다.
- ③ 니켈수소전지(Ni-MH) - 1990년대 초 일본에서 상용화되어 에너지 저장밀도 향상 및 중금속인 카드뮴을 제거한 전지로 현재 HEV에는 적용되었으나 메모리 효과 및 낮은 에너지 밀도 등의 단점이 있다.
- ④ 리튬이온전지(Li-ion) - 기존 전지대비 에너지 밀도가 3배나 높고 가벼워 사용량이 급증하고 있으나 폭발 위험성 등이 있어 고출력용에 적용은 어려움이 있다.
- ⑤ 리튬이온폴리머전지(Li-ion-polymer) - 액상형 전해질 대신 고분자재료를 사용하여 전지의 안정성을 높이고 전지의 모양을 자유롭게 할 수 있는 장점이 있으나 타 전지대비 가격이 높다.



(리튬계) 배터리의 구동원리 (samsungsdi.co.kr)
주: 방전 시 리튬이온과 전자가 음극에서 양극으로, 충전 시에는 반대로 이동하는 산화-환원 반응을 통해 방전과 충전이 이루어진다.

2) 전기모터

전기모터는 대형 단일 모터로 두 개 또는 네 개의 바퀴를 돌리는 일반 모터와 모터 자체를 바퀴에 내장해 분산구동 방식으로 자동차를 달리게 하는, 직접구동(Direct Drive)의 인휠(In-Wheel) 모터가 있다.

① 일반모터

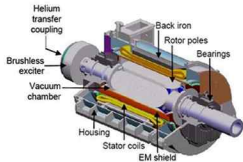


Figure 3: American Superconductor's 5 MW HTS marine propulsion motor

일반모터의 구조도와 예 (nextbigfuture.com, cnet.com)

전기자동차는 모터의 구동비중이 증가하면서 출력 증가와 더불어 소형/경량/고효율화가 필요하게 되었고, 자동차용으로 사용되는 모터의 종류에는 DC모터, 브러시리스 DC모터, AC모터로 크게 3가지로 구분된다. DC모터는 가장 보편적으로 사용되는 방식으로 전력을 공급하는 브러시가 있어서 마찰열이 발생하여 내구성 및 효율이 낮으나 순간출력이 높고 간단한 구조와 가격이 저렴한 특징이 있다. DC모터의 단점을 보완한 브러시리스 DC모터는 내구성이 우수하고 마찰열이 없어 효율이 높아서, 전기구동 차량에 많이 사용되고 있으나 순간출력이 낮고 고열에 대한 출력저감으로 인해 냉각장치 및 제어를 사용해야 하는 단점이 있다. 최근에는 브러시리스 AC모터가 많이 사용되고 있는데, 브러시리스 DC모터에 비해 구조가 간단하고 순간출력이 높아 고속용 차량에 적합하지만, 크기가 크고 모터의 속도를 조절하는 인버터로 인해 가격이 비싼 단점이 있다. 향후 모터 구동비중이 증대되면서 자동차용 전기모터는 출력의 다양화가(25kW에서 100kW급 이상) 필요하며 소형화, 경량화, 고효율화를 목표로 기술이 개선될 전망이다.⁰⁷

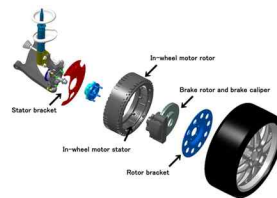
종류	공급전기	특징
DC모터	DC	브러시로 인해 내구성 낮음, 제어 간편 (전류로 토크 제어)
브러시리스DC모터(BLDC)		브러시가 없어 내구성 높음, 순간출력이 낮음
영구자석 동기모터(PMSM)	AC	회전자는 영구자석, 3상 AC를 이용 동기화, 브러시가 없어 내구성 우수, 토크의 직접제어가 가능, 순간출력이 높음, 인버터 가격이 고가

EV용 전기모터 종류 (하나금융경영연구소)

주: BrushLessDC, Permanent Magnet Synchronous Motor

② 인휠(In-Wheel) 모터

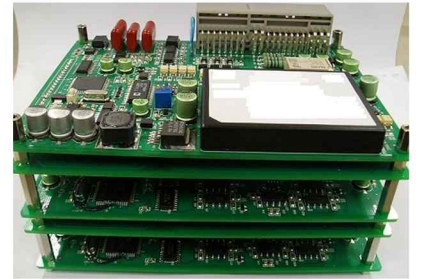
인휠 모터는 모터 자체를 바퀴에 내장(In-Wheel)해 분산구동 방식으로 자동차를 달리게 하는, 전기자동차 및 하이브리드 자동차용 모터 중 가장 각광받고 있는 직접구동(Direct Drive) 모터이다. 대형 단일 모터로 두 개 또는 네 개 바퀴를 돌리는 기존 구동시스템에 비해 에너지 효율과 제어 효과를 극대화할 수 있고, 다양한 부가적 장점 때문에 현재 GM 등 자동차메이커는 물론 유명 부품회사들은 이러한 차세대 전기자동차용 인휠 모터 개발에 집중하고 있다. 인휠 모터는 먼저 감속기가 필요 없는 직접구동 방식이라는 장점 때문에 기존 모터에 비해 순간 가속과 감속 성능이 현저히 뛰어나다. 특히 기존 전기자동차용 모터에 비해 90% 이상의 고효율성으로 인해 한 번 충전으로 120km까지 갈 수 있다. 더불어 주행시간도 3시간 연장할 수 있어 경제적으로도 우수하다. 또한 인휠 타입이라는 점에서 동력전달 장치 및 이에 따른 부품이 필요 없어 차량무게를 크게 줄일 수 있다. 나아가 차체 내부 공간 확보로 작업과 조립이 쉽고 주행 중 유지보수 및 교환이 용이하며, 비상 운전이 가능하다는 점 등 다양한 장점을 갖는다.⁰⁸



인휠 모터의 구조도와 예 (speedsportlife.com)

3) BMS(Battery Management System)

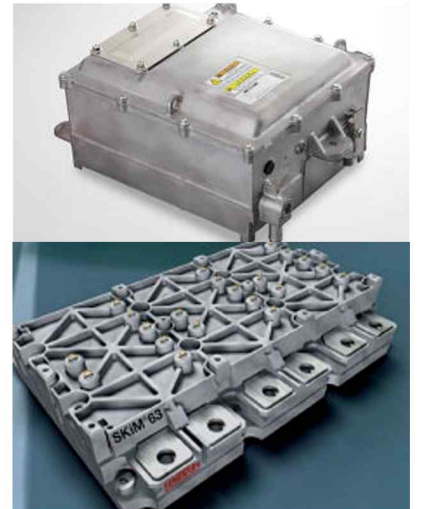
전기자동차에는 필연적으로 고출력의 배터리가 요구되며, 이를 구현하기 위해서는 각 배터리에서 나오는 전력을 효율적으로 관리하는 것이 핵심이 된다. 또한 대형 배터리를 제작하기 위해서 수백 개의 전지 셀을 직병렬로 연결하여 사용하는 경우가 많은데, 이에 충방전이 반복되면서 전지 간 전압차가 커지면서 불균형이 생기는 경향이 있다. 이런 경우 배터리의 수명이 단축되고 화재나 폭발의 위험성도 증가하는데, 이를 방지하기 위해 각 셀의 전류, 전압, 온도 및 잔존용량 상태를 감시하며 이상상태 발견 시 경고 또는 전원을 차단하는 시스템이 BMS(배터리 매니지먼트 시스템)이다. BMS는 전지의 잔량, 잔여수명 예측, 배터리 보호, 셀 충전의 균등화, 차량과의 통신 등을 지원하고 연료 소모도 크게 줄일 수 있도록 해주는 핵심 소프트웨어 및 하드웨어 제품으로, 전기자동차의 원가 및 품질을 좌우하는 중요한 부품이다.⁰⁹



BMS의 예 (etnews.co.kr)

4) 인버터(inverter)/컨버터(converter)

차량에 전기를 공급하는 부품이 인버터/컨버터/커패시티이며, 인버터에는 각종 콘덴서가 사용된다. 전기의 종류를 DC(직류)에서 AC(교류)로 변환시키는 장치가 인버터이고, 고전압 DC를 저전압 DC로 강압시켜주는 장치가 컨버터이다. 전기자동차가 가속할 경우 교류모터를 구동시키기 위한 고전압 AC는 배터리의 고전압 DC에서 얻고, 감속할 경우 교류모터에서 생성되는 고전압 AC는 배터리를 충전시킬 수 있는 고전압 DC로 전환이 필요한데 이의 역할을 하는 것이 인버터이다. 인버터는 교류모터에 공급되는 고전압 AC의 주파수 및 전압을 제어함으로써 모터의 출력을 컨트롤할 수 있고, 인버터, 컨버터, 제어기, 차량탑재형 충전기(On-board Charger) 등을 통합하여 모듈화 한 제품을 PCU(Power Control Unit)라 하며, 전기자동차의 바퀴를 구동하는 전기모터를 제어하는 역할을 하는 전자장치이다.



미쓰비시 i-MiEV의 인버터와 세미크론의 컨버터 모듈 (motortrends.com, semikron.com)

5) 축전기(capacitor/condenser)

축전기는 두 도체 사이의 공간에 전기장을 모으는 장치이다. 그러나 일반적으로 전기를 축적하는 기능 이외에 직류전류를 차단하고 교류전류를 통과시키려는 목적에도 쓰인다. 콘덴서(condenser)나 커패시터(capacitor)로 부르기도 한다. 축전기는 보통 두 개의 도체판으로 구성되어 있고, 그 사이에 절연체가 들어간다. 여기에서 각 판의 표면과 절연체의 경계 부분에 전하가 비축되고, 양 표면에 모이는 전하량의 크기는 같지만 부호는 반대이다. 전기이중층 커패시터는 대 축전용량이 6500패럿(F)으로 일반 전해 커패시터 대비 약 100만 배 이상의 대용량을 지닌 제품으로, 충전 및 방전 효율이 높아 하이브리드 자동차와 배터리 보조용으로 활용, 매연감소 기능의 주요 부품으로 쓰인다.



전기이중층 커패시터 (삼화전기)

B. 전기자동차 관련 인프라 사업 동향

1) 전기자동차 충전기

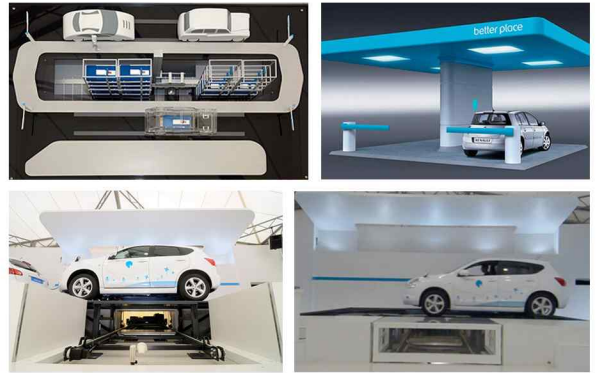
한국전력(KEPCO)은 전기자동차 핵심기술인 충전기 개발에 성공함에 따라 2010년 상반기 중 개발 시제품에 대한 개선작업을 마치고, 서울시내는 물론 고속도로 휴게소에 시범설치해 성능을 점검한 후 내년부터 대도시에 충전기를 설치할 계획이다. 6시간 이상을 충전하는 7.7kW급 완속충전기(단상 교류 220V)와 30분 이내에 충전을 마칠 수 있는 50kW급 급속충전기(삼상 교류 380V에서 직류 변환)의 2종으로 개발되었다. 충전기는 안정적인 충전전력 공급기능 외에도 무선주파수인식(RFID) 카드를 이용한 고객인식, 신용카드를 이용한 실시간 요금정산, 원격 모니터링 기능을 포함하고 있으며, 충전기의 화면을 통해 고객이 직접 충전정보를 확인할 수 있다는 장점이 있다. 한전 관계자는 “전국의 충전기 정보를 실시간으로 고객에게 제공함은 물론 충전요금을 일반가정의 전기요금에 통합해 고지하는 결제시스템을 추가적으로 개발할 것”이라고 밝혔다.¹⁰ 충전인프라는 휘발유차량의 주유소에 해당하는, 전기자동차 운행에 중요한 요소로서 초기 보급에 중요한 변수가 될 수 있기 때문에, 전기자동차의 대중화를 위해서는 누구나 편리하게 이용할 수 있는 충전인프라의 구축이 매우 중요하다. 이와 함께 전기자동차에 전력을 효과적으로 공급하는 스마트그리드(Smart Grid) 및 IT융합 기술, 더 나아가서는 관련 제도와 정책 등이 종합적으로 요구된다.



한전의 전기자동차 충전기 (KEPCO)

2) 배터리 교환소

미국의 베타플레이스(Better place)사는 전기자동차의 배터리 교체작업 시연에서 불과 일 분 만에 다 쓴 배터리를 들어내고 충전된 배터리를 장착하는 퀵드롭(Quickdrop) 방식을 선보였다. 충전에 시간이 많이 걸리고 주행거리가 짧은 전기자동차의 단점을 배터리 교체로 보완하겠다는 구상이다. 이를 위해서는 거리 곳곳에 지금의 주유소 같은 배터리 교체소가 필요하다. 하지만 배터리 교체 사업이 성공하려면 일단은 배터리 교체가 가능한 전기자동차가 많이 만들어져야 하고, 소비자들이 그런 차를 많이 타야 한다. 현재 배터리 교체식 전기자동차에 대한 연구와 생산 계획을 가진 회사는 전 세계에서 르노와 닛산자동차가 유일하다. 이 때문에 이 같은 방식의 전기 자동차가 성공하기 위해서는 자동차 회사들의 적극적인 참여가 선행되어 할 것으로 보인다.

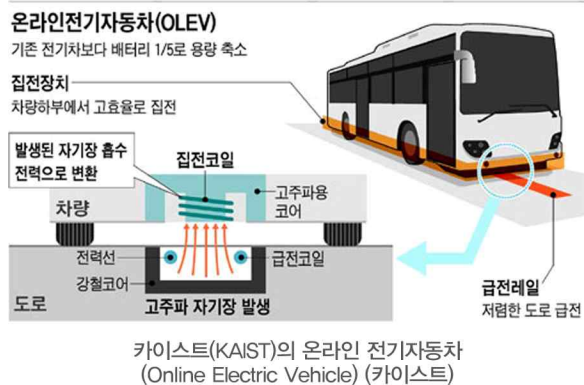


battery exchange station (betterplace.com)

10. 김세연, 한전, 내년 전기차 급속충전기 전국 설치, 뉴스토마토, 2010. 01. 05

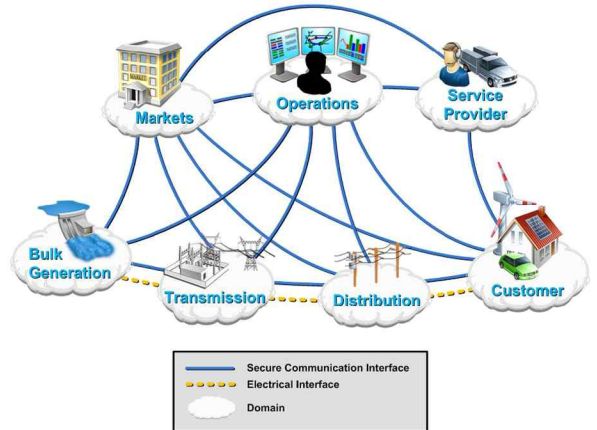
3) 온라인 전기자동차(Online Electric Vehicle, OLEV)

무선으로 전기를 충전하며 달리는 서울대공원의 '온라인 전기자동차(OLEV)'가 시범운행을 마치고 세계 최초로 실용화되어 운행을 시작하였다. 카이스트가 개발한 온라인 전기자동차는 차량하부에 별도의 집전장치를 부착하여, 정차 및 주행 중에 도로 밑에 매설된 특수 전력선으로부터 무선으로 자기력을 전송 받아 전기로 변환시켜 주행 중 모터로 바로 연결해서 쓰거나 필요한 경우에는 자동으로 배터리에 충전이 되는 신개념의 전기자동차이다. 또한 인프라 구축 시에 세그멘테이션(segmentation) 기법을 적용하여, 도로 위에 온라인 전기자동차가 있을 경우에만 전력을 공급하여 안전성 확보 및 대기 전력손실을 최소화하였다. 이와 함께 자기장 차폐기술로 자기장이 인체에 미치는 영향을 국제기구 기준치인 62.5mG보다 낮추었다. 현재 순수 전기자동차는 배터리에만 전적으로 의존하기 때문에 배터리의 종량과 부피가 지나치게 크고 충전시간 및 비용이 과도하게 증가하는 난제를 안고 있다. 하지만 온라인 전기자동차는 일반 전기자동차와 비교하여 약 1/5 크기의 배터리를 장착하고도 자유로운 운행이 가능하므로, 비싼 배터리 문제와 용량, 부피, 무게 및 별도의 충전소 개념 없이 도로에 충전소를 설치하는 원리이므로 충전인프라 문제 또한 동시에 해결할 수 있다. 따라서 전기자동차의 상용화를 크게 앞당길 수 있는 기술이라고 할 수 있다. 서울시는 온라인 전기자동차 기술이 서울시의 교통문제를 해결할 수 있는 맞춤형 기술이라고 보고 서울대공원 시범사업이 성공적으로 추진될 경우 버스 중앙전용차로에 온라인 전기버스를 도입할 계획이다.



4) 스마트 그리드(Smart Grid)

스마트그리드란 정보통신기술을 활용하여 공급자와 소비자가 양방향으로 실시간 정보를 교환함으로써, 에너지 효율을 최적화하여 전기 수요량에 맞춰 요금이 자동적으로 변경되는 차세대 지능형 전력망이다. 예를 들어 여름 한낮에 냉방용 전력 수요가 몰리면 자동적으로 전기요금 단가가 올라 사용을 억제하는 식이다. 즉, 소비자들에게 전기사용량과 요금을 실시간으로 보여줌으로써 자발적인 에너지 절약을 유도하며, 신재생에너지의 품질을 향상시키고 전력저장장치와 결합하여 시간대별로 안정적인 전기를 공급할 수 있다. 스마트그리드는 자가진단이 가능하고, 시스템의 보호와 단독운전이 가능하며, 사고시 반자동으로 복구되는 등 자가치유가 가능한 시스템이 특징이다. 정부는 최근 스마트그리드를 신성장동력산업으로 삼는 국가 로드맵을 발표했다. 2030년까지 27조 5000억 원을 들여 지능형 전력망을 깔고 전국 2만 7000여 곳에 전기자동차 충전 시설을 만들기로 했다. 그렇게 함으로써, 다가오는 전기자동차 시대를 대비한 플러그인 인프라를 구축하고 차등요금제 기반의 저렴한 전기 공급체계를 마련하여 전력공급 이외에도 통신, 가전, 건설, 자동차, 에너지 등 산업 전반과 연계해 새로운 성장산업을 견인할 것이다.



스마트 그리드 (smartgrid.testing-blog.com)

5) 태양광 충전소

도요타 인더스트리(TIC, Toyota Industries Corp.)가 태양광 충전소를 개발하였다. 이 태양광 충전소는 PHEV와 BEV를 위한 것으로 도요타 시티는 11개의 관공서에 21개를 설치할 계획이다. 본격적인 가동은 플러그인 방식의 프리우스 출시에 맞춰 내년 4월부터 시작된다. 이 충전소는 지붕에 설치된 솔라 패널(1.9kW)을 통해 모인 에너지를 배터리(8.4kWh)에 저장한다. 최대 그리드 파워는 202VAC/3.2kW이며 과다충전된 에너지는 충전소의 자체전력으로 활용, 또는 다른 시설에 쓰일 예정이다. TIC에 따르면 이 충전소는 전기적인 문제에 대비한 안전장치도 마련된다. TIC는 1990년대 초반부터 전기자동차를 위한 충전 시스템을 개발해 왔고 올해는 EVSE(Electric Vehicle Supply Equipment)를 개발하였다. 태양광 충전소는 IC 카드만 있으면 충전이 가능하고 양방향 통신 시스템까지 갖추었다.¹²⁾



도요타 인더스트리의 태양열 충전소 (global-autonews.com)

4. 핵심 기술 적용 사례

A. BEV(순수 전기자동차)

사례 1.

미쓰비시는 2009년 6월부터 세계 최초로 아이미브(i-MiEV)라는 BEV를 상용화하여 양산을 시작했고, 올 4월 일본에서 판매를 시작할 예정이다. 롱 휠베이스가 특징인 기존 경차 아이(i)의 플랫폼을 써서 바닥에 배터리를 장착하고, 그 위에 4인이 편안하게 탈 수 있다. 최고 속도는 시속 130km 정도이고 1회 충전으로 160km 정도를 달릴 수 있다. 2010년 일본 올해의 차에 선정 되어 기술적 가치를 입증한 바 있다.



미쓰비시 아이미브(i-MiEV) (mitsubishi-motors.com)

사례 2.

닛산의 양산형 BEV 리프는 세계 최초의 배기가스 제로 전기자동차로 리튬-이온 배터리를 탑재했고, 한번 충전으로 160km 이상의 주행이 가능하다. 고속충전 시는 30분 이하, 가정충전 시는 8시간 이하의 시간이 소요되며, 준중형으로 성인 5명이 타도 여유로운 공간을 갖추고 있다. 리프는 전지교환이 용이하게 설계된 전용모델이라는 점에서 더욱 주목되며, 2010년 하반기부터 미국, 일본, 유럽 일부지역을 시작으로 2012년에는 전 세계에서 합리적인 가격으로 출시할 예정이다.



닛산 리프(LEAF) (nissan-zeroemission.com)

사례 3.

테슬라 모터스는 2009년 4월 뉴욕모터쇼를 통해 '모델 S'로 불리는 최초의 세단형 전기자동차로 주목 받았다. 성인 5명이 편하게 탑승할 수 있을 뿐 아니라 옵션 주문을 통해 3열 어린이시트까지 추가함으로써 '5+2시트'라는 독특한 구조를 선보였다. 특히 4도어 쿠페를 연상시키는 디자인에 BMW 5시리즈, 벤츠 E클래스를 경쟁상대로 지목할 만큼 고급 세단을 지향했다. 4개의 인휠 모터를 통해 구동하는 모델 S가 출발에서 시속 100km까지 걸리는 시간은 5.5초에 불과하며, 한 번 충전으로 최대 483km까지 주행할 수 있다. 첨단 전기자동차답게 센터페시아에 위치한 17인치 터치스크린을 통해 라디오, 오디오, 공조장치 등을 통합적으로 조작할 수 있고 3G 인터넷까지 접속 가능하다. 2011년부터 일반 경쟁 세단에 준하는 5만 달러 이하의 가격으로 시판예정이다.¹³



테슬라 모터스의 모델 S (teslamotors.com)

13. 최욱, 세단형 전기차 테슬라 모델S ..."경쟁상대는 BMW·벤츠", 한국경제, 2010. 02. 11

B. PHEV(플러그인 하이브리드 전기자동차)

사례 1.

올해 11월에 시판되는 볼트는 플러그인 방식으로 충전된 전기만으로 64km를 주행할 수 있다. 이후에는 1.4ℓ 엔진이 발전기를 구동시켜서 일반 자동차와 비슷한 480km 정도를 달릴 수 있다. 따라서 BEV에 비해 장거리 운행이 유리하며 출퇴근하는 동안 기름을 한 방울도 쓰지 않고 다닐 수 있으며, 일상생활에서 단거리를 운행할 시에도 배터리만 쓸 수 있기 때문에 현재 '가장 현실적인 전기자동차'라고 할 수 있다. 최고 속도는 시속 160km이며 리튬이온 배터리를 사용한다. 또한 스마트폰과 연동하여 차량의 각종 정보를 받고 제어할 수 있다.



GM 볼트(Volt) (gm.com)

사례 2.

포드는 PHEV를 직접 전력망과 통신할 수 있게 해주는 새로운 지능형 시스템을 만들어 발표하였다. 이 시스템은 전기회사에서 제공되는 스마트 미터와 무선으로 통신할 수 있다. 차량 소유자는 차량을 충전해야 할 때, 지능형 시스템의 터치스크린으로, 언제, 어떤 시간대에 얼마나 차량을 충전해야 하며 어떤 유틸리티 요금을 사용해야 하는지 등을 결정할 때 사용할 수 있다. 이것은 운전자가 전기요금이 저렴한 오프 피크 시간을 선택하여 충전할 수 있다. 따라서 사용자에게는 비용 절감, 그리고 전기회사에게는 피크 시간에 전력을 분산하여 부하를 적게 할 수 있다. 포드의 모든 전기자동차들은 곧 새로운 기술과 함께 이 시스템을 갖추게 되며, 2010년 말에 트랜짓 커넥트 밴에 장착되어 데뷔할 예정이다.



포드 이스케이프(Escape)와 지능형 시스템 (ford.com)

사례 3.

볼보가 2012년에 양산계획인 플러그인 하이브리드 차량과 'V70 바텐폴 디스플레이 카'는 컨셉트카로 전기모터로 후륜을 구동시키고 디젤 엔진은 전륜을 구동시킨다. 이 가운데 V70 바텐폴 디스플레이는 유럽 최대 전력회사 바텐폴과 파트너십을 체결해 개발했다. 전기를 이용한 주행 가능한 거리는 50km로 디젤 엔진이 앞바퀴를, 전기 모터가 뒷바퀴를 구동하는 시스템이다. 11.3kWh의 리튬-이온 배터리 팩은 가정용 소켓 사용 시 완전 충전하는데 5시간가량 소요된다.¹⁴⁾



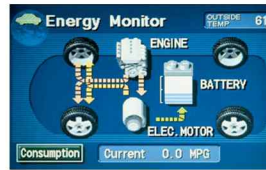
볼보 V70 (ford.com)

14. 김보리. (미래보는 獨모터소) "플러그인 하이브리드폼은 왜야...". 이데일리, 2009. 09. 13

C. HEV(하이브리드 전기자동차)

사례 1.

1997년 등장한 세계 최초의 양산 하이브리드 자동차로, 출시 후 탁월한 연비와 낮은 가스배출, 가속성과 정속성으로 13년 동안 전세계 49개국에 200만 대가 판매된 친환경분야의 상징적인 차량이다. 현재 3세대가 나와 있으며, 연비는 일본 내 연비측정방법(10-15모드)으로 38km/ℓ 에 달한다. 한국에선 2009년 10월에 판매를 개시했으며 공인연비는 29.2km/ℓ 인 것으로 나타났다. 신형 1.8ℓ 엔진은 배터리로 워터펌프에 전원을 공급해 드라이브 벨트의 필요성이 없어졌고, 냉각수는 주행 컨디션에 따라 조절되어서 기계적 손실이 감소되었다. 기존 차량에 비해 사용되는 부품 자체를 줄였으며, 사용된 플라스틱 부품들은 식물에서 추출한 탄소중립소재다. 프리우스는 출시 후 지금까지 약 27억 ℓ 의 가솔린과 7백만 분량의 이산화탄소 배출을 절감해 왔다.



도요타 프리우스 / Prius
(toyota.com)

사례 2.

혼다의 대표적인 하이브리드 차종인 인사이트는 1.3ℓ SOHC i-VTEC 엔진을 얹고 혼다의 독창적인 소형 경량 하이브리드 시스템을 탑재했다. 연료전지차인 FCX 클래리티에서 얻은 디자인적 영감을 적용했다. 특히 저중심 플랫폼으로 설계해 '실용적인 실내공간을 갖춘 5인승'으로 평가받고 있다. 연비절감에 도움이 되도록 정보를 제공하는 '친환경 운전보조 시스템'도 장착했다. 189만 엔(약 2420만원)부터 시작되는 저렴한 가격과 가솔린 1리터로 30km 이상을 갈 수 있는 높은 연비 덕에 인기를 끌고 있다.¹⁵



혼다 인사이트 / Insight
(honda.com)

사례 3.

2010 뉴욕 모터쇼에서 공개된 쏘나타 하이브리드는 현대차만의 독자적인 병렬형 하드타입 하이브리드로, 도요타, GM 등 경쟁사의 복합형 모델보다 동력손실이 적어 저용량 모터로도 동급 이상의 성능을 낼 수 있어 효율성이 뛰어나다는 평가다. 또한 대부분의 HEV는 니켈수소 배터리를 쓰고 있으나 쏘나타 하이브리드는 세계 최초로 리튬이온 폴리머 배터리를 사용하여, 니켈수소 배터리보다 배터리 무게가 30% 가볍고 출력밀도가 높다. 현대차 관계자는 "현재 리터당 20km인 쏘나타 하이브리드의 연비를 향후 20km 후반까지 향상시킬 계획"이라며 "프리우스가 소형인데 반해 쏘나타 하이브리드는 미국인이 가장 선호하는 중형이라 프리우스와 캠리 하이브리드를 동시에 잡을 수 있을 것"이라고 말하였다.¹⁶



현대 쏘나타 하이브리드 (파이낸셜뉴스)

15. 박진우, 혼다코리아, 하이브리드카 '인사이트' 연내 출시, 오토타임즈, 2010. 03. 18
16. 송태희, 새로운 하이브리드, 쏘나타! 한국일보 2010. 04. 01

5. 새로운 변화와 영향

A. 향후 전망과 기대효과

1) 대기오염 및 소음감소

미국, 일본, 유럽 등 각국은 배기가스 기준을 더욱 강화하고 전기자동차의 지원이 강화하는 추세에 있다. 하이브리드 자동차, 순수 전기자동차 등 친환경 그린카의 확대 도입으로 매연 등 시민의 건강을 위협하는 대기오염 물질은 물론, 지구온난화의 주범인 이산화탄소 등 온실가스 배출물질 감축에 기여할 것이며, 연료 소비량 역시 줄일 수 있을 것이다. 따라서 교통량이 많은 도심지에서도 맑은 공기를 마시며 거리를 활보할 수 있고, 주택가의 방음벽의 설치도 불필요해질 것이다.

2) 2차전지 산업

전기자동차에 쓰이는 리튬이온 배터리의 가격은 현재 전기자동차 가격의 절반 정도를 차지할 정도로 상당히 고가이다. 우선 전기자동차용 전지를 제대로 공급할 수 있는 능력을 가진 기업들이 손에 꼽을 정도로 적고, 정형화된 전지기술 유형이 확립되지 않았기 때문이다. 하지만 전지가 빠른 기간 내에 표준화가 된다면 가격경쟁이 시작될 것이고, 또 기술의 발달과 수요의 증가로 효율성은 높아지므로 가격은 낮아질 것이다. 또한 전지는 연료탱크를 대신하며, 전기자동차의 확산을 좌우하는 부품이기 때문에 거의 모든 자동차 기업들이 안정적인 전지 확보에 노력을 기울이고 있다. 따라서 자동차기업, 대형부품기업, 전지기업들의 이해관계에 따라 기존 주유소의 연장선상인 전지교체 방식과 전지가 교체되지 않는 일체형 방식 등으로 전지의 공급사슬 구축이 다양화 될 것이다.¹⁷

3) 전력 및 에너지 산업에의 영향

HEV는 기술적으로 소프트타입에서 하드타입으로, 그리고 PHEV로 발전하고 있다. 전기자동차와 운명을 함께하는 충전인프라의 확산은 기존 에너지 유통에 일대변혁을 일으킬 것이다. 전력서비스 측면에서 충전인프라는 전력판매 채널이며, 충전기는 판매 단말로 볼 수 있다. 따라서 서비스 기업이 충전기나 교환소를 설치하고 이를 관리하면 수익을 낼 수 있다. 전기자동차용 전력을 인증하고, 정산하고 사용자에게 요금을 청구하는 모든 단계에 걸쳐 새로운 기회가 나타날 것이다. 또한 전기자동차의 증가와 함께 급증하는 전력수요를 감당하기 위해서 발전효율이 높으며 경제적인 원자력발전이 각광받을 것이다. 지구온난화와 화석연료의 고갈 또한 이런 현상을 일으켰는데, 온실가스를 뿜지 않으면서 미래의 에너지 수요를 맞출 수 있는 것은 현실적으로 원자력발전뿐이기 때문이다. 세계원자력협회는 2030년까지 원전 430기가 건설될 것으로 보고 있다.

B. 디자이너를 위한 분석 및 시사점

전기자동차는 최근 도요타 사태로 인하여 미래 친환경차 시장에 하이브리드카를 대신하여 플러그인 하이브리드와 함께 보급이 더 빨라질 가능성이 나타나고 있다. 전기자동차는 기존 자동차에 비해 부품 수가 적고 구조가 비교적 단순하며 복잡한 엔진도 없기 때문에 대기업은 물론 중소기업에서도 도전해볼 만한 사업이다. 미국의 테슬라 모터스나 피스커 오토모티브(Fisker Automotive), 한국의 CT&T가 그 예로, 이들은 자동차 산업의 판도를 바꿔가고 있다. 그리고 대규모 양산차 업체보다 중소기업 간의 협업이 전기자동차의 다품종 소량생산에 유리하므로 디자인에 있어서 일반적인 자동차보다 무게와 크기를 줄인 1~2인승 자동차나 ‘세그웨이(Segway)’와 같이 전혀 새로운 구조의 운송수단을 개발한다면 틈새시장 공략도 충분히 가능할 것이다. 또한 승용부문만이 아닌 트랙터, 콤팩트, 경운기 등의 농기계와 지게차, 설상차(snow mobile)와 같은 특수차량도 전기자동차로 제작될 수 있으며, 더 나아가 무인자동차 기술과 결합한 군사용, 소방용 차량도 가능하기 때문에 디자인의 대상은 무수히 많다.

우리나라는 전자와 전기, 통신기술 강국이며, 좁은 국토는 충전인프라의 확충에 유리하기 때문에, **전기자동차의 대중화**를 빠르게 앞당길 수 있을 것이다. 따라서 앞으로 차량용품 및 전기충전소, 배터리교환소 등의 인프라에 있어서 디자인 수요가 예상되므로 이에 대한 관심과 이해가 필요하며, 전기자동차가 ‘운송’이라는 고유 영역과 동시에 ‘움직이는 에너지 저장고’의 역할도 하게 되어 전력수급의 시간적, 지역적 편차를 해결할 수 있음에도 주목해야 한다. 이는 야간에 생산된 전기에너지의 분산형 저장장치가 될 수 있고, 가정에서 태양광 및 풍력 등으로 생산한 전기를 저장하여 전력회사에 파는 것도 가능하므로 여기에서 파생될 수 있는 서비스 및 관련 제품을 개발한다면 새로운 시장을 창출할 수 있기 때문이다.

이제 전기자동차의 시장 경쟁이 본격적으로 시작되었다. 전기자동차의 장점인 단순한 구조로 인하여, 디자이너들은 더욱 창의적이며 자유로운 발상을 통한 다양하고 새로운 형태의 디자인이 가능해졌다. 예를 들면, 넓어진 실내공간을 활용한 새로운 수납방식 및 다양한 기능을 제공할 수 있을 것이다. 또한 보다 용이한 조작 및 단순한 디스플레이를 통해 사용성을 높이고, 차량과 운전자의 원활한 양방향 통신을 통해 놀이공원의 자동차와 같이 누구에게나 손쉬운 운전이 가능할 것이다. 하지만 무엇보다도 중요한 안전 문제에 대해서는, 침수나 누전으로 인한 사고를 방지해야 하며, 전기차량 특유의 저 소음으로 인해 발생할 수 있는 보행자사고를 막기 위한 해결책도 모색해야 한다. 그리고 주행거리 향상을 위해 공기저항과 엔진소음이 사라짐으로써 부각될 풍절음을 감소시키기 위한 외형디자인에 더욱 주의를 기울여야 하며, 기존과 차별화 된 미래지향적인 스타일링으로 소비자를 매료시켜야 한다. 그 밖에도 디자이너가 통찰력 있는 직관으로 문제를 사전에 발견하고 해결한다면, **새로운 가치를 창출하는 동시에 친환경 전기자동차의 보급**을 더욱 앞당기는데 공헌할 것이다.