



電氣自動車 개발동향

문성인·오성철·하희두·박창순·윤문수
한국전기연구소 전기자동차 개발사업팀

1. 서 론

전기자동차란 내연기관 대신에 축전지에 저장된 전기에너지로 Motor를 작동하여 동력을 발생시키고, 이를 동력전달장치를 통해 차륜을 회전시켜 주행하는 차량을 말한다. 이 전기자동차는 무공해·저소음·에너지 효율이 좋은 것 등 많은 장점이 있음에도 불구하고 아직은 요소기술의 문제점과 소량생산으로 가격이 기존차에 비해 2~3배 비싸다는 점 등으로 인해 그 보급이 미비한 실정이다.

그러나 최근 환경오염(대기오염), 에너지 절약대책의 일환으로 전기자동차의 개발, 성능향상 및 보급추진의 중요성이 부각되어, 선진각국에서는 국가적 차원에서 개발을 추진하고 있는데 특히 1998년부터 미국의 California주에서는 대기보전법이 발효되어 전기자동차 일정비율 판매('98년 2%)를 의무화하고 있고 점차 그 비율을 증가시킬 계획으로(2000년 5%) 있어, 자동차 수출확대와 새로운 시장개척을 위해서는 국내기술에 의한 전기자동차의 개발이 필요하

게 되었다.

본고에서는 전기자동차 개발에 관심 있는 분들을 위하여 전기자동차의 핵심기술을 분석하고 해결해야 할 주요과제, 국내외 기술동향 등을 간단히 소개하고, 전기자동차용 2차전지 추진 시스템, 충전기 및 보조기기 등으로 나누어 연재하기로 한다.

2. 전기자동차의 구조 및 핵심요소 기술

전기자동차와 기존 자동차와의 근본적 차이는 기존의 가솔린 자동차가 연료로서 석유를 사용하는데 비해 전기자동차는 전력을 이용하는 것이고 주유소 대신에 충전 스탠드를, 연료탱크 대신에 2차전지를, 내연기관 대신에 전동기를 사용하는 것이다.

따라서 전기자동차의 핵심요소 기술은 2차전지, 전력변환기, 구동모터, 제어장치, 충전장치, 차량 및 차체, 각종 표시기 등으로서 각각의 역할은 다음과 같다.

- 2차전지(Secondary Battery) : 전기에너지를 저장하여 주행시 모터에 에너지 공급
- 전력변환기 : 전지에 저장된 전기에너지를 모터 구동에 적합한 형태로 변환
- 구동모터 : 전지에 저장된 에너지를 사용하여 기계적 동력을 발생
- 제어장치 : 자동차의 속도, 가속력 등 주행에 필요한 각종 성능을 제어
- 충전기 : 전지에 전기에너지를 충전하는 장치
- 각종 계기류 : 전지의 잔존용량, 각종 경고장치 등의 표시
- 차 체

전기자동차는 여러 가지 장점이 있지만 아직도 성능면에서는 기존의 자동차에 비해 떨어지는 형편이며 해결해야 할 문제점들은 아래와 같다.

- 일충전 주행거리 증대 : 전지에 축전된 에너지로 주행할 수 있는 거리로, 상용 전기자동차는 100km 내외이다. 일충전 주행거리를 증대시키기 위해서는 고성능 2차전지 개발(축전지의 에너지 밀도 증대 및 전지의 경량화), 차체의 경량화 및 에너지 소모의 최소화(고성능 모터, 제어장치 개발)가 필요하다.
- 가속 및 등판 성능 향상 : 이를 위해서는 고성능 모터, 전력변환 및 제어장치 개발과 고성능 2차전지 개발(축전지의 Power Density 증대)이 필요하다.
- 축전지의 충전 소요시간 감소 : 축전지를 충전하기 위해서는 현재 납축전지의 경우 6~8시간이 소요되고 있고, 충전 소요시간 감소를 위해서는 고성능 2차전지 및 급속충전장치 개발이 필요하다.
- Cost 저감 : 전기자동차는 현재 생산대수가 적기 때문에 1대당 가격이 기존의 차량에 비해 3배 정도 비싸다. 차량가격을 기존차 정도로 인하하기 위해서는 먼저 각종 부품 비용 감소 및 수명 증대가 필요하고, 수요

를 창출하여 대량으로 보급(대량생산)하는 일이다.

- 보급확대를 위한 제도적 대책 마련 : 기술개발 촉진대책, 보급에 따른 정부지원 및 우대제도, 수출을 위한 특별지원, 환경규제, 특별전력 요금제도, 주차장내 충전장치 설치, 수리를 위한 서비스 기능 강화 등의 대책이 제도적으로 마련되어야 할 것이다.

3. 전기자동차 개발의 필요성

전기자동차는 배기가스가 없고 소음이 적으며 에너지 효율이 높은 점 등 여러 가지 장점이 있다. 본란에서는 전기자동차 개발의 필요성을 전기자동차의 장점에 맞추어 설명하고자 한다.

가. 에너지 수급문제의 해소

전기자동차는 2차에너지인 전기에너지를 사용하므로 에너지원을 다양화할 수 있어 석유수급의 불안정화를 완화시킬 수 있다.

나. 높은 에너지 이용효율

에너지 이용효율은 가솔린자동차가 Total 에너지 효율이 10.3%인데 비해 전기자동차는 17.8%로 에너지 효율이 약 70% 더 높아 에너지 이용효율이 좋다.

다. 환경공해 문제의 해결

전기자동차는 배기가스가 없고 저소음이므로 청정환경을 조성할 수 있다. 대기오염의 절반 정도가 수송분야에 기인한 것이며, 대도시의 경우는 이보다 더욱 심각한 상태이다.

미국에서는 대기보전법(Clean Air Act)의 의회 통과('90.10.27)에 따라 탄화수소('92. 9), 질소화합물, 일산화탄소('96. 9부터)의 배출량 규제를 강화하고, California주에서는 '98년부터 무공해 차량(무공해 차량 : Zero Emmission Vehicle; ZEV)의 판매를 의무화하고 있다. 현재, ZEV는 전기자동차밖에 없으며 2003년부터

는 10%를 의무화하고 있으나 초저공해 차량(Ultra Low Emmission Vehicle : ULEV)까지 포함하면 약 25% 점유할 것으로 예상된다.

라. 심야전력 활용

전기자동차는 충전시 심야 잉여전력의 이용으로 전기에너지의 효율적 이용과 전력부하 평준화 및 발전설비의 효율적 이용이 기대된다.

마. 기 타

전기자동차는 내연기관 자동차를 사용할 수 없는 곳, 예를 들면 강연장, 호텔, 병원, 창고, 갭도와 육의 특수용도(공항, 골프장)로 개발이 필요하고 또 요소기술인 Motor, 전지, Controller 등 전기분야의 기술이 타분야에 응용될 수 있으므로 타산업에 미치는 영향이 크다는 점 등이다.

4. 국내외 개발현황

가. 선진국의 개발현황

전기자동차 개발은 각국마다 사정이 다르지만 국가적 과제로 또는 자동차회사 및 전력회사에서 적극 개발하여 일부는 시판되고 있다. 지금까지 개발된 전기자동차의 성능을 정리하면 표 1과 같으며, 일본 동경전력이 개발한 IZA의 경우 개념 차이기는 하지만 기존의 내연기관 자동차와 성능이 비슷한 수준이다.

나. 국내 개발현황

우리나라의 경우 전기자동차에 대한 기술개발은 아직 유아기 수준으로, 그동안 체계적인 R & D 조직이나 국가 차원의 추진대책은 거의 없는 형편이었지만, 최근 환경문제의 대두, 미국시장에서의 공해차량 규제 움직임 등으로 정부, 연구기관, 자동차업계를 중심으로 전기자동차

<표 1> 최근 개발된 전기자동차의 성능

개발기관	일본전기자동차 기술연구조합		일본관서 전력(주)	미국 GM사	프 랑 스 Renault사		일 본 신일본제철	EC 다국적 ABB사	일본동경 전력(주)
차 량 명 칭	E-31	E42	Rugger-EV	Impact	Master	Electric	NVA	Electric	IZA
일출전주행 거 리 (km) (정 속 시)	170~200 (40km/h)	190~200 (40km/h)	200 (40km/h)	192 (88km/h)	180 (60km/h)	99 (60km/h)	240 이상	192 (50km/h)	548 (40km/h)
최 고 속 도 (km/h)	90	85	90	160	80	80	110	120	176
가 속 성 능	7.0~7.5	8.0		8.6 (0~100km/h)				9.0 (0~50km/h)	18.05 (0~400m)
차 량 총 중 량 (kg)	1420~1456	1440~1496	2510	1193	3760	3760	약 1860	약 1700	1573
탐 재 전 지	아연/Nickel	철/Nickel	납	납	Ni/Cd	납	납	Na/S	Ni/Cd
탐재전지의 에너지밀도 (Wh/kg)	74.1~74.3 (5hr)	61.5~63.8 (5hr)	42 (5hr)	41 (5hr)	54.5 (5hr)	35 (5hr)	42 (5hr)	80 (2hr)	24개 531kg 288V
탐재전지의 수명(Cycle: 60% DOD)	220~240	1000 이상	약 1000	200 이상	약 1500		약 1000	약 500 (추정)	28.8kW GS 제품
발 표 시 기	1987년 5월		1989년10월	1990년 1월	1990년 4월 시점에서의 성능		1990년 6월	1990년 6월	1991년10월

주) 일본, 미국, EC 제국에서는 국가적 차원에서 전기자동차 개발을 추진하고 있으며, 전력회사, 자동차제조업체 및 전기제조업체 등에서 적극 개발하고 있다.

차에 대한 관심이 높아져 가고 있으며 양산화를 위한 시작차가 제작중에 있거나 일부 발표되고 있다. 정부에서도 '92년부터 G7 과제의 하나로서 전기자동차 개발을 선정하여 국가적 차원의 R & D 조직을 갖추어 기술개발을 추진할 계획이다. 또한 '93년 대전 EXPO를 대비해서는 환자수송, 관객수송용의 전기자동차(개념차)를 국내기술로 개발중에 있다.

1988년 서울올림픽 때는 마라톤 중계차용 전기자동차를 기아자동차에서 제작하여 사용하였고 현대자동차가 상용차의 양산화를 위해 2호차까지 제작하였으며 현재 3호차를 개발중에 있다. 기아자동차도 수출용 차량 및 '93 EXPO 자동차 전시관에 전시할 전기자동차와 승객운송용 전기자동차를 개발중에 있고 대우, 쌍용, 아세아 자동차도 개발중에 있다. 또한 한국전력공사 기술연구원에서는 심야전력 이용방안으로 '87년부터 미국의 솔렉사가 개발한 "EV-Cort"를 도입, 연구한 바 있으며 앞으로 중점기술 개발과제로 추진할 계획이다.

그밖의 전기제조업체(효성, 현대중전기, 금성, 이천전기, 만도기계)와 전지업체(세방, 서통, 경원, 한국전지 등)에서 모터, 컨트롤러, 신형전지 등을 개발중에 있고, 태산정밀 등에서도 충전지를 개발중에 있다.

정부에서도 전기자동차 개발을 G7 과제로 선택하여 '92년부터 고성능 2차전지, 모터 및 제어기술, 차량 및 차체 등 핵심기술 개발을 산·학·연 공동으로 추진하고 있으며, 이 계획중 전지분야는 니켈/수소, 니켈/아연, 리튬 2차, 나트륨/유황, 개량형 납축전지 등 5개 전지를 선정하여 단기, 중기, 장기목표를 세워 개발할 계획이며 모터는 AC 유도모터와 BLDC 모터를 병행하여 개발할 계획이다.

한편 EXPO 조직위원회에서도 1993년 EXPO 때 전기자동차를 전시·운행할 계획으로 현재 전기연구소가 개발 제작중에 있으며, 성능은 최고속도 60km/h, 일충전 주행거리 70km 정

도이며 6인승 Van Type이고 차체는 FRP를 사용한다.

또한 대한전기학회에서도 기술조사전문위원회를 두고 각 분야 전문가로 구성된 위원회를 구성하여 현재 기술조사사업을 하고 있다.

5. 전기자동차용 요소기술의 현황

가. 전기자동차용 신형 2차전지

현재까지의 EV는 내연기관 자동차의 성능에 비해 일충전 주행거리가 짧으며 가속, 등판, 최고속도 등의 성능이 뒤떨어지고, 적재량, 객실용량 등이 부족한 점들 때문에 현재까지는 보편, 실용화되어 있지 못한 형편이다. 이들은 주로 납축전지 자체의 성능에 관계되는 것으로 일충전 주행거리는 전지의 중량당 에너지 밀도에, 적재량이나 승객용량은 체적당 에너지 밀도에, 가속, 등판, 능력 및 최소속도는 출력밀도에 각각 관련된다.

그러나, 현재 주로 사용되고 있는 연축전지와 Ni/Cd전지는 무겁고 부피가 크며 에너지 밀도 및 출력밀도가 낮아 비약적인 성능향상은 어렵다. 또한 Pb 및 Cd 등의 중금속 오염물질이 배출되어 환경오염을 유발시키고 있으며, 세계 각국에서 점차 규제를 강화하고 있어 향후 EV에의 적용은 곤란하므로 이러한 문제를 해결할 수 있는 차세대 EV용 고성능 전지의 기술개발은 필수적인 과제라 할 수 있다.

미국의 자동차 Maker들은 EV 개발에 있어서 최대의 핵심기술이 전지에 있다고 판단하고 EV용 전지개발을 위해 Big 3(GM, Ford, Chrysler)가 USABC(United State Advanced Battery Consortium)를 결성하여 다양한 종류의 EV용 신형전지 개발에 착수했다. 총 12년간 개발할 계획이며 초기 4년간의 개발자금은 2억 6천2백만불로 정부(DOE)/딘간(Big 3)의 부담 비율은 50/50이다.

한편 일본의 경우는 1992년부터 시작되는 New Moonlight Project에서 Na/S전지 및

Zn/Br₂전지를 4년 계속 연구하고 10년간 총 연구비 140억중에서 130억엔을 Li 2차전지에 투입할 계획인 것으로 알려지고 있다.

우리나라의 경우 전기자동차용 2차전지는 납축전지를 제외하고는 기술개발이 취약하나 최근 전지업체와 출연연구기관, 대학 등에서 전지 개발에 적극적인 의욕을 보이고 있어 G7 과제 중 EV용 고성능 전지개발로 개량형 납축전지를 단기목표로 하고 중기목표는 Ni/Zn전지, Ni/MH전지, Na/S전지, 장기목표로는 Li 2차전지를 개발할 예정이다.

나. 전기자동차용 전동기

전기자동차의 성능은 앞에서 지적했듯이 최고속도, 가속성능, 등판능력, 일충전 주행거리 등이다. 이들은 주로 전지의 출력밀도, 에너지밀도 등과 관련이 깊으나 전동기와도 밀접한 관련이 있고 전동기의 무게, 효율, 가격 등의 개선이 중요한 과제이다.

전기자동차용으로 사용하고 있는 전동기는 크게 DC 전동기와 AC 전동기가 사용되고 있으나 그중에서 제어가 쉬운 직류직권전동기가 제일 먼저 사용되었고, 상용차도 DC 전동기를 사용한 것이 많다. 그러나 직류전동기는 출력비(kW/kg)가 낮고 부피가 크며 Brush로 인한 단점 때문에 Brush가 없는 Brushless 직류전동기, 유도전동기, 동기전동기 사용에 대한 연구가 활발히 진행중이며 출력밀도의 증대와 효율 향상을 위하여 특수 Type Motor(Outer Rotor Type, Disk Type, Double Cylinder Type 등)에 대한 연구도 대단히 활발하다.

한편 G7 과제에서 고효율 전동기 개발로 AC 유도전동기와 BLDC 전동기를 선정하여 집중개발할 계획이며 유도전동기 및 BLDC 전동기 장착 전기자동차의 예를 표 2에 나타내었다.

다. 충전기

전기자동차는 탑재된 전지에 저장된 에너지

<표 2> 유도전동기 및 BLDC 전동기 장착 전기자동차의 예

회 사 명	모 델 명	출 력	등판능력	최고시속	전동기 종류
중부전력	Dream Mini	3.5×2kW	0.26	80km/h	BLDC 전동기
Honda	Honda CUVES	0.58kW	0.21	60km/h	"
동경전력	IZA	6.8×4kW		176km/h	"
전기스쿠터 R & D	ES600	0.6kW	0.25	53km/h	"
Tokyo R & D	E24B	0.6kW	0.13	42km/h	"
Toyota	Townace Van	20kW	0.3	85km/h	유도전동기
Nissan	FEV	10×2kW	0.35	130km/h	"
중부전력	Chuden Electric Van	20kW	0.3	85km/h	"
KERI	KOEV 01	8.5kW	0.2	50km/h	"
BMW	E2	15kW	0.33	120km/h	"
GM	Impact	43kW		120km/h	"

로 주행하기 때문에 일충전 주행거리가 기존의 자동차보다 짧아 그 보급에 장애요인이 되고 있다. 일충전 주행거리를 증대시키기 위해서는 에너지 밀도가 큰 고성능 전지를 개발하는 것이 급선무라 할 수 있으나 근본적으로는 소모된 에너지를 보충하고, 또 급속으로 충전하는 장치의 개발이 필요하다.

전기자동차용 충전장치는 탑재형 충전장치 및 별치형 충전장치로 구분된다. 탑재형 충전장치는 주로 심야전력을 이용하여 가정에서 충전하는 방식을 주목적으로 한다. 심야전력의 이용을 주목적으로 하므로 충전시간의 단축 측면보다는 탑재형이기 때문에 장치의 소형 경량화, 저소음화, 고효율화를 주목적으로 한다. 심야전력의 이용 측면에서도 심야전력 적용 개시시간에 심야수요가 일시에 걸려 부하의 불균형을 초래할 수 있으므로 전지의 종류에 따라 급속충전, 단시간 충전이 가능한 경우에는 이에 대한 적합한 대책도 강구할 수 있다. 또한 전지의 방전전력량과 충전소요시간의 계산에 의하여 심야전력 효율이 끝나는 시점에서 충전이 종료되도록 하는 제어방식을 채택한 경우는 심야부하 개발효과도 극대화할 수 있다.

충전 스탠드는 기존의 가솔린자동차의 주유 스탠드에 해당하는 개념으로서 전지의 종류에 따라 고속충전 혹은 단시간 충전을 목적으로 한다. 또한 어떠한 종류의 전지를 탑재한 전기자동차도 충전이 가능하도록 범용성을 가져야 한다. 또한 사용자의 편의를 위한 요금카드 등 User Interface까지 고려하여 실용화를 꾀하여야 한다.

라. 전지 잔존용량계

전기자동차용 잔존용량계는 주전지의 잔존용량을 측정하여 운전자에게 남은 주행거리를 알려주는 역할을 하여 전기자동차의 효율적 운행 및 안전성의 면에서 중요한 일이다. 그럼에도 불구하고 지금까지 사용되고 있는 잔존용량계

<표 3> 잔존용량계의 방식별 분류

호칭방식	검출방법	표시방법
Lamp 표시 방식	방전량 75%일 때의 방전전압	Lamp 점등
전압계 방식	방전전압	전압계 색구별
전압검출 전류보전 방식	방전전압 및 방전전류	전지용량계
개로(Open Circuit) 전압검출 방식	방전중의 개로 전압	용량계 LED 점등, 소등

는 정도가 나쁘고 잔존용량을 정확히 측정할 수 있는 방법이 없고, 따라서 남은 주행거리의 예측이 곤란하다. 잔존용량계는 검출방법 및 표시방법에 따라 다음 표 3 과 같이 분류된다.

6. 결 론

본란에서는 전기자동차의 핵심요소기술, 국내의 개발동향, 2차전지, 전동기, 충전기 등에 대해서 간략하게 언급하였다. 이어서 전기자동차용 2차전지 추진 시스템 충전기 및 보조기기 등으로 나누어 기술하고자 하며 상세한 것은 그때 설명하기로 한다.

전지자동차는 에너지 절약과 환경문제 해결 대책으로 그 보급이 장려되고 있고 보급률 또한 증가될 것이며 2000년대에는 상당한 부분이 보급될 것으로 전망되어 미래 교통수단으로 중요한 역할을 담당할 것으로 생각된다. 그러나 아직까지 일충전 주행거리가 짧고 충전시간이 길며 최고속도 등이 문제가 되고 있다. 이러한 점들은 고성능 2차전지 개발과 고효율 전동기, 고신뢰성 제어장치 및 고속충전장치 개발로 해결이 될 것으로 기대되고 있다. 한편 전기자동차는 아직까지 소량생산이기 때문에 기존차에 비해 가격이 비싸고 수요자도 기존 자동차의 인식에서 탈피하지 못하고 있다.

앞으로 전기자동차 핵심기술이 집중 개발되어 신뢰성 있는 전기자동차가 개발 보급되기를 바라며 전기기술자의 적극적 참여를 기대한다.